

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 487-1-4

Première édition — First edition

1981

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres**

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées

Section quatre — Mesures en bande de base

**Methods of measurement for equipment
used in terrestrial radio-relay systems**

Part 1: Measurements common to sub-systems and simulated radio-relay systems

Section Four — Measurements in the baseband



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 487-1-4

Première édition — First edition
1981

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres**

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées

Section quatre — Mesures en bande de base

**Methods of measurement for equipment
used in terrestrial radio-relay systems**

Part 1: Measurements common to sub-systems and simulated radio-relay systems

Section Four — Measurements in the baseband

Mots clés: faisceaux hertziens; mesure;
définitions; exigences; essais;
propriétés

Key words: radio-relay systems; measurement;
definitions; requirements; testing;
properties.



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
SECTION QUATRE — MESURES EN BANDE DE BASE	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Propriétés linéaires à l'entrée et à la sortie	6
2.1 Affaiblissement d'adaptation	6
2.2 Niveau d'entrée	10
2.3 Niveau de sortie	12
3. Propriétés linéaires de transfert	14
3.1 Gain (affaiblissement) en bande de base	14
3.2 Caractéristique amplitude/fréquence	14
3.3 Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence	16
4. Propriétés de transfert non linéaires	18
4.1 Gain différentiel/distorsion de non-linéarité en amplitude	18
4.2 Phase différentielle/temps de propagation de groupe	22
5. Références	24
FIGURES	26

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60487-1-4:1981

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION FOUR — MEASUREMENTS IN THE BASEBAND	
Clause	
1. Scope	7
2. Linear input and output properties	7
2.1 Return loss	7
2.2 Input level	11
2.3 Output level	13
3. Linear transfer properties	15
3.1 Baseband gain or loss	15
3.2 Amplitude/frequency characteristic	15
3.3 Group-delay/frequency characteristic	17
4. Non-linear transfer properties	19
4.1 Differential gain/non-linearity	19
4.2 Differential phase/group-delay	23
5. References	25
FIGURES	26

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60487-1-4:1981

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ DANS LES FAISCEAUX HERTZIENS TERRESTRES

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées Section quatre — Mesures en bande de base

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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 12E: Systèmes pour hyperfréquences, du Comité d'Etudes n° 12 de la CEI: Radiocommunications.

Un projet de la section quatre fut discuté lors de la réunion tenue à Budapest en 1972. A la suite de cette réunion, un projet, document 12E(Bureau Central)16, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1974.

Des modifications, documents 12E(Bureau Central)41 et 62, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juin 1976 et septembre 1977.

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

Afrique du Sud (République d')	France
Allemagne	Hongrie
Australie	Italie
Belgique	Portugal
Brésil	Royaume-Uni
Canada	Suède
Danemark	Turquie
Egypte	

Autre publication de la CEI citée dans la présente norme:

- Publication n° 487-3-3: Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres, Troisième partie: Liaisons simulées. Section trois — Mesures concernant la transmission de la télévision monochrome ou en couleur.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT
USED IN TERRESTRIAL RADIO-RELAY SYSTEMS****Part 1: Measurements common to sub-systems and simulated radio-relay systems
Section Four — Measurements in the baseband**

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 12E: Microwave Systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

A draft of Section Four was discussed at the meeting held in Budapest in 1972. As a result of this meeting, a draft, Document 12E(Central Office)16, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1974.

Amendments, Documents 12E(Central Office)41 and 62, were submitted to the National Committees under the Two Months' Procedure in June 1976 and September 1977.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Hungary
Belgium	Italy
Brazil	Portugal
Canada	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
Egypt	Turkey
France	United Kingdom
Germany	

Other IEC publication quoted in this standard:

Publication No. 487-3-3: Methods of Measurement for Equipment Used in Terrestrial Radio-relay Systems, Part 3: Simulated Systems. Section Three — Measurements for Monochrome and Colour Television Transmission.

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ DANS LES FAISCEAUX HERTZIENS TERRESTRES

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées

SECTION QUATRE — MESURES EN BANDE DE BASE

1. Domaine d'application

Cette section traite des mesures de base applicables aussi bien à un sous-ensemble, tel qu'un amplificateur, qu'à une combinaison de sous-ensembles rassemblés pour simuler une liaison hertzienne.

On décrit des méthodes de mesure pour les caractéristiques suivantes:

- impédance d'entrée et impédance de sortie (affaiblissement d'adaptation),
- niveaux d'entrée et de sortie;
- gain ou affaiblissement en bande de base;
- caractéristique amplitude/fréquence;
- caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence;
- distorsion de non-linéarité en amplitude;
- gain différentiel et distorsion de phase.

Des méthodes de mesure pour les caractéristiques liées à un signal spécifique en bande de base tel qu'un signal de téléphonie multivoie à multiplexage par répartition en fréquence ou un signal de modulation sonore d'un programme radiophonique, sont données dans les sections appropriées de la troisième partie de cette publication.

2. Propriétés linéaires à l'entrée et à la sortie

2.1 Affaiblissement d'adaptation

2.1.1 Définition et considérations générales

Dans la technique des faisceaux hertziens, on est plus souvent intéressé par la mesure de l'affaiblissement d'adaptation que par les mesures d'impédance ou de coefficient de réflexion.

L'affaiblissement d'adaptation L d'une impédance Z par rapport à sa valeur nominale Z_0 est donnée par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \quad (2-1)$$

L'affaiblissement d'adaptation est aussi donné par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \quad (2-2)$$

où ρ est le coefficient de réflexion en tension de l'impédance Z par rapport à Z_0 , c'est-à-dire:

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (2-3)$$

Note. — L'impédance nominale Z_0 à l'accès en bande de base est, d'habitude, de 75 Ω purement résistive (non équilibrée par rapport à la terre) ou, pour les systèmes à faible capacité, de 150 Ω purement résistive (équilibrée par rapport à la terre) (voir la référence 1).

METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT USED IN TERRESTRIAL RADIO-RELAY SYSTEMS

Part 1: Measurements common to sub-systems and simulated radio-relay systems

SECTION FOUR — MEASUREMENTS IN THE BASEBAND

1. Scope

This section deals with basic measurements which are equally applicable to a sub-system such as an amplifier, or to a combination of sub-systems assembled to simulate a radio-relay system.

