NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-1-3

1980

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1988-10

Amendement 1

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunications par satellites

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons

Section trois – Mesures dans la bande des fréquences intérmediaires

Amendment 1

Methods of measurement for radio equipment used in satellite earth stations

Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems

Section three – Measurements in the i.f. range

© IEC 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE H

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

PRÉFACE

La présente modification a été établie par le Sous-Comité 12E: Faisceaux hertziens et systèmes fixes de télécommunication par satellite, du Comité d'Etudes n° 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cette modification est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
12E(BC)69 12E(BC)99	12E(BC)94 12E(BC)110

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette modification.

Page 24

Ajouter les nouveaux articles suivants:

9. **Fréquence intermédiaire**

9.1 *Considérations générales*

La fréquence intermédiaire est mesurée à la sortie f.i. du matériel à l'essai, en l'absence de toute modulation intentionnelle.

9.2 *Méthode de mesure*

Le montage de mesure généralement utilisé pour mesurer la fréquence intermédiaire en l'absence de modulation est décrit à la figure 10. Le filtre n'est nécessaire qu'en présence de signaux parasites.

Le matériel à l'essai et les appareils de mesure doivent avoir atteint leur équilibre thermique avant d'effectuer la mesure, et les dispositifs d'étalement de spectre doivent être mis hors circuit.

La fréquence est alors lue sur un fréquencemètre de type compteur et ayant un temps d'intégration compatible avec la précision de mesure désirée.

On peut aussi utiliser l'imprimante indiquée à la figure 10 pour enregistrer plusieurs mesures successives du fréquencemètre. Une centaine de mesures suffit en pratique, mais le nombre de mesures à effectuer dépend de la présence éventuelle de bruit et, le cas échéant, si ce bruit module le signal ou s'il lui est superposé. Généralement, on s'assure de la fiabilité du résultat en effectuant les moyennes statistiques de séries de mesures enregistrées sur plusieurs intervalles de temps.

9.3 *Présentation des résultats*

Les lectures du fréquencemètre peuvent être enregistrées manuellement ou automatiquement, en fonction du temps. Le temps d'intégration du fréquencemètre et la précision de son pilote doivent être indiqués.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

PREFACE

This amendment has been prepared by Sub-Committee 12E: Radio Relay and Fixed Satellite Communications Systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

The text of this standard is based on the following documents:

Six Months' Rule	Reports on Voting
12E(CO)69 12E(CO)99	12E(CO)94 12E(CO)110

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Page 25

Add the following new clauses:

9. Intermediate frequency

9.1 *General considerations*

The intermediate frequency is measured at an i.f. output port in the absence of any intended modulation.

9.2 *Method of measurement*

The general arrangement for measuring the unmodulated intermediate frequency is shown in Figure 10. The filter is required only if spurious signals are present.

Both the equipment under test and the test equipment itself should be allowed to attain thermal stability before making any measurements and energy-dispersal arrangements should be switched off.

The frequency is then read from a counter-type frequency meter having an averaging time appropriate to the required accuracy of measurement.

Alternatively, the printer shown in Figure 10 may be used to record the indications of the frequency meter for a number of counts. One hundred counts are sufficient for practical purposes but the exact number will depend upon whether or not noise is present, and if so whether it modulates the signal or is superimposed upon it. Generally, the analysis of a statistical series averaged over several measuring intervals will provide evidence of the repeatability of the results.

9.3 *Presentation of results*

The readings of the frequency meter may be recorded manually or automatically as a function of time. The integrating time of the frequency meter and the accuracy of its reference frequency should be stated.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.4 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

a) valeur nominale de la fréquence intermédiaire;

b) tolérance admise, sur une durée spécifiée.

