

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

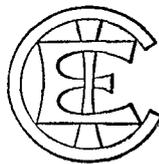
Publication 222

Première édition — First edition

1966

**Méthodes de spécification des caractéristiques relatives à l'équipement
auxiliaire pour les mesures de chocs et de vibrations**

**Methods for specifying the characteristics of auxiliary equipment
for shock and vibration measurement**



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 60222:1966

Withdrawn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 222

Première édition — First edition

1966

**Méthodes de spécification des caractéristiques relatives à l'équipement
auxiliaire pour les mesures de chocs et de vibrations**

**Methods for specifying the characteristics of auxiliary equipment
for shock and vibration measurement**



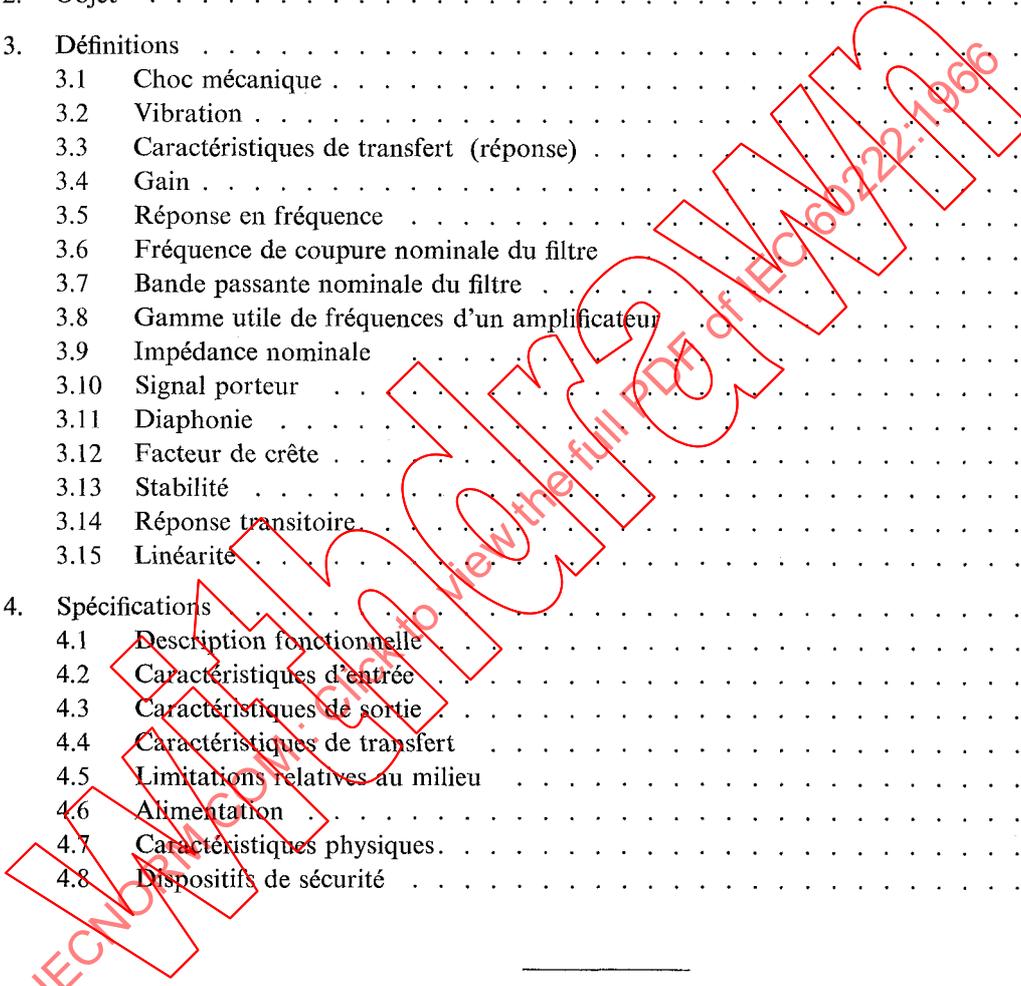
Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

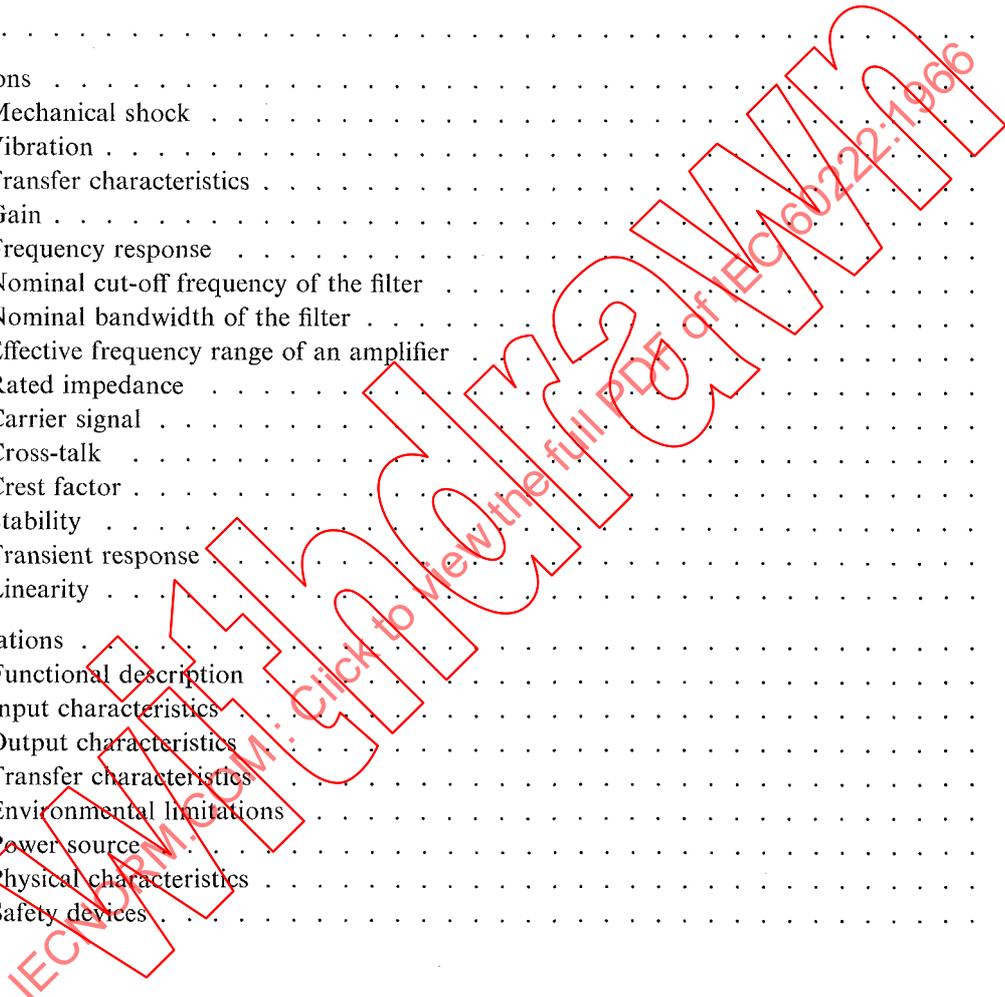
SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
3.1 Choc mécanique	6
3.2 Vibration	8
3.3 Caractéristiques de transfert (réponse)	8
3.4 Gain	8
3.5 Réponse en fréquence	8
3.6 Fréquence de coupure nominale du filtre	8
3.7 Bande passante nominale du filtre	8
3.8 Gamme utile de fréquences d'un amplificateur	8
3.9 Impédance nominale	10
3.10 Signal porteur	10
3.11 Diaphonie	10
3.12 Facteur de crête	10
3.13 Stabilité	10
3.14 Réponse transitoire	12
3.15 Linéarité	12
4. Spécifications	12
4.1 Description fonctionnelle	12
4.2 Caractéristiques d'entrée	12
4.3 Caractéristiques de sortie	14
4.4 Caractéristiques de transfert	16
4.5 Limitations relatives au milieu	22
4.6 Alimentation	24
4.7 Caractéristiques physiques	24
4.8 Dispositifs de sécurité	24