Methods of measurement are described for the following parameters:

- input and output impedance (return loss);
- input and output levels;
- baseband gain or loss;
- amplitude/frequency characteristic;
- group-delay/frequency characteristic;
- non-linear amplitude distortion;
- differential gain and phase distortion.

Methods of measurement for parameters which are related to a specific baseband signal, such as frequency division multiplex telephony, television or sound-programme transmission, are given in the appropriate sections of Part 3 of this publication.

2. Linear input and output properties

2.1 Return loss

2.1.1 Definition and general considerations

In radio-relay systems, interest is essentially in the measurement of return loss rather than of impedance or reflection coefficient.

The return loss L of an impedance Z relative to its nominal value Z_0 is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \quad (2-1)$$

Alternatively, the return loss is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \quad (2-2)$$

where ρ is the voltage reflection coefficient of the impedance Z , relative to Z_0 , i.e.:

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (2-3)$$

Note. — The nominal impedance Z_0 of the baseband port is usually 75 Ω resistive (unbalanced) or, for low capacity systems, 150 Ω resistive (balanced) (see reference 1).

2.1.2 Méthodes de mesure de l'affaiblissement d'adaptation

On peut mesurer directement l'affaiblissement d'adaptation comme il est décrit ci-après ou on peut le calculer à partir de mesures de l'impédance complexe Z ou de mesures du module du coefficient de réflexion (ρ). La méthode du pont décrite ci-dessous, qui mesure directement l'affaiblissement d'adaptation, est préférable, mais on peut aussi utiliser toute autre méthode capable de fournir la précision de mesure requise (± 1 dB approximativement).

La méthode décrite peut être employée pour des mesures point par point, comme indiqué à la figure 1, page 26. Si le matériel à l'essai aussi bien que l'appareil de mesure de niveaux sélectif ont, tous les deux, une borne à la terre, ce qui correspond au cas habituel, il faudra isoler de la masse les deux bornes du générateur du signal d'essai. Aux fréquences supérieures à 1 kHz environ, cela peut être réalisé au moyen d'un transformateur qui, dans beaucoup de cas, se trouve incorporé dans le pont de mesure ou dans le générateur. Aux fréquences inférieures à 1 kHz, on effectue souvent une mesure de l'impédance complexe Z à partir de laquelle on calcule l'affaiblissement d'adaptation.

La méthode décrite ci-dessous peut être utilisée aussi pour des mesures avec balayage en fréquence. Le montage de mesure est représenté à la figure 2, page 26. Pour les mesures en bande de base, il est courant d'employer un banc de mesure spécialisé comprenant un générateur avec balayage de fréquence, un appareil de mesure de niveaux sélectif à accord en fréquence contrôlé par le balayage et un pont de mesure de l'affaiblissement d'adaptation (le même que le pont utilisé dans les mesures point par point).

Note. — La vitesse de balayage doit être suffisamment basse par rapport aux temps de réponse du matériel de mesure aussi bien que du matériel à l'essai, cela afin de ne pas détériorer la précision de la mesure.

L'affaiblissement d'adaptation des câbles, affaiblisseurs, adaptateurs, etc., utilisés dans les mesures, ainsi que l'affaiblissement d'adaptation aux bornes des connecteurs d'entrée et de sortie du matériel de mesure, peuvent être déterminés par la méthode décrite ci-dessous.

La mesure comprend trois phases: l'étalonnage, la vérification de l'équilibre du pont et la mesure, comme détaillé ci-après:

Étalonnage pour l'affaiblissement d'adaptation

Se reporter aux figures 1 et 2. Un court-circuit S_c est raccordé au pont, à la place du matériel en essai, afin de produire un affaiblissement d'adaptation de 0 dB. La lecture de l'appareil de mesure de niveaux sélectif est notée (figure 1), ou on trace une ligne d'étalonnage effaçable sur l'écran de l'oscilloscope (figure 2).

Note. — A la place du court-circuit, on peut utiliser, pour l'étalonnage, une charge normalisée désadaptée Z_1 , c'est-à-dire une charge ayant une impédance dont l'affaiblissement d'adaptation est connu: 20 dB, par exemple.

Vérification de l'équilibre du pont

Une impédance normalisée Z_0 est raccordée au pont de mesure à la place du matériel en essai.

On règle l'affaiblisseur d'entrée de l'appareil de mesure de niveaux sélectif pour obtenir la même lecture que celle qui correspond à l'étalonnage ou pour placer sur la ligne d'étalonnage le point de la trace oscilloscopique représentant l'affaiblissement d'adaptation le plus faible dans la bande de fréquences balayée. La différence entre les valeurs de l'affaiblisseur correspondant respectivement au court-circuit et à l'impédance normalisée est l'affaiblissement d'adaptation du dispositif de mesure lui-même. Si cet affaiblissement est de X dB, le dispositif de mesure convient pour mesurer les affaiblissements d'adaptation jusqu'à la valeur $X - 20$ dB avec une précision de ± 1 dB.

Cette vérification comprend aussi bien les effets de la désadaptation entre les deux impédances normalisées Z_0 que ceux du déséquilibre ou des fuites dans le pont, etc.

Note. — Ce montage n'est pas très sensible à des erreurs égales dans les deux impédances, car il vérifie qu'elles sont égales mais pas nécessairement qu'elles ont une valeur spécifiée: 75 Ω résistifs, par exemple.

2.1.2 Method of measurement

Return loss may be measured directly as described below, or it may be calculated from measurements of complex impedance Z or from measurements of the magnitude of the reflection coefficient (ρ). The bridge method described below which measures return loss directly is preferred but any alternative method capable of providing the required accuracy (approximately ± 1 dB) may be used.

The method to be described may be used for point-by-point measurements as shown in Figure 1, page 26. If both the equipment under test and the selective level-meter have one terminal earthed, as is usually the case, then it is necessary that the test oscillator has both terminals isolated from earth. At frequencies above about 1 kHz, this may be accomplished by means of a transformer, which in many cases is incorporated within the measuring bridge or within the test oscillator. At lower frequencies, a measurement of complex impedance is often made and the return loss then calculated from the results obtained.