10. Caractéristiques de gain et de phase différentiels

10.1 *Considérations générales*

Dans les stations terriennes de télécommunication par satellite ayant une faible capacité (par exemple non supérieure à 432 canaux), les mesures des caractéristiques amplitude/fréquence (voir article 5) et des caractéristiques de temps de propagation de groupe/fréquence (voir article 8) entre les accès en fréquence intermédiaire d'un matériel à l'essai sont généralement suffisantes pour l'évaluation de la distorsion en bande de base introduite par ce matériel; certains effets de non-linéarité, notamment la conversion m.a./m.p. et les distorsions linéaires, peuvent être normalement négligés. Cependant, dans les systèmes de capacité supérieure, cette supposition n'est plus justifiée et, en plus de la caractéristique de temps de propagation de groupe/fréquence, les mesures du gain et de la phase différentiels peuvent aussi être exigées.

Note. – Quand on utilise des espacements entre canaux radioélectriques qui sont relativement petits en comparaison de la largeur de la bande de base transmise, il peut être nécessaire de mesurer le gain et la phase différentiels sur des systèmes de capacité inférieure à celle qui est mentionnée ci-dessus.

A partir des mesures du gain et de la phase différentiels, le bruit d'intermodulation dû au matériel à l'essai peut être calculé. Ce calcul est avantageux quand le bruit d'intermodulation est bas, du fait que la mesure à l'aide de bruit blanc n'est pas totalement significative lorsque le bruit, dû au couple modulateur-démodulateur utilisé pour effectuer la mesure, est plus grand que le bruit du matériel à l'essai.

Le gain différentiel (*GD*) et la phase différentielle (*PD*) sont essentiellement définis pour des matériels ayant des accès d'entrée et de sortie en bande de base selon la définition donnée dans la première partie, section quatre de cette publication: Mesures en bande de base.

Cette définition fondamentale, qui met en jeu la transmission simultanée d'un signal d'essai de faible amplitude et de fréquence élevée en bande de base et d'un signal de balayage de grande amplitude à basse fréquence à travers le matériel à l'essai, peut être étendue à un matériel à fréquence intermédiaire en utilisant un modulateur et un démodulateur de mesure tels que définis dans la deuxième partie de cette publication, section cinq: Modulateurs de fréquence (à l'étude), et section six: Démodulateurs de fréquence (à l'étude).

Des modulateurs et démodulateurs de mesure qui peuvent être considérés comme «idéaux» pour les besoins pratiques, c'est-à-dire qui ont des distorsions de gain et de phase différentiels beaucoup plus petites que celles du matériel à l'essai, sont incorporés dans des appareils de mesure du type «analyseur de faisceaux hertziens» disponibles dans le commerce.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

9.4 *Details to be specified*

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

a) the nominal value of the intermediate frequency;

b) the required tolerance over a specified time interval.

10. Differential gain and phase characteristics

10.1 *General considerations*

In satellite earth stations having low capacity (e.g., not greater than 432 channels) measurements of the amplitude/frequency characteristic (see Clause 5) and the group-delay/frequency characteristic (see Clause 8) between the i.f. terminals of an equipment under test are generally sufficient to assess the baseband distortion introduced by the equipment; non-linear effects, namely a.m. to p.m. conversion and linear distortions, may normally be neglected. However, in higher capacity systems, this assumption is no longer justified and, in addition to the group-delay/frequency characteristic, the measurement of differential gain and phase may also be required.

Note. – When using carrier spacings which are relatively small compared with the width of the transmitted baseband, it may be necessary to measure differential gain and phase on systems of lower capacity than stated above.

From the measurement of differential gain and phase, the intermodulation noise due to the equipment under test may be calculated. This calculation is advantageous when the intermodulation noise is low because a white noise measurement is not meaningful when the noise due to the modulator/demodulator pair used to make the measurement is higher than the noise from the equipment under test.

Differential gain (*DG*) and differential phase (*DP*) are primarily defined for equipment having baseband input and output terminals as given in Part 1 of this publication, Section Four – Measurements in the baseband.