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
3.1 Mechanical shock	7
3.2 Vibration	9
3.3 Transfer characteristics	9
3.4 Gain	9
3.5 Frequency response	9
3.6 Nominal cut-off frequency of the filter	9
3.7 Nominal bandwidth of the filter	9
3.8 Effective frequency range of an amplifier	9
3.9 Rated impedance	11
3.10 Carrier signal	11
3.11 Cross-talk	11
3.12 Crest factor	11
3.13 Stability	11
3.14 Transient response	13
3.15 Linearity	13
4. Specifications	13
4.1 Functional description	13
4.2 Input characteristics	13
4.3 Output characteristics	15
4.4 Transfer characteristics	17
4.5 Environmental limitations	23
4.6 Power source	25
4.7 Physical characteristics	25
4.8 Safety devices	25



COMMISSION ÉLECTRONIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES DE SPÉCIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES
RELATIVES A L'ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE POUR LES MESURES
DE CHOCS ET DE VIBRATIONS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I 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 C E I 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 C E I: Electroacoustique.

Les travaux ont commencé lors de la réunion tenue à Rapallo en 1960, par la discussion d'un premier projet présenté par le Comité national des Etats-Unis. Des nouveaux projets furent discutés lors des réunions tenues à Helsinki en 1961 et à Baden-Baden en 1962.

A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1963.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS FOR SPECIFYING THE CHARACTERISTICS OF AUXILIARY
EQUIPMENT FOR SHOCK AND VIBRATION MEASUREMENT**

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 IEC Technical Committee No. 29, Electro-acoustics.

Work was started at the meeting held in Rapallo in 1960, where a preliminary draft, prepared by the United States National Committee, was discussed. Drafts were considered at the meetings held in Helsinki in 1961, and in Baden-Baden in 1962.

As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule, in August 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Norway
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	

MÉTHODES DE SPÉCIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES RELATIVES A L'APPAREILLAGE AUXILIAIRE POUR LES MESURES DE CHOCS ET DE VIBRATIONS

1. **Domaine d'application**

La recommandation suivante est destinée à couvrir tous les types d'appareillages auxiliaires insérés entre un transducteur (capteur) de chocs ou de vibrations et l'indicateur ou l'enregistreur. La recommandation ne s'applique pas à un système particulier; il faut en conséquence faire un choix lors de son application. Une attention particulière est accordée aux paragraphes suivants:

1.1 *Amplificateurs*

Ce paragraphe s'applique aux préamplificateurs, amplificateurs de puissance, amplificateurs linéaires et logarithmiques.

1.2 *Equipement sélectif en fréquence*

Ce paragraphe comprend les filtres, analyseurs, dispositifs intégrateurs et différenciateurs.

1.3 *Systèmes à courants porteurs*

2. **Objet**

Les appareils utilisés pour les mesures de chocs et de vibrations prennent une importance croissante pour la compréhension et l'évaluation des effets dynamiques dans les appareils délicats soumis à de tels phénomènes, en particulier quand la puissance en jeu est grande par rapport au poids. Ce matériel est souvent utilisé concurremment avec différents dispositifs auxiliaires tels que: amplificateurs, ensembles de filtrage, systèmes à fréquence porteuse, etc., dont la précision propre influe sur la précision d'ensemble du système complet.

Cette recommandation a pour objet de fournir aux constructeurs et aux utilisateurs des méthodes uniformes de spécification des caractéristiques et de présentation des résultats de mesure relatifs à de tels appareils auxiliaires, ainsi qu'une terminologie normalisée facilitant les discussions des résultats. On espère que cela conduira à plus de concision et à une meilleure précision. Toutefois cette recommandation ne stipule pas de normalisation détaillée des caractéristiques de fonctionnement.

Cette recommandation doit être utilisée avec la Publication 184 de la C E I : Méthodes de spécification des caractéristiques relatives aux transducteurs électromécaniques destinés aux mesures de chocs et de vibrations.

3. **Définitions**

Dans le cadre de cette recommandation, on appliquera les définitions suivantes:

3.1 *Choc mécanique*

On dit qu'il y a « choc mécanique » lorsque la position d'un système est notablement modifiée dans un temps relativement court d'une manière non périodique.

Ce choc est caractérisé par des déplacements brusques et donne lieu à des forces internes notables dans le système.

METHODS FOR SPECIFYING THE CHARACTERISTICS OF AUXILIARY EQUIPMENT FOR SHOCK AND VIBRATION MEASUREMENT

1. Scope

The following Recommendation is intended to cover all types of auxiliary equipment inserted between a shock or vibration transducer and the indicator or recorder. Not all items are pertinent to a given system so that the Recommendation is to be used selectively. Specific attention is given to the following items:

1.1 *Amplifiers*

This item applies to pre-amplifiers, power amplifiers, linear and logarithmic amplifiers.

1.2 *Frequency-selective equipment*

This item includes filters, analysers, integrating and differentiating devices.