The method also may be used for sweep-frequency measurements as shown in Figure 2, page 26. For measurements at baseband frequencies it is customary to use a complete measuring set consisting of a sweep-frequency generator, a sweep-controlled selective level-meter and a return-loss bridge (the same bridge as used for point-by-point measurements).

Note. — The sweep speed should be sufficiently low with respect to the response times of both the measuring equipment and the equipment under test, in order that the measurement accuracy is not impaired.

The return loss of cables, attenuators, adapters, etc., used during the measurements, as well as the return loss at the input and the output connectors of the measuring bridge, may be measured as described below.

The measurement procedure comprises three steps: calibration, checking the balance of the bridge, and measurement as follows:

Calibration

Referring to Figures 1 and 2, a short circuit S_c is connected in place of the equipment under test thereby creating a return loss of 0 dB. The reading of the selective level-meter is noted (Figure 1) or an erasable calibration line is drawn on the face of the oscilloscope (Figure 2).

Note. — For calibration purposes, a standard mismatch termination Z_1 , i.e. one having an impedance of known return loss, e.g. 20 dB, may be used in place of the short circuit.

Checking the balance of the bridge

A standard impedance Z_0 is connected to the measuring bridge in place of the equipment under test.

The input attenuator of the selective level-meter is adjusted to produce the same reading as that obtained for calibration or until the point on the oscilloscope trace representing the worst return loss within the swept band coincides with the calibration line. The difference between the attenuator settings for the short circuit and for the standard impedance is the return loss of the measuring arrangement itself. If this loss is X dB, then the measuring arrangement is suitable for measuring return loss up to $X - 20$ dB with an accuracy of ± 1 dB.

This check includes the effects of any mismatch between the two standard impedances Z_0 as well as the balance of the bridge, leakage in the bridge, etc.

Note. — This arrangement is not very sensitive to an equal error in both impedances since it tests whether they are equal as distinct from whether they have a specified value, such as 75 Ω resistive.

Mesure de l'affaiblissement d'adaptation

Raccorder le matériel à l'essai comme indiqué à la figure 1 ou à la figure 2, page 26.

Dans la mesure point par point (figure 1), régler l'affaiblisseur d'entrée de l'appareil de mesure de niveaux sélectif jusqu'à obtenir la même lecture que dans le cas du court-circuit. L'affaiblissement d'adaptation est la différence entre les valeurs de l'affaiblisseur respectivement dans le cas du court-circuit et dans le cas du matériel en essai.

Dans les mesures avec balayage de fréquence (figure 2), régler l'affaiblisseur jusqu'à ce que le point de la trace oscilloscopique représentant l'affaiblissement d'adaptation le plus faible de la bande balayée coïncide avec la ligne d'étalonnage. L'affaiblissement d'adaptation au point le plus mauvais est la différence entre les valeurs de l'affaiblisseur pour le court-circuit et pour le matériel en essai.

Note. — Si on utilise, pour l'étalonnage, une impédance désadaptée normalisée d'affaiblissement d'adaptation connu, l'affaiblissement d'adaptation du matériel à l'essai est obtenu en faisant la somme de l'affaiblissement d'adaptation connu ci-dessus et de la différence entre les valeurs de l'affaiblisseur, comme plus haut.

2.1.3 Présentation des résultats

Les résultats des mesures effectuées avec balayage en fréquence seront, de préférence, présentés sous forme d'une photographie de l'écran de l'oscilloscope avec les repères d'étalonnage appropriés. En variante, l'on peut fournir des courbes réalisées au moyen d'un traceur X-Y, ou à la main, mais, dans tous les cas, la courbe de contrôle de l'équilibre du pont de mesure devra accompagner la courbe mesurée. Lorsque les résultats ne sont pas représentés graphiquement, ils devront être énoncés comme dans l'exemple suivant :

Dans la bande des fréquences de 30 kHz à 12 MHz, l'affaiblissement d'adaptation n'a pas été trouvé inférieur à 30 dB, l'équilibre du pont correspondant à un affaiblissement supérieur à 45 dB.

Dans le cas de la méthode point par point, les résultats devront être exprimés comme dans l'exemple ci-dessus, excepté que l'on devra y ajouter l'écart de fréquence entre les points de mesure; indiquer, par exemple, que l'on a effectué dix mesures par décade de fréquence. En variante, les résultats peuvent être présentés sous forme d'un graphique avec indication très claire des valeurs réellement mesurées.

2.1.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront spécifiés dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats :

- a) impédance nominale Z_0 ;
- b) limites de la bande de fréquences;
- c) limites admises pour l'affaiblissement d'adaptation.

2.2 Niveau d'entrée

2.2.1 Définition et considérations générales

Il est nécessaire de définir le niveau d'entrée afin de s'assurer que, lorsque le générateur de signaux en bande de base est raccordé à l'entrée de l'équipement à l'essai, on a correctement réglé sa puissance de sortie au niveau spécifié.

Dans le cas de la télévision, le niveau d'entrée est défini comme la tension crête à crête développée aux bornes d'une charge ayant une impédance égale à la valeur nominale Z_0 .

Measurement

The equipment under test is connected as shown in Figures 1 or 2, page 26.

In the point-by-point measurement (Figure 1), the input attenuator of the selective level-meter is adjusted until the reading is the same as for a short circuit. The return loss is given by the difference between the attenuator settings for the short circuit and for the equipment under test.

For sweep-frequency measurements (Figure 2), the attenuator is adjusted until the point on the oscilloscope trace representing the worst return loss within the swept band coincides with the calibration line. The return loss at the worst point is then given by the difference between the attenuator settings for the short circuit and for the equipment under test.

Note. — If a standard mismatch termination of known return loss is used for calibration, the return loss of the equipment under test is obtained from the sum of the known return loss and the difference between the attenuator settings for this return loss and for that of the equipment under test.

2.1.3 *Presentation of results*

The results of sweep-frequency measurements should be presented preferably as a photograph of the oscilloscope display with appropriate calibration marks. Alternatively, curves from an X-Y plotter or hand-drawn curves may be presented, but in all cases, the bridge balance check curve should be shown as well as the measured curve. When the results are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Within the frequency range 30 kHz to 12 MHz, the return loss is not less than 30 dB and the bridge balance not less than 45 dB.