This basic definition, involving the simultaneous transmission of a small-amplitude high-frequency test signal and a large-amplitude low-frequency sweep signal through the equipment under test at baseband, may be extended to i.f. equipment by using a measurement modulator and demodulator, as defined in Part 2 of this Publication, Section Five – Frequency modulators (under consideration), and Section Six – Frequency demodulators (under consideration).

Measurement modulators and demodulators which may be considered "ideal" for all practical purposes, i.e., which have *DG*/*DP* distortions much lower than those of the equipment under test, are incorporated in commercial "link analyzer" type instruments.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.2 *Influence des caractéristiques du matériel à l'essai et de la fréquence d'essai sur le gain et la phase différentiels*

De façon à faire une meilleure évaluation, sur les résultats des mesures, de l'influence des divers paramètres du matériel à l'essai et de leurs variations avec la fréquence, il peut être utile de connaître les relations entre les expressions du gain différentiel et de la phase différentielle, et les caractéristiques du matériel, telles que: courbe «amplitude/fréquence», courbe «temps de propagation de groupe/fréquence» et coefficient de conversion de modulation d'amplitude en modulation de phase.

Si le matériel à l'essai comporte un réseau linéaire dont la fonction de transfert dépend de la fréquence, suivi d'un réseau non linéaire entraînant une conversion m.a./m.p., les relations s'y rapportant sont données dans l'annexe A.

L'examen de ces relations permet de tirer des conclusions sur l'interprétation correcte à donner aux résultats des mesures du gain différentiel et de la phase différentielle, ainsi que sur le choix judicieux de la fréquence d'essai.

Ces conclusions peuvent être résumées comme suit:

10.2.1 *Signification des réponses GD et PD*

Pour des réseaux pratiques dont la caractéristique amplitude/fréquence est uniforme, la mesure de la phase différentielle (*PD*) révèle uniquement la caractéristique «temps de propagation de groupe/fréquence» du réseau linéaire, tandis que la mesure du gain différentiel (*GD*) évalue seulement l'effet combiné de la conversion m.a./m.p. du réseau non linéaire et de la pente de la caractéristique du réseau linéaire qui le précède. On peut le déduire des équations de l'annexe A dans lesquelles le deuxième terme dans l'expression de *PD* et le premier dans celle de *GD*, comprenant des dérivées de la réponse amplitude/fréquence, peuvent être négligés dans le cas de la réponse uniforme.

10.2.2 *Choix de la fréquence d'essai*

Dans les instruments employés pour les mesures de *GD*/*PD*, la fréquence d'essai peut être choisie pour s'adapter à des exigences diverses. On verra, à partir des équations de l'annexe A, que la contribution au *GD* est proportionnelle au carré de la fréquence d'essai, de sorte que des fréquences d'essai relativement élevées, habituellement dans la gamme de 1 MHz à 12 MHz, sont nécessaires pour obtenir une sensibilité suffisante. Cependant, on ne doit pas oublier qu'il peut se produire des effets de moyenne lorsque des fréquences d'essai élevées sont employées.

La *PD* est proportionnelle à la fréquence d'essai elle-même, en sorte que, pour obtenir une sensibilité adéquate, on peut employer des fréquences d'essai relativement basses, normalement dans la gamme de 100 kHz à 500 kHz. Ces fréquences d'essai plus basses permettent une meilleure définition. En raison des considérations précédentes, les résultats des mesures de *GD*/*PD* doivent toujours être présentés en indiquant la fréquence d'essai utilisée.

10.2.3 *Etalonnage de l'équipement d'essai*

Conformément à l'annexe A, $GD/0{,}002\ f_m^2$ et $PD/0{,}36\ f_m$ sont indépendants de la fréquence d'essai f_m. Pour des réseaux linéaires, sans conversion m.a./m.p. ($k = 0$), ces quantités sont la courbure, en ns^2, et le temps de propagation de groupe, en ns.