1.3 *Carrier systems*

2. Object

Equipment for the measurement of shock and vibration is of increasing importance for the understanding and the assessment of dynamic effects in delicate apparatus, particularly when the power-to-weight ratio is large, subject to shock or vibration. This equipment is often used with various auxiliary devices such as amplifiers, filtering units, a carrier system, etc., accurate knowledge of whose performance bears on the over-all accuracy of the complete system.

The object of this Recommendation is to provide manufacturers and users with uniform methods of specifying the performance and presenting the results of measurements relating to such auxiliary equipment, together with a standardized nomenclature to facilitate discussions of results. It is hoped that this will lead to greater conciseness and greater precision. This Recommendation does not, however, lay down detailed standards of performance.

This Recommendation shall be used with I E C Publication 184: Methods for Specifying the Characteristics of Electro-mechanical Transducers for Shock and Vibration Measurement.

3. Definitions

For the purpose of this Recommendation, the following definitions shall apply.

3.1 *Mechanical shock*

Mechanical shock is said to occur when the position of a system is significantly changed in a relatively short time in a non-periodic manner.

It is characterized by the suddenness of the displacements and develops significant internal forces in the system.

3.2 *Vibration*

Une vibration est le mouvement des particules d'un milieu élastique de part et d'autre d'une position d'équilibre (VEI 08-05-005).

3.3 *Caractéristiques de transfert (réponse)*

Ce terme englobe les relations complexes, entre les caractéristiques d'amplitude, de phase ou de temps de retard, qui déterminent la relation entre les signaux de sortie et d'entrée, considérés dans leurs différentes formes d'ondes.

Note. — Le fonctionnement normal peut comporter une modification désirée du signal, et dans ce cas, cette modification n'est pas considérée comme étant une distorsion.

3.4 *Gain*

Le gain est la caractéristique de transfert d'un appareil défini comme le rapport de la valeur absolue du signal de sortie à la valeur absolue du signal d'entrée; la nature des signaux d'entrée et de sortie doit être spécifiée.

Dans cette recommandation, le gain se rapporte soit aux valeurs de crête, soit aux valeurs efficaces, soit aux valeurs moyennes de quantités telles que tension et courant, suivant spécification.

3.5 *Réponse en fréquence*

3.5.1. *Caractéristiques du gain en fonction de la fréquence*

La réponse gain/fréquence est le gain exprimé en fonction de la fréquence du signal d'entrée. Elle est habituellement présentée sous forme graphique.

3.5.2. *Caractéristiques de la phase en fonction de la fréquence*

La réponse phase/fréquence est le déphasage entre l'entrée et la sortie, exprimé en fonction de la fréquence du signal d'entrée. Elle est habituellement présentée sous forme graphique.

3.6 *Fréquence de coupure nominale du filtre*

La fréquence de coupure nominale supérieure ou inférieure est la fréquence au-dessus, ou au-dessous, de laquelle la réponse fréquentielle baisse de 3 dB (rapport de tension 71 %) par rapport à sa valeur dans la région de réponse uniforme.

3.7 *Bande passante nominale du filtre*

La bande passante nominale d'un filtre est l'intervalle compris entre la fréquence de coupure nominale supérieure et la fréquence de coupure nominale inférieure.

Elle peut être exprimée:

- a) en hertz (périodes ou cycles par seconde);
- b) en pourcentage de la fréquence médiane (moyenne géométrique des fréquences de coupure);
- c) en octaves.

3.8 *Gamme utile de fréquences d'un amplificateur*

La gamme utile de fréquences d'un amplificateur est la gamme dans laquelle l'écart entre le gain et sa valeur dans la région de réponse uniforme ne dépasse pas une certaine valeur spécifiée en pourcentage (ou en décibels).

3.2 *Vibration*

Vibration is defined as the movement of particles in an elastic medium about an equilibrium position (IEV 08-05-005).

3.3 *Transfer characteristics*

This term summarizes the complex relations, expressible in terms of amplitude, phase or delay characteristics, which determine the relation between the output and input signals as seen in their differing wave shapes.

Note. — Normal operation may imply a wanted modification of the signal and hence, in most cases, this modification is not deemed to be a distortion.

3.4 *Gain*

The gain is that transfer characteristic of an equipment defined as the ratio of the absolute value of the output signal to the absolute value of the input signal; the kind of input and output signal shall be specified.

In this Recommendation, gain refers either to the peak values, r.m.s. values or average values of quantities such as voltage and current, as specified.

3.5 *Frequency response*

3.5.1 *Gain/frequency response*

The gain/frequency response is the gain expressed as a function of the frequency of the input signal. It is usually presented graphically.

3.5.2 *Phase/frequency response*

The phase/frequency response is the phase shift, input to output, expressed as a function of the frequency of the input signal. It is usually presented graphically.

3.6 *Nominal cut-off frequency of the filter*

The nominal upper or lower cut-off frequency is that frequency above or below which the frequency response falls by 3 dB (71% voltage ratio) below its value in the region of flat response.

3.7 *Nominal bandwidth of the filter*

The nominal bandwidth of a filter is the interval between the nominal upper and lower cut-off frequency.

It may be expressed:

- a) in hertz (cycles per second);
- b) as a percentage of the mid-band frequency (geometric mean of the cut-off frequencies);
- c) in octaves.

3.8 *Effective frequency range of an amplifier*

The effective frequency range of an amplifier is that range within which the gain does not change by more than a specified percentage (or decibel ratio) from the value in the region of flat response.

3.9 *Impédance nominale*

L'impédance nominale (d'entrée, de sortie, etc.) est l'impédance type spécifiée par le constructeur.

3.9.1 *Caractéristiques d'entrée*

Ce terme englobe les propriétés du circuit qui se rapportent aux bornes d'entrée.

Du fait qu'elles affectent l'adaptation entre le capteur et l'équipement auxiliaire, elles peuvent influencer sur leur compatibilité.

3.9.2 *Caractéristiques de sortie*

Ce terme englobe les propriétés du circuit qui se rapportent aux bornes de sortie.

Du fait qu'elles affectent l'adaptation entre l'appareillage auxiliaire et l'enregistreur ou l'indicateur, elles peuvent influencer sur leur compatibilité.

3.10 *Signal porteur*

Cette définition est appliquée dans le cas où le signal de sortie du capteur est transféré à l'enregistreur ou l'indicateur par l'intermédiaire d'une porteuse modulée, produite habituellement par un oscillateur local.

Ce terme se rapporte au signal non modulé, dont la fréquence est de plusieurs fois supérieure à la valeur de la fréquence de modulation. La modulation peut se faire en amplitude, fréquence ou phase; le type utilisé en doit être précis.