For the point-by-point measurements, the results should be given as in the above example, except that in addition the frequency spacing should be given, e.g. ten measurements per decade of frequency. Alternatively, the results may be presented as a graph with the measured values clearly indicated.

2.1.4 *Details to be specified*

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) nominal impedance Z_0 ;
- b) frequency band limits;
- c) permitted return loss limits.

2.2 *Input level*

2.2.1 *Definition and general considerations*

It is necessary to define input level in order to ensure that the signal generator, when connected to the input of the equipment under test, is adjusted to the specified level.

For television systems, the input level is defined as the peak-to-peak voltage developed across a termination having an impedance equal to the nominal value Z_0 .

Dans le cas de la téléphonie multivoie à répartition en fréquence, le niveau d'entrée est défini comme la tension efficace aux bornes d'une charge ayant une impédance égale à la valeur nominale Z_0 (ou comme la puissance délivrée à cette charge).

Note. — La tension aux bornes du connecteur d'entrée du matériel à l'essai peut différer de la tension d'entrée définie ci-dessus si l'impédance d'entrée de ce matériel diffère de Z_0 .

2.2.2 Méthode de mesure

Le niveau du signal d'essai à l'entrée doit être déterminé pour une charge d'impédance nominale Z_0 , raccordée au générateur, comme décrit ci-dessus. La puissance du générateur sera alors transférée à l'équipement sans retoucher son réglage de niveau. Ce niveau d'entrée est mesuré au moyen d'un appareil de mesure de niveaux à large bande, d'un appareil de mesure de niveaux sélectif ou d'un oscilloscope étalonné. L'affaiblissement d'adaptation de la charge permettant de régler le niveau de sortie du générateur devra, par rapport à Z_0 , être supérieur à 30 dB.

Note. — La procédure employant une charge, indiquée ci-dessus, peut n'être pas nécessaire avec les instruments modernes, souvent étalonnés en f.é.m. ou en tension aux bornes d'une charge adaptée.

2.2.3 Présentation des résultats

Il est, d'habitude, inutile de présenter séparément les résultats de la mesure du niveau d'entrée, car le réglage de ce niveau fait normalement partie des opérations à effectuer à propos des autres mesures.

2.2.4 Détails à spécifier

Les détails suivants seront normalement précisés dans le cahier des charges du matériel :

- a) impédance d'entrée nominale Z_0 ;
- b) niveau d'entrée avec sa tolérance;
- c) forme d'onde du signal appliqué.

2.3 Niveau de sortie

2.3.1 Définition

Le niveau de sortie d'un matériel est défini comme la tension crête à crête ou la tension efficace — selon ce qui est le mieux approprié au cas examiné — développée aux bornes d'une charge d'impédance normalisée de valeur nominale Z_0 (ou comme la puissance fournie à cette charge). Normalement, la tension crête à crête est utilisée seulement pour les mesures en télévision.

2.3.2 Méthode de mesure

La sortie de l'équipement à l'essai est raccordée à une charge d'impédance normalisée. La tension, ou la puissance, est mesurée conformément au paragraphe 2.2.2.

2.3.3 Présentation des résultats

Les résultats devront être énoncés sous forme de tension crête à crête, dans le cas de la télévision, ou en décibels, par rapport à 1 mW, dans le cas de la téléphonie.

2.3.4 Détails à spécifier

Les détails suivants seront précisés dans le cahier des charges du matériel :

- a) impédance de charge Z_0 ;
- b) niveau de sortie avec sa tolérance.

For frequency division multiplex telephony systems, the input level is defined as the r.m.s. voltage across (or the power delivered to) a termination having an impedance equal to the nominal value Z_0 .

Note. — The voltage developed across the port of the equipment under test may differ from the input voltage as defined above if the input impedance of the equipment differs from Z_0 .

2.2.2 Method of measurement

The level of the input test signal should be established across a termination having nominal impedance Z_0 as described above, and the output of the signal generator should then be transferred to the input port of the equipment under test without further adjustment of level. This input level is measured by means of a wideband level-meter a selective level-meter or calibrated oscilloscope. The return loss of the termination relative to the nominal impedance Z_0 should exceed 30 dB.

Note. — The foregoing procedure may not be necessary with modern instruments which usually are calibrated in decibels taking as a reference electromotive force or potential difference across a matched load.

2.2.3 Presentation of results

It is usually unnecessary to present input level measurements separately since the level normally is set as part of some other measurement.

2.2.4 Details to be specified

The following items should be included in the detailed equipment specification:

- a) nominal input impedance Z_0 ;
- b) nominal input level and tolerance;
- c) the applied waveform.

2.3 Output level

2.3.1 Definition

The output level of an equipment is the peak-to-peak voltage, the r.m.s. voltage or power as appropriate, delivered across (or into) a standard impedance termination of nominal value Z_0 . Peak-to-peak voltage is normally only applicable to television measurements.

2.3.2 Method of measurement

The output port of the equipment under test is connected to a standard impedance termination and the output level is measured in accordance with Sub-clause 2.2.2.

2.3.3 Presentation of results

Results should be stated as a peak-to-peak voltage for television systems or in decibels relative to 1 mW for telephony systems.

2.3.4 Details to be specified

The following items should be included in the detailed equipment specification:

- a) nominal output impedance Z_0 ;
- b) nominal output level and tolerance.

3. Propriétés linéaires de transfert

Les mesures décrites dans cet article sont seulement prévues pour les propriétés de transfert en bande de base qui sont substantiellement indépendantes du niveau du signal dans le domaine normal de fonctionnement. Les propriétés de transfert qui dépendent du niveau du signal en bande de base sont examinées à l'article 4.

3.1 Gain (affaiblissement) en bande de base

3.1.1 Définition

Le gain en bande de base est le rapport entre le niveau de sortie et le niveau d'entrée. Il est exprimé en décibels. Si le nombre ainsi obtenu est négatif, il est d'usage d'en changer le signe et d'appeler cette nouvelle grandeur «affaiblissement».

3.1.2 Méthode de mesure

Dans la pratique courante, on mesure le niveau de sortie et le niveau d'entrée afin de calculer le gain en bande de base. Les mesures sont effectuées au moyen d'un signal d'essai à un niveau spécifié dans le cas de la téléphonie, au niveau correspondant à 1 V crête à crête pour la télévision.