Dans certains cas, l'équipement d'essai, bien que mesurant le *GD* et la *PD*, peut être étalonné dans les unités précédentes en introduisant un changement de gain simultanément avec le changement de fréquence d'essai.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.2 *Dependence of differential gain and phase on the parameters of the equipment under test and on the test frequency*

In order to make a better assessment of the influence of the various parameters of the equipment under test and their variations with frequency on the results of the measurements, it may be useful to know the relationships between the expressions for differential gain and differential phase, and the equipment parameters, such as: amplitude/frequency curve, group-delay/frequency curve, and amplitude-modulation/phase-modulation conversion coefficient.

If the equipment under test comprises a linear network whose transfer function is frequency-dependent, followed by a non-linear network involving an a.m./p.m. conversion, the relationships concerned are given in Appendix A.

Examination of these relationships enables conclusions to be drawn for correct interpretation of the results of measurements of differential gain and differential phase, as well as for a judicious choice of the test frequency.

These conclusions may be summarized as follows:

10.2.1 *Significance of the DG and DP responses*

For practical networks exhibiting flat amplitude/frequency characteristics, the *DP* measurement reveals only the group-delay characteristic of the linear network, whilst the *DG* measurement assesses only the combined effect of the non-linear network a.m. to p.m. conversion and the group-delay slope characteristic of the linear network preceding it. This is seen from the equations in Appendix A where the second term in the *DP* expression and the first term in the *DG* expression, comprising derivatives of the amplitude/frequency characteristic, may be neglected in the case of a flat response.

10.2.2 *Choice of the test-frequency*

In the instruments used for *DG*/*DP* measurements, the test-signal frequency may be switch-selected to suit different requirements. It will be seen from the equations in Appendix A that the *DG* contribution is proportional to the square of the test-frequency; thus relatively high test-frequencies, normally in the range of 1 MHz to 12 MHz, are required to achieve sufficient sensitivity. However, averaging effects should be borne in mind when high test-frequencies are used.

The *DP* contribution is proportional to the test-frequency, so that, for adequate sensitivity, relatively low test-frequencies, normally in the range of 100 kHz to 500 kHz, may be used. These lower test-frequencies provide better resolution. Because of these considerations, the results of *DG*/*DP* measurements should always be presented together with a statement of the test-frequency used.

10.2.3 *Calibration of the test equipment*

Referring to Appendix A, the terms $DG/0.002\ f_m^2$ and $DP/0.36\ f_m$ are independent of the test-frequency f_m. For linear networks with no a.m. to p.m. conversion ($k = 0$), these quantities are the curvature, in ns^2, and the group-delay, in ns.

In some cases, the test equipment, although measuring the *DG* and the *DP*, can be calibrated in these units by introducing a change in gain simultaneously with the change in test-frequency.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Ainsi, pour une caractéristique donnée du matériel à l'essai, la réponse affichée sera rendue indépendante de la fréquence d'essai, à condition que cette dernière reste suffisamment basse pour éviter les effets de moyenne entre les bandes latérales.

L'étalonnage de l'équipement d'essai en nanosecondes, indépendamment de la fréquence d'essai, correspond à une pratique courante dans les analyseurs de faisceaux hertziens lorsque des fréquences d'essai suffisamment basses, jusqu'à 500 kHz environ, sont utilisées. Cependant, au-dessus d'environ 500 kHz, l'habitude est d'employer l'étalonnage en degrés ou en radians pour la phase différentielle.

On gardera présent à l'esprit que, quel que soit l'étalonnage, la caractéristique mesurée est toujours la phase différentielle (voir figure 11).

Pour des paires de réseaux linéaires et non linéaires, les quantités ci-dessus dépendent à la fois des contributions des parties linéaires et non linéaires et sont nommées «courbure équivalente», exprimée en nanosecondes au carré, et «temps de propagation de groupe équivalent», exprimé en nanosecondes.

10.3 *Méthode de mesure*

Un dispositif simplifié pour la mesure de *GD/PD* en f.i., est indiqué à la figure 11.