3.11 *Diaphonie*

La diaphonie est le phénomène suivant lequel un signal circulant dans un canal d'un système multicanaux apparaît dans un autre canal; elle peut être produite par l'emploi d'une alimentation commune ou d'autres formes de couplage, par exemple câblage voisin ou montage voisin.

3.12 *Facteur de crête*

Le facteur de crête est le rapport entre la valeur maximale (ou de crête) à la valeur efficace (quadratique moyenne):

$$\frac{Y_{\max}}{Y_{\text{eff}}} = \text{facteur de crête.}$$

Le facteur de crête d'une onde sinusoïdale est $\sqrt{2}$.

3.13 *Stabilité*

La stabilité concerne la constance du fonctionnement dans le temps.

On l'évalue en fonction des changements du signal de sortie se produisant après un temps donné (au-delà du temps d'échauffement acceptable), le signal d'entrée, les tensions d'alimentation et les conditions ambiantes étant maintenus constants et normaux.

3.13.1 *Stabilité du zéro*

C'est la stabilité évaluée pendant le fonctionnement sans signal.

3.13.2 *Stabilité du gain*

La stabilité du gain concerne la constance du gain dans des conditions de zéro stables.

3.9 *Rated impedance*

The rated impedance (input, output, etc.) is that typical impedance specified by the manufacturer.

3.9.1 *Input characteristics*

This term summarizes those circuit properties that are relevant to the input terminals.

Because they affect the matching between the transducer and the auxiliary equipment, they may bear on their compatibility.

3.9.2 *Output characteristics*

This term summarizes those circuit properties that are relevant to the output terminals.

Because they affect the matching between the auxiliary equipment and the recorder or indicator, they may bear on their compatibility.

3.10 *Carrier signal*

This applies where the transducer output signal is transferred to the recorder or indicator by the device of a modulated carrier, usually produced by a local oscillator.

The term refers to the unmodulated signal, whose frequency shall be many times the modulation frequency. The modulation may be by amplitude, frequency or phase and the system used shall be stated.

3.11 *Cross-talk*

Cross-talk is the phenomenon whereby a signal in one channel of a multi-channel equipment appears in another channel; it may be promoted by the use of a common power supply or other forms of coupling, i.e. proximate cabling or proximate mounting.

3.12 *Crest factor*

The crest factor is the ratio of the maximum or crest (peak value) to the effective (r.m.s.) value:

thus
$$\frac{Y_{\max}}{Y_{\text{eff}}} = \text{crest factor.}$$

The crest factor for a sine wave is $\sqrt{2}$.

3.13 *Stability*

Stability refers to constancy of performance with time.

It is discussed in terms of the changes in output signal occurring after a given time (beyond the acceptable warming-up time), the input signal, supply voltages and environmental conditions being kept constant and normal.

3.13.1 *Zero stability*

This is stability discussed in terms of the no-signal performance.

3.13.2 *Gain stability*

Gain stability refers to constancy of gain under stable zero conditions.

3.14 Réponse transitoire

La réponse transitoire est le signal de sortie ou le changement du signal de sortie produit par un changement en échelon du niveau du signal d'entrée.

3.14.1 Temps de montée

Le temps de montée est le temps mis par la tension de sortie pour passer de 10 % à 90 % de la valeur stationnaire finale.

3.14.2 Temps d'extinction (de descente)

Le temps d'extinction est le temps mis par la tension de sortie pour diminuer de 90 % à 10 % de la valeur stationnaire originale.

3.15 Linéarité

La linéarité est l'écart maximal entre le signal et la droite reliant le zéro à la valeur maximale, exprimé en pourcentage de la valeur maximale.

4. Spécifications

4.1 Description fonctionnelle

On doit donner une description brève et concise de l'appareil, indiquant le principe fondamental de l'appareil auxiliaire et le type d'appareil d'entrée et de sortie à utiliser en l'occurrence. On doit fournir un schéma fonctionnel comportant les connexions avec les appareils d'entrée et de sortie prévus.

Dans le cas où un système à courant porteur est utilisé, la description doit préciser le principe de modulation adopté (par exemple amplitude, fréquence, phase) et le type de signal de sortie obtenu (par exemple « onde porteuse modulée », « signal démodulé filtré », etc.).

4.2 Caractéristiques d'entrée

4.2.1 Connexions d'entrée

La nature des connexions du circuit d'entrée doit être spécifiée, de préférence au moyen d'un schéma du circuit. On doit préciser si le circuit d'entrée est symétrique ou dissymétrique, et s'il est connecté ou non au châssis par une des bornes extrêmes ou par une prise médiane.

Pour les systèmes à onde porteuse modulée en amplitude, on doit indiquer le type de capteur que l'entrée admettra, ainsi que le type de modulateurs pour modulation d'amplitude, par exemple pont complet, demi-pont, transformateur différentiel, etc. On doit fournir un schéma du circuit d'entrée.

Pour les systèmes à onde porteuse modulée en fréquence ou en phase, on doit indiquer le type de composants de base de modulation que le circuit d'entrée admettra, par exemple capteur à variation de capacité, capteur à variation d'inductance, etc. On doit fournir un schéma du circuit d'entrée.

4.2.2 Niveau du signal d'entrée maximal et minimal

Lorsque cela est possible, on indiquera le niveau d'entrée maximal que l'appareil peut supporter sans dommage.

On précisera également la tension d'entrée maximale admissible pour une limite de distorsion spécifiée (voir paragraphe 4.3.3).

3.14 *Transient response*

The transient response is the output signal or change of output signal caused by a step-wise change of input.

3.14.1 *Rise time*

The rise time is the time required for the output voltage to increase from 10% to 90% of the final steady value.

3.14.2 *Decay time*

The decay time is the time required for the output voltage to fall from 90% to 10% of the original steady value.

3.15 *Linearity*

The linearity is the maximum deviation of the signal from the straight line connecting zero and maximum values expressed as a percentage of the maximum value.

4. **Specifications**

4.1 *Functional description*

A brief, concise description of the equipment shall be given stating the basic principle of the auxiliary equipment and indicating the kind of input and output equipment to be used with it. A block schematic shall be provided which shall include connections to the intended input and output units.

Where a carrier system is used, the description shall state the modulation principle involved (e.g. amplitude, frequency, phase) and the type of output signal obtained (e.g. “modulated carrier”, “filtered demodulated signal”, etc.).