Le gain en bande de base est mesuré à une fréquence spécifiée, qui peut être celle à laquelle les déviations de fréquence avec et sans préaccentuation sont égales. Dans le cas de la télévision, il est possible de mesurer le gain en employant des formes d'onde non sinusoïdales, telles que celles des signaux d'essai indiqués aux figures 7 ou 13 de la section trois de la troisième partie de cette publication : Mesures concernant la transmission de la télévision monochrome ou en couleur.

3.1.3 Présentation des résultats

Le gain en bande de base sera exprimé en décibels à une fréquence spécifiée.

3.1.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats :

- a) fréquence ou forme d'onde appliquée;
- b) gain en bande de base exigé, avec la tolérance correspondante.

3.2 Caractéristique amplitude/fréquence

3.2.1 Définition

La caractéristique amplitude/fréquence est la courbe représentant l'écart, en décibels, entre le niveau de sortie en bande de base et un niveau de référence, en fonction de la fréquence en bande de base, pour un niveau d'entrée constant, bien inférieur au niveau de saturation. Le niveau de référence est le niveau de sortie à une fréquence spécifiée.

3.2.2 Méthode de mesure

On peut effectuer soit des mesures point par point, soit des mesures avec balayage en fréquence. Pour des raisons de commodité, les mesures aux fréquences inférieures à 20 kHz environ sont souvent effectuées point par point, tandis qu'aux fréquences plus élevées on emploie une méthode avec balayage en fréquence.

3. Linear transfer properties

The measurements described in this clause are intended only for baseband transfer properties which are substantially independent of baseband signal level within the normal operating range. Transfer properties which are dependent upon baseband signal level are given in Clause 4.

3.1 Baseband gain or loss

3.1.1 Definition

Baseband gain is the ratio of output level to input level expressed in decibels. If the baseband gain is a negative number in decibels, it is usual to change the sign and refer to the quantity as a loss.

3.1.2 Method of measurement

It is common practice to measure the input and output levels in order to calculate the baseband gain. Measurements are made with a test signal at a specified level for telephony systems and at 1 V peak-to-peak for television systems.

The baseband gain is measured at a specified frequency, which may be that at which the deviations measured with and without pre-emphasis are equal. For television systems, the gain may be measured with a non-sinusoidal waveform, such as the test signal shown in Figures 7 or 13 of Section Three of Part 3 of this publication: Measurements for Monochrome and Colour Television Transmission.

3.1.3 Presentation of results

The baseband gain should be expressed in decibels at a stated frequency.

3.1.4 Details to be specified

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) frequency or waveform to be applied;
- b) required baseband gain and tolerance.

3.2 Amplitude/frequency characteristic

3.2.1 Definition

The amplitude/frequency characteristic is the curve representing the ratio, expressed in decibels, of the baseband output level to a reference level, as a function of baseband frequency, for a constant input level which is well below the saturation level. The reference level is the output level at a specified frequency.

3.2.2 Method of measurement

Measurements may be made either by point-by-point or by sweep-frequency methods. For convenience, measurements below about 20 kHz are often made using the point-by-point method, whilst the sweep-frequency method is used at the higher frequencies.

Pour les mesures point par point, on peut employer un appareil de mesure de niveaux à large bande, mais on préférera un appareil de mesure de niveaux sélectif. Quand on utilise un appareil à large bande, il faut vérifier que le taux d'harmoniques à la sortie du générateur du signal d'essai est suffisamment réduit et qu'il est d'au moins 40 dB inférieur au niveau sur la fréquence fondamentale. Il est supposé que le voltmètre employé contient un affaiblisseur d'entrée précis.

La figure 3, page 27, montre un dispositif de mesure typique pour le relevé, point par point, de la caractéristique amplitude/fréquence. Ce dispositif peut aussi être utilisé pour les mesures de gain ou d'affaiblissement. Avant de commencer la mesure, l'affaiblisseur n° 1 est réglé à une valeur d'affaiblissement légèrement supérieure au gain du matériel à l'essai; le commutateur S est placé alors alternativement sur les positions A et B, l'affaiblisseur n° 2 étant réglé de telle sorte que la lecture sur l'appareil de mesure de niveaux soit la même dans les deux positions. Le gain ou l'affaiblissement de l'appareil à l'essai est obtenu à partir des lectures de l'affaiblissement introduit par l'affaiblisseur variable n° 2.

Bien que ce dispositif de mesure soit surtout utilisé pour des mesures point par point, il peut être adapté à des mesures avec balayage en fréquence en employant un générateur approprié et un oscilloscope en liaison avec un appareil de mesure de niveaux sélectif à accord contrôlable par le balayage.

Note. — Si le matériel à l'essai contient un régulateur de niveau en bande de base (un amplificateur en bande de base avec c.a.g.), opérant à partir du niveau d'un pilote de continuité dans la bande de base, il faudra ou bien court-circuiter, ou bien commuter le régulateur sur la position hors service.

3.2.3 Présentation des résultats

Pour les méthodes avec balayage en fréquence, présenter une photographie de la figure affichée sur l'écran de l'oscilloscope. Lorsque les résultats des mesures ne sont pas présentés graphiquement, ils devront être énoncés comme dans l'exemple suivant:

Caractéristique amplitude/fréquence comprise entre +0,2 dB et -0,1 dB, par rapport au niveau à 1 MHz, dans la bande de 300 Hz à 8 MHz.

Les résultats des mesures point par point peuvent être présentés en tableaux ou énoncés comme indiqué ci-dessus.

3.2.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats:

- a) fréquence de référence (par exemple 100 kHz);
- b) limites de la bande de fréquences;
- c) limites de variation admises pour l'amplitude.

3.3 Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence

3.3.1 Définition et considérations générales

Pour un réseau linéaire, la fonction de transfert s'écrit:

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \quad (3-1)$$

où $A(\omega)$ représente la caractéristique amplitude/fréquence et $B(\omega)$ la caractéristique phase/fréquence (comptée positivement lorsque le signal de sortie est en retard de phase par rapport au signal d'entrée).