4.2 *Input characteristics*

4.2.1 *Input connections*

The type of input circuit connections shall be specified, preferably by means of a circuit diagram. It shall be made clear whether the input circuit is balanced or unbalanced, and whether it is connected to the case at one terminal, at a centre tap, or not at all.

For amplitude-modulated carrier systems, the type of transducers the input will accommodate shall be stated, together with the type of amplitude-modulation modulators used, e.g., full bridge, half bridge, differential transformer, etc. A circuit diagram of the input circuit shall be provided.

For frequency- or phase-modulated carrier systems, the type of modulating components the input circuit will accommodate shall be stated, e.g., capacitance-variation transducers, inductance-variation transducers, etc. A circuit diagram of the input circuit shall be provided.

4.2.2 *Maximum and minimum input*

Where applicable, the maximum input which can be handled without damage to the equipment shall be stated.

The maximum permissible input voltage, for a specified limit of distortion, shall also be stated (see Sub-clause 4.3.3).

Cette tension d'entrée doit être donnée pour le réglage de gain maximal de l'appareil.

On doit indiquer la valeur minimale utile de la tension ou du signal d'entrée quand ce signal est limité par des causes autres que le rapport signal/bruit (voir paragraphe 4.3.4).

4.2.3 *Impédance d'entrée*

On doit indiquer l'impédance d'entrée, de préférence en valeurs équivalentes de résistance et d'inductance ou de capacité ainsi que le type de connexion (série ou parallèle) avec les bornes d'entrée. En cas d'impossibilité, l'impédance d'entrée doit être représentée graphiquement en fonction de la fréquence. Les échelles de coordonnées de ce graphique doivent être compatibles avec celles du graphique de la réponse en fréquence (voir paragraphe 4.4.2).

Pour les systèmes à courant porteur, on doit indiquer les valeurs maximales spécifiées de tension et de puissance apparente (volt-ampère) de l'oscillateur local, ainsi que l'impédance de charge recommandée destinée à être appliquée normalement à un capteur de chocs ou de vibrations.

4.2.4 *Impédance et tension de la source*

Quand la valeur de l'impédance de la source à connecter aux bornes d'entrée est critique, on doit indiquer les valeurs d'impédance correspondant à un fonctionnement dans des limites de précision spécifiées.

4.3 *Caractéristiques de sortie*

4.3.1 *Connexions de sortie*

On doit spécifier le type de connexions du circuit de sortie, de préférence au moyen d'un schéma. On doit préciser si le circuit de sortie est symétrique ou dissymétrique, connecté au châssis par l'une des bornes, par une prise médiane, ou s'il est isolé, et s'il existe des connexions de sortie multiples.

4.3.2 *Impédance de sortie*

On doit indiquer l'impédance interne de tous les circuits de sortie de l'appareil auxiliaire. Si possible, cette impédance doit être donnée en valeurs équivalentes de résistance et de capacité ou d'inductance en série ou en parallèle avec un générateur équivalent.

Quand l'appareil est prévu pour fonctionner sur une valeur définie d'impédance de charge, cette valeur d'impédance doit être précisée.

4.3.3 *Tension ou courant de sortie*

Quand l'appareil est réglé au gain de tension maximal et est fermé sur l'impédance de charge nominale, on doit indiquer la valeur maximale de tension ou de courant de sortie correspondant au taux de distorsion nominal. On doit indiquer aussi le facteur de crête pour la valeur maximale de tension ou de courant de sortie. Pour les systèmes à courant porteur, on doit indiquer le type de signal de sortie, c'est-à-dire si le signal de sortie se présente sous forme d'onde porteuse modulée en amplitude, en fréquence ou en phase, ou si le signal de sortie est le courant de sortie filtré d'un circuit de démodulation.

4.3.4 *Bruit du circuit*

Le bruit du circuit doit être indiqué sous forme d'une tension équivalente aux bornes d'entrée pour une largeur de bande déterminée.

Cette tension efficace doit être indiquée pour tous les réglages de gain et avec une impédance sous blindage égale à l'impédance nominale de source ou du générateur connectée aux bornes d'entrée.

This input voltage shall be given when the equipment gain control is set for maximum gain.

The minimum useful input voltage or signal, where this signal is limited by causes other than signal-to-noise ratio (see Sub-clause 4.3.4), shall be stated.

4.2.3 *Input impedance*

The input impedance shall be given, preferably in terms of equivalent values or resistance and inductance or capacitance in stated connection (series or parallel) with the input terminals. Where this is not practicable, the input impedance shall be presented graphically as a function of frequency. The co-ordinate scales for this graph shall be consistent with those for the frequency response (see Sub-clause 4.4.2).

For carrier systems, the maximum voltage and volt-ampere rating of the local oscillator shall be given, together with its recommended load impedance as normally applied to a shock or vibration transducer.

4.2.4 *Source impedance and voltage*

When the impedance of the source to be applied to the input terminals is critical, the impedance values which correspond to operation within the specified accuracy tolerances shall be stated.

4.3 *Output characteristics*

4.3.1 *Output connections*

The type of output circuit connections shall be specified, preferably by means of a circuit diagram. It shall be made clear whether the output circuit is balanced or unbalanced, connected to the case at one terminal, at mid-point, or isolated and whether multiple output connections are provided.

4.3.2 *Output impedance*

The internal impedance of all output circuits of auxiliary equipment shall be stated. This impedance shall, if practicable, be given in terms of equivalent values of resistance and capacitance or inductance in stated connection (series or parallel) with an equivalent generator.

Where the equipment is designed to operate into a specific value of load impedance, this value of impedance shall be given.

4.3.3 *Output voltage or current*

When the equipment is adjusted for maximum voltage gain and is operating into rated load impedance, the maximum output voltage or current shall be given within specified limits of distortion. The crest factor at maximum output voltage or current shall also be stated. For carrier systems, the type of output signal, i.e. whether the output signal is in the form of an amplitude, frequency or phase-modulated carrier or whether the output signal is the filtered output of a demodulated circuit, shall be stated.

4.3.4 *Circuit noise*

The circuit noise shall be given as an equivalent voltage at the input terminals for a stated frequency bandwidth.

This r.m.s. voltage shall be given for all gain settings and with a shielded impedance equal to the rated source or generator impedance across the input terminals.

Si cette impédance de source n'est pas spécifiée, la tension de bruit doit être donnée pour:

- a) les bornes d'entrée en court-circuit;
- b) les bornes d'entrée fermées sur une résistance de 50 000 Ω sous écran;
- c) les bornes d'entrée en circuit ouvert sous écran.