Le temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ du réseau est défini comme étant la dérivée première de $B(\omega)$ par rapport à ω , à savoir:

$$\tau(\omega) = \frac{dB(\omega)}{d\omega} \quad (3-2)$$

il est exprimé en secondes.

For point-by-point measurements a wideband or, preferably, a selective level-meter may be used. When a wideband level-meter is used, it is necessary to verify that the harmonic power level at the output of the test generator is less than 40 dB below the power of the fundamental. It is assumed that the level-meter used incorporates an accurate input attenuator.

Figure 3, page 27, shows a typical arrangement for measuring the baseband amplitude/frequency characteristic by the point-by-point method and which may also be used for gain or loss measurement. Before making the measurement, attenuator No. 1 is set to a value slightly greater than the gain of the equipment under test; the switch S is then set to the A and B positions alternately and attenuator No. 2 adjusted so that the level-meter reads the same value in either position. The gain or loss of the equipment under test is obtained from the readings of attenuator No. 2.

Although this measuring arrangement is primarily used for point-by-point measurements, it may be adapted for sweep-frequency measurements by using a sweep-frequency generator and a suitable c.r.t. display associated with a sweep-controlled selective level-meter.

Note. — If the system under test contains a baseband level regulator (a baseband a.g.c. amplifier) operated from an in-band pilot tone, it will be necessary to switch the regulator out of circuit or to by-pass it.

3.2.3 Presentation of results

For sweep-frequency measurements, a photograph of the c.r.t. display should be presented. When the results of the measurements are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Amplitude/frequency characteristic is within +0.2 dB to -0.1 dB from 300 Hz to 8 MHz relative to the gain at 1 MHz.

Point-by-point measurements may be presented in the form of a curve, tabulated or stated as above.

3.2.4 Details to be specified

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) reference frequency (e.g. 100 kHz);
- b) frequency band limits;
- c) permitted amplitude variation limits.

3.3 Group-delay/frequency characteristic

3.3.1 Definition and general considerations

For a linear network, the transfer function may be written as:

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \quad (3-1)$$

where $A(\omega)$ represents the amplitude/frequency characteristic and $B(\omega)$ represents the phase/frequency characteristic (considered positive if the output signal phase lags that of the input signal).

The group-delay $\tau(\omega)$, of the network is defined as the first derivative of $B(\omega)$, with respect to ω , namely:

$$\tau(\omega) = \frac{dB(\omega)}{d\omega} \quad (3-2)$$

and is expressed in seconds.

La variation du temps de propagation de groupe est définie comme étant la différence entre le temps de propagation de groupe défini ci-dessus et le temps de propagation de groupe à une fréquence de référence.

Note. — La caractéristique «temps de propagation de groupe/fréquence», en bande de base, n'est pas nécessairement relevée sur chaque type de matériel. Par exemple, elle ne l'est pas sur un matériel prévu seulement pour la transmission de téléphonie à m.r.f.

3.3.2 Méthode de mesure

Un signal d'essai est lentement balayé en fréquence, par exemple 50 fois par seconde entre une limite inférieure et une limite supérieure, de 200 kHz à 10 MHz, par exemple. Le signal d'essai est modulé en amplitude ou en phase avec une fréquence de mesure convenable f_i (par exemple 20 kHz), de telle sorte que le signal composite consiste essentiellement en une porteuse accompagnée de deux bandes latérales.

Le signal est appliqué à un récepteur de mesure après avoir traversé le matériel à l'essai. Dans le récepteur de mesure, la fréquence de l'oscillateur local est balayée en synchronisme avec le signal, de façon à produire un signal f.i. constant. Ce signal f.i. est démodulé en amplitude ou en phase selon le cas, ce qui permet de récupérer le signal à la fréquence de mesure f_i . Les variations de phase de ce dernier sont alors détectées et sont représentées par un signal au même taux de répétition que le balayage en fréquence, signal qui est déposé sur l'écran de l'oscilloscope et qui permet une mesure du temps de propagation de groupe en fonction de la fréquence en bande de base.

Des bancs d'essai complets spéciaux sont commercialement disponibles pour permettre l'exécution de cette mesure.

Dans le cas de la modulation d'amplitude, il est possible d'utiliser un récepteur d'essai en bande de base qui permet de récupérer le signal de mesure f_i au moyen d'un démodulateur d'amplitude.

3.3.3 Présentation des résultats

Les résultats peuvent être présentés sous forme de photographies de l'écran de l'oscilloscope, avec les repères d'étalonnage indispensables. Lorsque les résultats ne sont pas représentés graphiquement, ils devront être énoncés comme dans l'exemple suivant :

Variation totale du temps de propagation de groupe: 87 ns entre 200 kHz et 8 MHz.

3.3.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats :

- a) limites de fréquence de la bande de base;
- b) variations maximales du temps de propagation de groupe.

4. Propriétés de transfert non linéaires

Les propriétés de transfert non linéaires sont celles qui dépendent du niveau du signal en bande de base. Elles se traduisent par la production d'harmoniques à partir d'un signal d'essai purement sinusoïdal et par l'apparition de produits d'intermodulation lorsque deux signaux sinusoïdaux ou plus sont appliqués simultanément.

4.1 Gain différentiel/distorsion de non-linéarité en amplitude

The group-delay variation or group-delay/frequency characteristic is defined as the difference between the group-delay as stated above, and the group-delay at a reference frequency.

Note. — The baseband group-delay/frequency characteristic is not necessarily measured on every type of equipment—for example an equipment intended for f.d.m. transmission only.

3.3.2 Method of measurement

A test signal is made to sweep slowly, for example, at a rate of 50 times per second, from a lower limit to an upper limit, e.g. 200 kHz to 10 MHz. The test signal is modulated in amplitude or in phase by a suitable measuring frequency f_i , e.g. 20 kHz, so that the composite signal consists essentially of a carrier and two sidebands.

The signal is applied to a test receiver via the equipment under test. In the test receiver, a local oscillator frequency sweeps in synchronism with the test signal, thus producing a constant i.f. signal. This i.f. signal is amplitude or phase demodulated, as appropriate, to recover the measuring signal f_i which is then phase-detected to derive a signal at the sweep rate. This latter signal is displayed on an oscilloscope and is a measure of the group-delay as a function of baseband frequency.