Si l'appareil est alimenté en courant alternatif, on doit préciser l'importance de la contribution de la fréquence du secteur et de ses harmoniques dans le niveau de bruit. Pour les systèmes à démodulation on doit indiquer la tension efficace de bruit introduite par la fréquence porteuse.

4.3.5 *Diaphonie*

La diaphonie apparaissant aux bornes de sortie doit être indiquée soit en pourcentage soit sous la forme d'une différence de niveau de tension, exprimée en décibels, lorsque tous les éléments du canal considéré sont réglés de façon à obtenir le gain maximal et que tous les autres canaux fonctionnent de façon à produire la diaphonie maximale.

4.3.6 *Indicateur ou enregistreur*

Lorsque l'on dispose d'un appareil de mesure utilisé comme indicateur de sortie, on doit préciser les points suivants:

- a) si cet instrument possède un redressement à une ou deux alternances, s'il indique la valeur de crête, moyenne ou efficace;
- b) le degré de précision de l'instrument et les unités utilisées (pourcentage, volts, décibels ou autres unités);
- c) la longueur de l'échelle et sa nature (linéaire ou logarithmique);
- d) les caractéristiques qui affectent la précision, par exemple le temps de réponse et les limitations relatives aux signaux présentant un rapport élevé valeur de crête/valeur efficace;
- e) le degré d'influence de l'impédance de charge (impédance de sortie) sur les indications de l'appareil de mesure.

4.4 *Caractéristiques de transfert*

4.4.1 *Gain total*

Amplificateurs

La valeur maximale du gain de l'ensemble de l'appareil doit être indiquée pour la région de réponse en fréquence uniforme ou de gain constant. Si l'appareil est muni d'un atténuateur, on doit indiquer son type (c'est-à-dire à variation continue ou « à plots »).

Si la commande de réglage du gain ou de l'atténuateur est du type « à plots », on doit donner le gain total, ou la valeur de l'atténuation pour chaque plot.

On doit indiquer l'étendue maximale de la dynamique pour chaque combinaison des réglages des atténuateurs multiples.

Systèmes à courant porteur à modulation d'amplitude

Dans le cas des systèmes à courant porteur à modulation d'amplitude, on doit indiquer le gain total de l'amplificateur, soit sous forme de la tension de sortie démodulée correspondant à un pourcentage déterminé de modulation, soit, en l'absence de démodulateur, sous forme du rapport de la tension de sortie à la tension d'entrée, à la fréquence porteuse.

Where this source impedance is not specified, the noise voltage shall be given for:

- a) shorted input terminals;
- b) 50 000 Ω shielded resistor across the input terminals;
- c) for open circuit shielded input terminals.

If the equipment is a.c. operated, the contribution of the power line frequency and its harmonics to the noise signal shall be stated. For modulated-carrier systems the r.m.s. noise voltage introduced by the carrier frequency shall be stated.

4.3.5 *Cross-talk*

The cross-talk at the output terminals shall be stated either as a percentage, as an r.m.s. voltage or as a voltage level difference in decibels when all components associated with this particular channel are adjusted for maximum gain and all other channels are operating under maximum cross-talk conditions.

4.3.6 *Indicator or recorder*

If an output instrument is provided as an indicating device, the following shall be stated:

- a) the type of instrument, i.e. whether it corresponds to half-wave, full-wave, peak, average or r.m.s. value;
- b) the accuracy of the indicator and whether the scale is calibrated in percent, volts, decibels or other units;
- c) the scale length and whether the scale is linear or logarithmic;
- d) those characteristics which affect the accuracy, e.g. the time response and any limitations that may exist on the handling signals with large peak-to-r.m.s. ratio;
- e) the extent to which the indication of the instrument is affected by the load impedance, i.e. the impedance connected to the output terminals.

4.4 *Transfer characteristics*

4.4.1 *Over-all gain*

Amplifiers

The maximum over-all gain of the equipment shall be given for the region of flat frequency response or constant gain. If the equipment is provided with an attenuator, its type (i.e. continuous or step) shall be stated.

If a step-type gain control or attenuator is used, the over-all gain for each step or the value of attenuation in each step, shall be given.

The maximum dynamic range for each combination of the settings of multiple attenuators shall be given.

Carrier systems with amplitude modulation

For carrier systems with amplitude modulation, the over-all gain of the signal amplifier shall be given either as the demodulated output voltage for a specified percentage carrier modulation, or, where a demodulator is not used, as the ratio of the output to the input voltage at carrier frequency.

Systèmes à courant porteur à modulation de fréquence ou de phase

Pour les systèmes à courant porteur à modulation de fréquence ou de phase, le gain total, tel qu'il est défini dans le paragraphe 3.4: Gain, n'a pas de signification.

Toutefois, le constructeur doit indiquer le changement de tension de sortie correspondant à un changement de fréquence ou de déphasage, qui peut être fourni en pourcentage ou en valeur absolue.

Si le capteur de chocs ou de vibrations fait partie intégrante de l'appareil auxiliaire, on doit indiquer le rapport entre la tension de sortie et la variation absolue (ΔR , ΔL , ΔC) ou relative

$\left(\frac{\Delta R}{R} \cdot 100, \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \frac{\Delta C}{C} \cdot 100 \right)$ de la résistance, de l'inductance ou de la capacité du

capteur.

Si le capteur de vibrations ou de chocs fait partie intégrante de l'appareil auxiliaire et si le démodulateur n'est pas utilisé, on doit indiquer le rapport du glissement de fréquence ou de déphasage du signal de sortie et de la variation absolue ou relative de la résistance, de l'inductance ou de la

capacité du capteur $\left(\Delta R, \Delta L, \Delta C \text{ ou } \frac{\Delta R}{R} \cdot 100, \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \frac{\Delta C}{C} \cdot 100 \right)$.

4.4.2 Réponse en fréquence

Gain en fonction de la fréquence pour les amplificateurs

Le gain en fonction de la fréquence doit être représenté graphiquement dans une gamme comprenant toutes les fréquences pour lesquelles le gain est supérieur à 10% de sa valeur dans la région où la courbe de réponse en fréquence est horizontale. La gamme de fréquences doit être indiquée séparément de préférence.

Déphasage en fonction de la fréquence pour les amplificateurs

Le déphasage en fonction de la fréquence doit être représenté graphiquement dans la même gamme de fréquences que pour le gain. Une ligne pointillée doit être superposée au tracé pour indiquer le temps de retard constant théorique (ou idéal). Le déphasage maximal (pour un signal d'entrée sinusoïdal) dans la région où la réponse est uniforme doit être indiqué séparément de préférence.