Complete special-purpose test-sets are available for making this measurement.

In the case of amplitude-modulation, it is possible to use a baseband test receiver which recovers the incoming signal f_i by means of an amplitude demodulator.

3.3.3 Presentation of results

The results may be presented as a photograph of the oscilloscope display with the necessary calibration marks. When the results are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Total group-delay variation is 87 ns from 200 kHz to 8 MHz.

3.3.4 Details to be specified

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) baseband frequency limits;
- b) permitted group-delay variation.

4. Non-linear transfer properties

Non-linear transfer properties are those which depend upon the level of the baseband signal. They are properties which result in the generation of harmonics from a sinusoidal test signal, and intermodulation products from two or more such signals.

4.1 Differential gain/non-linearity

4.1.1 Définition et considérations générales

Le gain différentiel/la distorsion de non-linéarité en amplitude est la variation du gain se produisant pour un signal sinusoïdal de faible amplitude et de fréquence élevée (signal d'essai) en fonction de la valeur instantanée de la tension d'un signal de grande amplitude à basse fréquence (signal de balayage) simultanément transmis sur le même trajet. Pour la télévision, se reporter au paragraphe 6.4 de la Publication 487-3-3 de la CEI.

Le gain différentiel peut être représenté, en fonction de la valeur instantanée mentionnée ci-dessus, par l'équation suivante:

$$DG(x) = \frac{A(x)}{A_0} - 1 \quad (4-1)$$

où:

$DG(x)$ = gain différentiel

x = valeur instantanée du signal de balayage à l'entrée

$A(x)$ = amplitude du signal d'essai en sortie en fonction de x

A_0 = amplitude du signal d'essai en sortie sans balayage (le signal de balayage est nul)

Pour un matériel en essai idéal sans distorsion, le gain différentiel est nul, mais pour les matériels rencontrés en pratique, la fonction $DG(x)$ présentera des variations. Ces matériels sont caractérisés par leur distorsion de gain différentiel/leur distorsion de non-linéarité en amplitude (DG) qui est la différence entre les valeurs extrêmes données par l'équation (4-1) et est exprimée, d'habitude, en pourcentage comme suit:

$$DG = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_0} \times 100\% \quad (4-2)$$

Voir le paragraphe suivant pour les éclaircissements nécessaires sur les relations entre ce que l'on appelle «gain différentiel» et ce que l'on appelle «distorsion de non-linéarité en amplitude» en fonction du choix de la fréquence du signal d'essai.

4.1.2 Méthode de mesure

Un dispositif de mesure typique est illustré à la figure 4, page 27. Il contient aussi les parties nécessaires à la mesure de la phase différentielle. Pour le gain différentiel/la non-linéarité en amplitude, le commutateur doit être aiguillé sur le détecteur d'amplitude.

Le signal en bande de base à l'entrée du matériel à l'essai est un signal composite comprenant un signal sinusoïdal d'essai superposé à un signal de balayage. A la sortie en bande de base du matériel, le signal d'essai est séparé et appliqué à un détecteur d'enveloppe. La sortie de ce détecteur, proportionnelle à l'amplitude du signal d'essai, est employée pour provoquer la déflexion verticale du spot de l'oscilloscope. La déflexion horizontale est obtenue soit directement à partir du signal de balayage, soit, quand le matériel à l'essai comprend une partie f.i./r.f., par démodulation en fréquence du signal f.i. balayé.

Le signal de balayage a une fréquence basse et son amplitude est choisie pour correspondre à la dynamique des amplitudes à travers le matériel à l'essai. L'amplitude du signal d'essai est considérablement inférieure à celle du signal de balayage, afin qu'il n'explore, pour sa part, qu'une partie relativement faible de la caractéristique mesurée à tout instant, cela pour éviter des erreurs par lecture de moyennes au lieu d'obtenir des vraies valeurs.

Le choix de la fréquence du signal d'essai, qui est toujours beaucoup plus élevée que celle du signal de balayage, dépend des parties du matériel en essai dont il s'agit d'évaluer la contribution au gain différentiel. Quand on veut seulement évaluer la contribution à la distorsion de non-linéarité en amplitude des parties modulateur/démodulateur/bande de base, on choisit une fréquence relativement basse en bande de base (par exemple entre 50 kHz et 500 kHz). Le résultat obtenu est alors

4.1.1 Definition and general considerations

Differential gain/non-linearity is the variation in gain experienced by a small-amplitude high-frequency sinusoidal signal (test-signal) as a function of the instantaneous value of a large-amplitude low-frequency signal (sweep-signal) transmitted simultaneously over the same path. For television, see Sub-clause 6.4 of IEC Publication 487-3-3.

Differential gain/non-linearity can be defined as a function of the above instantaneous values as given in the following equation:

$$DG(x) = \frac{A(x)}{A_0} - 1 \quad (4-1)$$

where:

$DG(x)$ = differential gain
 x = instantaneous value of the input sweep-signal
 $A(x)$ = output test-signal amplitude as a function of x
 A_0 = output test-signal amplitude at zero value of the sweep-signal

For an ideal equipment under test with no distortion, the differential gain/non-linearity is zero but for a practical equipment, the above function will show variations. The practical equipment is characterized by its differential gain/non-linearity distortion (DG) which is the difference between extreme values of equation (4-1) and is usually expressed as a percentage as follows:

$$DG = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_0} \times 100\% \quad (4-2)$$

An explanation of the relation between differential gain and non-linearity and the choice of the test-signal frequency is given in the following sub-clause.

4.1.2 Method of measurement

A typical measuring arrangement containing also the necessary part for measuring differential phase is given in Figure 4, page 27. For measuring differential gain/non-linearity, the switch should be set to select the a.m. detector.

The baseband signal applied to the input port of the equipment under test is a composite signal consisting of a sinusoidal test-signal superimposed on a sweep-signal. At the baseband output port of the equipment, the test-signal component is extracted and applied to an envelope detector. The output of the envelope detector, which is proportional to the test-signal amplitude, is used for the vertical deflection of the oscilloscope display: the horizontal deflection is derived either directly from the sweep-signal or, if the equipment under test includes an i.f./r.f. section, by demodulation of the i.f. signal.

The sweep-signal is of low frequency and its amplitude is chosen to occupy the dynamic range of the equipment under test. The test-signal amplitude is considerably less than the amplitude of the sweep-signal in order to explore only a relatively small part of the measured characteristic at any instant, i.e. to have a low averaging error.

The choice of frequency for the test-signal, which is always much higher than that of the sweep-signal, depends upon which section of the equipment under test is to be assessed. When only the non-linearity contribution of the baseband section of the modulator/demodulator is to be assessed, a relatively low frequency (e.g. between 50 kHz and 500 kHz) is chosen and the function then measured is called non-linearity. However, when the contribution of the carrier section as well

appelé «distorsion de non-linéarité en amplitude». Cependant, lorsqu'on veut évaluer à la fois l'ensemble des distorsions imputables aux parties traversées par des porteuses modulées et aux circuits en bande de base, on emploie un signal d'essai de fréquence relativement élevée en bande de base (entre 1 MHz et 5 MHz, par exemple). La fonction mesurée est appelée, dans ce cas, «gain différentiel».

4.1.3 Présentation des résultats

Il est recommandé de présenter les résultats de mesure du gain différentiel/ de la distorsion de non-linéarité en amplitude sous la forme d'une photographie de la fonction déployée sur l'écran de l'oscilloscope.

Les deux axes doivent être convenablement étalonnés. L'axe horizontal doit être étalonné en tension du signal de balayage. Lorsque des modulateurs ou démodulateurs sont inclus dans le matériel à l'essai, on l'étalonnera en écart de fréquence.

En variante, on pourra indiquer la distorsion, exprimée en pourcentage entre les deux valeurs extrêmes de la fonction, en rappelant les limites de balayage en mégahertz.

4.1.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants doivent être inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats:

- a) fréquence du signal d'essai;
- b) fréquence du signal de balayage;
- c) amplitude de balayage en volts crête à crête ou largeur de balayage en mégahertz crête à crête;
- d) maximum permis pour la distorsion de gain différentiel/de non-linéarité en amplitude, en pourcentage.

4.2 Phase différentielle/temps de propagation de groupe

4.2.1 Définition et considérations générales

La phase différentielle est la variation de phase se produisant pour un signal sinusoïdal de faible amplitude et de fréquence élevée en bande de base (signal d'essai) en fonction de la valeur instantanée de la tension d'un signal de grande amplitude à basse fréquence (signal de balayage) simultanément transmis sur le même trajet. Pour la télévision, se reporter au paragraphe 6.5 de la Publication 487-3-3 de la CEI.

La phase différentielle peut être représentée en fonction de la valeur instantanée, mentionnée ci-dessus, par l'équation suivante:

$$DP(x) = \phi(x) - \phi_0 \quad (4-3)$$

où:

- $DP(x)$ = phase différentielle
- x = valeur instantanée du signal de balayage à l'entrée
- $\phi(x)$ = phase du signal d'essai en sortie en fonction de x
- ϕ_0 = phase du signal d'essai en sortie pour une valeur nulle de la tension du signal de balayage

Pour un matériel à l'essai idéal, sans distorsion, la phase différentielle est nulle, mais pour les matériels rencontrés en pratique, la fonction $DP(x)$ présentera des variations. Un matériel réel est caractérisé par sa distorsion de phase différentielle (DP), c'est-à-dire par la différence entre les valeurs extrêmes de la fonction $DP(x)$ exprimée, d'habitude, en degrés comme suit:

$$DP = \phi_{\max} - \phi_{\min} \text{ degrés} \quad (4-4)$$

Note. — Quand on mesure la phase différentielle en utilisant un signal d'essai de fréquence relativement basse en bande de base, quelques centaines de kHz, par exemple, la mesure indique aussi la variation du temps de propagation de groupe des parties f.i./r.f. du matériel à l'essai. Dans la pratique courante, il en découle la possibilité d'utiliser, dans ce cas, un appareil de mesure étalonné dans les unités employées pour le temps de propagation de groupe: les nanosecondes.

as that of the baseband section is to be assessed, a relatively high-frequency test-signal (e.g. in the range 1 MHz to 5 MHz) is used and the function then measured is called differential gain.

4.1.3 Presentation of results

Differential gain/non-linearity distortion should be presented preferably as a photograph of the function displayed by the oscilloscope.

Both axes should be appropriately calibrated: the horizontal axis should be calibrated in sweep voltage or, when modulators or demodulators are included in the equipment under test, in frequency deviation.

Alternatively, the distortion expressed as a percentage between the extreme values of the function, together with the sweep limits in megahertz, may be given.

4.1.4 Details to be specified

The following items should be included, as required, in the detailed equipment specification:

- a) frequency of the test-signal;
- b) frequency of the sweep-signal;
- c) sweep amplitude in volts peak-to-peak or the sweep width in megahertz peak-to-peak;
- d) permitted maximum differential gain/non-linearity distortion in per cent.

4.2 Differential phase/group delay

4.2.1 Definition and general considerations

Differential phase is the phase variation experienced by a small-amplitude high-frequency sinusoidal signal (test-signal) as a function of the instantaneous value of a large-amplitude low-frequency signal (sweep-signal) transmitted simultaneously over the same path. For television, see Sub-clause 6.5 of IEC Publication 487-3-3.

Differential phase can be defined as a function of the above instantaneous value as given by the following equation:

$$DP(x) = \phi(x) - \phi_0 \quad (4-3)$$

where:

- $DP(x)$ = differential phase
 x = instantaneous value of the input sweep-signal
 $\phi(x)$ = output test-signal phase as a function of x
 ϕ_0 = output test-signal phase at zero value of the sweep-signal

For an ideal equipment under test with no distortion, the differential phase is zero but for a practical equipment, the function described above will show variations. A practical equipment is characterized by its differential phase distortion (DP), which is the difference between extreme values of the above function, usually expressed in degrees as follows:

$$DP = \phi_{\max} - \phi_{\min} \text{ degrees} \quad (4-4)$$

Note. — When measuring differential phase using a relatively low test-signal frequency, e.g. a few hundred kHz, the measurement is also indicative of the group-delay variation of the i.f./r.f. part of the equipment under test and it is common practice to use, in this case, measuring equipment calibrated for group-delay in nanoseconds.