Réponse en fréquence de dispositifs sélectifs en fréquence

Pour tous les types d'appareils sélectifs en fréquence, la réponse en fréquence doit être donnée sous forme de courbe. Pour les circuits intégrateurs et différenciateurs, on pourra indiquer à l'aide d'un graphique supplémentaire l'écart en pourcentage par rapport à une intégration ou une différenciation exacte.

Pour les filtres passe-bas, passe-haut et passe-bandes les caractéristiques d'affaiblissement pour un signal d'entrée sinusoïdal doivent être représentées graphiquement. La gamme minimale de fréquences couverte par ce graphique doit inclure la bande passante limitée par les fréquences pour lesquelles la valeur du gain chute, et demeure inférieure ou égale à 0,3% (-50 dB) de la valeur du gain de la bande passante. Cette mesure peut être faite en utilisant la commande de gain étalonnée ou l'atténuateur, s'il en existe un (voir paragraphe 4.4.1).

Pour les filtres à largeur de bande constante, la courbe doit montrer la réponse relative exprimée en pourcentage ou en décibels, en fonction de la fréquence exprimée en hertz au-dessus ou au-dessous de la fréquence centrale. Dans ce cas l'échelle doit être linéaire en fréquence.

Carrier system with frequency or phase modulation

For carrier systems with frequency or phase modulation, the over-all gain, as defined in Sub-clause 3.4: Gain, has no meaning.

The manufacturer shall, however, give the change in the output voltage corresponding to a change in frequency or phase shift, which may be stated as a percentage or as an absolute value.

If the vibration or shock transducer forms an integral part of the auxiliary equipment, the ratio of the output voltage either to the absolute change or to the relative change of the resistance, inductance or capacitance of the transducer $\left(\Delta R, \Delta L, \Delta C \text{ or } \frac{\Delta R}{R} \cdot 100, \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \frac{\Delta C}{C} \cdot 100 \right)$ shall be stated.

If the vibration or shock transducer forms an integral part of the auxiliary equipment and the demodulator is not used, the ratio between frequency or phase shift of the output signal either to the absolute change or to the relative change of the resistance, inductance or capacitance of the transducer $\left(\Delta R, \Delta L, \Delta C \text{ or } \frac{\Delta R}{R} \cdot 100, \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \frac{\Delta C}{C} \cdot 100 \right)$ shall be stated.

4.4.2 *Frequency response*

Gain versus frequency for amplifiers

The gain as a function of frequency shall be presented graphically over a range which includes all frequencies for which the gain exceeds 10% of that in the region of flat response. The frequency range shall preferably be stated separately.

Phase shift versus frequency for amplifiers

The phase shift as a function of frequency shall be presented graphically for the same frequency range as for the gain. A dotted line shall be superimposed on the plot to indicate the theoretical (or ideal) constant time delay. The maximum phase shift (for a sinusoidal input) in the region of flat response shall preferably be stated separately.

Frequency response for frequency-selective devices

For all types of frequency-selective equipment, the frequency response shall be presented graphically. For integrating and differentiating circuits, an additional plot may be given in which the deviation from true integration or differentiation is given in percent.

For low-pass, high-pass and band-pass filters, the attenuation characteristics for a sinusoidal input signal shall be presented graphically. The minimum frequency range covered by the graph shall include the pass range bounded by those frequencies for which the gain falls to and remains at or below 0.3% (–50 dB) of that in the pass region. This measurement may be made by using the calibrated gain control or attenuator, if incorporated in the device (see Sub-clause 4.4.1).

For constant bandwidth filters, the curve shall show the relative response in percent or decibels as a function of frequency in hertz (cycles per second) above or below the passband centre frequency. In this case the frequency shall be plotted on a linear scale.

Pour les filtres à sélectivité constante en pourcentage, la courbe doit indiquer la réponse relative en fonction du rapport de la fréquence considérée à la fréquence centrale de la bande passante. L'échelle doit être logarithmique en fréquence.

Pour les filtres présentant des bandes passantes multiples à fréquences fixes (par exemple les filtres de bande d'octave), on doit donner les caractéristiques de chaque bande passante en fonction de la fréquence en utilisant une échelle logarithmique.

Pour les filtres à réglage continu, on pourra ne donner qu'une seule courbe caractéristique type, sous réserve qu'elle soit indépendante du réglage de la commande de fréquence.

Si le filtre présente plusieurs bandes passantes, on doit donner les courbes de réponse relative correspondant à chacune d'elles. Si la largeur de bande varie de façon continue, on doit fournir les courbes correspondant à la largeur de bande passante maximale, à la largeur de la bande passante minimale, et au minimum à une largeur de bande passante intermédiaire.

Le déphasage total d'un appareil sélectif en fréquence doit être donné graphiquement en fonction de la fréquence, pour la gamme de fréquences spécifiée. L'échelle des ordonnées doit être linéaire et l'échelle des fréquences logarithmique pour illustrer la constance du temps de retard (ou le déphasage linéaire en fonction de la fréquence). On pourra superposer au graphique une courbe en pointillé, ou tracer une courbe supplémentaire par rapport à une échelle linéaire en fréquence donnant le déphasage (ou la pente de la courbe de déphasage). Si on utilise le filtre pour mesurer des phénomènes transitoires, on doit préciser son taux d'amortissement.

Réponse en fréquence d'un système à courant porteur

On doit indiquer la gamme de fréquences du signal de modulation dans laquelle la variation du gain total ne dépasse pas un pourcentage spécifié. On doit trouver la courbe de réponse donnant la variation relative du gain pour une gamme de fréquences qui doit contenir toutes les fréquences pour lesquelles la valeur du gain est supérieure ou égale au dixième de sa valeur dans la région où la courbe de réponse en fréquence est horizontale. Lorsque la limite supérieure de la réponse en fréquence est due à la fréquence porteuse, cette limite doit être indiquée et portée également sur la courbe de réponse. Dans tous les cas, on doit donner la valeur de la fréquence porteuse.

On doit donner le déphasage maximal (ou la rotation de phase) entre le signal sinusoïdal de modulation à l'entrée, et: soit le signal de sortie démodulé correspondant, soit la composante de modulation dans le signal porteur de sortie, dans la même bande de fréquences que celle utilisée pour la caractéristique de gain. On doit représenter également par un graphique le déphasage total dans cette même bande de fréquences. Pour illustrer la constance du temps de retard (ou le déphasage linéaire en fonction de la fréquence), on pourra superposer au graphique une courbe idéale en pointillé, ou tracer une courbe supplémentaire, avec une échelle linéaire en fréquence donnant le déphasage (ou la pente de la courbe de déphasage).

4.4.3 Précision des réglages des fréquences de coupure

Lorsque la fréquence de coupure est réglable et que sa valeur est donnée par un cadran ou tout autre moyen, on doit indiquer la précision de ce réglage. On doit donner le point sur la courbe de réponse (voir paragraphe 4.4.2) ou l'affaiblissement réel correspondant à cette fréquence de coupure. On doit décrire les dispositifs mécaniques (cadrans, commutateurs, etc.) utilisés pour en obtenir le réglage.

4.4.4 Réponse en régime transitoire

On peut évaluer visuellement la réponse en régime transitoire en observant sur un oscillogramme, obtenu à l'aide d'un oscillographe cathodique, le degré de surmodulation, les oscillations propres, le temps de montée et d'extinction. En vue de la représentation sur écran cathodique, on

For constant percentage bandwidth filters, the curve shall show the relative response as a function of the ratio of the operating frequency to the pass-band centre frequency on a logarithmic scale.

For filters having multiple fixed-frequency pass-band (e.g. octave band filters), the band-pass characteristics for each band shall be shown as a function of frequency on a logarithmic scale.

For continuously adjustable filters, one typical characteristic curve may be presented, provided the characteristic is independent of the setting of the frequency control.

If the filter has several bandwidths, the relative response curves shall be presented for each bandwidth. If the bandwidth is continuously variable, curves shall be presented showing maximum, minimum and at least one intermediate available bandwidth.

The over-all phase shift of frequency selective equipment as a function of frequency shall be presented graphically for the specified frequency range. The ordinate scale shall be linear and the frequency scale logarithmic. To illustrate the constancy of the time delay (or linear phase shift with frequency) a dotted ideal curve may be superimposed on the plot, or an additional graph of phase shift (or the slope of the phase shift curve) with a linear frequency scale may be provided. Where the filter is used to measure transient signals, the damping of the filter shall be stated.

Frequency response for a carrier system

The frequency range of the modulating signal over which the over-all signal gain does not change by more than a specified percentage shall be given. The relative gain shall also be presented graphically as a response curve over a frequency range that includes all frequencies at which the gain is equal to or greater than one-tenth of the gain in the region of flat response. Where the upper limit in frequency response is due to the carrier frequency, this limit shall be stated and also indicated on the response curve. In all cases the value of the carrier frequency shall be given.

The maximum phase shift (or phase angle) between an input sinusoidal modulation signal and either the resultant demodulated output signal or the modulation component in the output carrier signal, shall be given over the same frequency range as for the gain characteristic. The over-all phase shift shall also be presented graphically over this frequency range. To illustrate the constancy of the time delay (or linear phase shift with frequency), a dotted ideal curve may be superimposed on the plot, or an additional graph of phase shift (or the slope of the phase shift curve) with a linear frequency scale may be provided.

4.4.3 *Accuracy of cut-off frequency controls*

Where the cut-off frequency is adjustable and its value given by a dial or other indication, the accuracy of this frequency setting shall be specified. The point on the response curve (see Sub-clause 4.4.2) or the actual attenuation represented by this cut-off frequency shall be given. The type of mechanical controls (dials, switches, etc.) used to adjust the cut-off frequency shall be indicated.

4.4.4 *Transient response*

The transient response may be visually assessed by using a cathode-ray oscillogram and observing the degree of overshoot, superimposed ripple and rise and decay time. For the purpose of the cathode-ray display, a suitable step function shall be applied to the input, and the input and

doit appliquer aux bornes d'entrée une tension en créneau, et on doit enregistrer simultanément les tensions d'entrée et de sortie. La valeur du temps de montée de la tension en créneau à l'entrée doit être inférieure au $1/10^{\text{me}}$ de la valeur du temps de montée obtenu pour la tension de sortie correspondante.

4.4.5 *Linéarité*

La linéarité de l'ensemble du système doit être représentée graphiquement en traçant la courbe donnant les variations de la sortie en fonction de l'entrée, ou les écarts de gain en pourcentage à partir d'une relation linéaire en fonction de l'amplitude d'entrée et à une fréquence spécifiée du signal. Si possible, l'entrée doit être exprimée en tension. Dans le cas contraire on doit utiliser les mêmes unités que celles employées pour donner le gain total dans le paragraphe 4.4.1. En ce qui concerne les amplificateurs logarithmiques, on doit tracer la courbe donnant les écarts par rapport à une réponse logarithmique vraie.

4.4.6 *Stabilité*

On doit préciser le temps nécessaire pour atteindre un régime de fonctionnement stable (temps d'échauffement). Après le temps d'échauffement et dans le cas où cela est possible, on doit donner la dérive par rapport au zéro, les variations de gain, de déphasage, de la tension et de la fréquence de l'oscillateur local exprimées en fonction du temps. On doit donner les effets de variations de la tension d'alimentation, et la durée des piles, si ce mode d'alimentation est utilisé.

4.5 *Limitations relatives au milieu*

4.5.1 *Température*

On doit préciser les limites de la gamme de température entre lesquelles les variations des caractéristiques du matériel ne dépassent pas un certain pourcentage par rapport à leur valeur nominale. On doit donner les limites de la gamme de température ambiante entre lesquelles est assuré un fonctionnement sûr et sans danger.

Si des précautions particulières doivent être prises pour assurer une ventilation convenable pour limiter l'élévation de température, elles doivent être précisées. On doit spécifier également les températures minimales et maximales de stockage.

4.5.2 *Humidité*

On doit indiquer les caractéristiques de fonctionnement influencées par l'humidité. A cet effet, on doit spécifier le taux d'humidité relative maximal admissible à la fois pour les conditions de fonctionnement et de stockage. Lorsque des précautions spéciales doivent être prises pour réduire les effets de l'humidité et des atmosphères corrosives sur le matériel, elles doivent être indiquées.

4.5.3 *Bruit*

Dans le cas où les caractéristiques de fonctionnement sont influencées par un champ acoustique extérieur, on en doit fournir toutes les données nécessaires. Les conditions de mesure utilisées pour déterminer la sensibilité du matériel et des câbles à un bruit extérieur doivent être précisées suffisamment en détail pour assurer la reproductibilité des essais.

4.5.4 *Vibrations*

Dans le cas où le matériel et ses câbles sont sensibles aux vibrations ou chocs extérieurs, on en doit fournir toutes les données nécessaires. Les conditions de mesure utilisées pour déterminer la sensibilité du matériel et des câbles aux vibrations et chocs extérieurs doivent être précisées suffisamment en détail pour assurer la reproductibilité des essais.