Le matériel à l'essai est raccordé à un modulateur de mesure, modulé en fréquence à la fois par le signal d'essai et par le signal de balayage. La sortie du matériel à l'essai est raccordée à un démodulateur de mesure. Le signal d'essai est extrait au moyen d'un filtre passe-bande accordé sur la fréquence d'essai.

La modulation d'amplitude et la modulation de phase du signal d'essai en sortie, dues à la seule distorsion du matériel à l'essai, sont détectées par des détecteurs d'enveloppe et de phase qui fournissent, respectivement, les signaux *GD* et *PD* à l'amplificateur de commande de déplacement vertical du spot du tube cathodique. Le déplacement horizontal est engendré à partir du signal de balayage démodulé prélevé, à travers un filtre passe-bas, à la sortie du démodulateur de mesure.

Notes 1. – Les éléments compris dans les rectangles en traits pointillés de la figure 11 font partie de matériels de mesure disponibles dans le commerce, souvent appelés «analyseurs de faisceaux hertziens».

Ces matériels fournissent, normalement, des possibilités supplémentaires permettant l'étalonnage des axes verticaux et horizontaux de la représentation oscilloscopique.

2. – Dans la position de mesure pour *PD* du commutateur de la figure 11, celle-ci présente le même dispositif que celui qui est décrit à l'article 8 pour la mesure du temps de propagation de groupe.

Cependant, dans le dispositif de l'article 8, la déviation horizontale provient directement du signal de balayage fourni par le générateur de balayage lui-même.

Cette méthode n'est pas utilisée dans les «analyseurs de faisceaux hertziens», car elle ne permettrait pas d'effectuer des mesures lorsque les parties émettrice et réceptrice du matériel de mesure sont situées dans des stations séparées.

10.4 *Présentation des résultats*

Il est préférable de présenter le gain et la phase différentiels sous forme de photographies de l'écran de l'oscilloscope, ou d'enregistrements effectués au moyen d'un traceur X–Y, avec les deux axes étalonnés de façon appropriée. Si possible, on présentera une seule photographie montrant à la fois les deux fonctions. En variante, les différences entre les valeurs extrêmes des caractéristiques seront indiquées avec rappel des limites de balayage appropriées.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Thus, for a given equipment under test, the displayed response will also be independent of the test-frequency, provided that the latter is low enough to avoid averaging between sidebands.

The calibration of the test equipment in nanoseconds, independently of the test-frequency, is a well-established practice in link analyzer type instruments when using sufficiently low test-frequencies up to about 500 kHz. However, above about 500 kHz, it is customary to use differential phase calibration in degrees or radians.

It should be borne in mind that, whatever the calibration, the measured parameter is always the differential phase (see Figure 11).

For cascaded pairs of linear and non-linear networks, the above quantities depend on the contributions of both the linear and the non-linear parts, and are called "equivalent curvature" measured in nanoseconds-squared and "equivalent group-delay" measured in nanoseconds.

10.3 *Method of measurement*

A simplified arrangement for measuring *DG/DP* at i.f. is shown in Figure 11.

The equipment under test is driven by a measurement modulator which is frequency-modulated by both the test-signal and the sweep-signal. The output of the equipment is demodulated by a measurement demodulator, and the test-signal component is extracted by a band-pass filter tuned to the test-frequency.

The amplitude and phase modulation of the output test-signal, which are due only to the distortion of the equipment under test, are detected by envelope and phase detectors which provide the *DG* and *DP* signals respectively for vertical deflection of the c.r.t. display. The horizontal deflection is generated by the demodulated sweep signal taken from a low-pass filter fed by the measurement demodulator.

Notes 1. – Commercial test equipment, frequently called a "link analyzer", provides the items within the dashed lines shown in Figure 11.

Such test equipment normally includes additional facilities (which are not shown) for calibrating the vertical and horizontal axes of the display.

2. – In the switch position for measuring *DP*, Figure 11 presents essentially the same arrangement as described in Clause 8 for the measurement of group-delay.

However, in the test arrangement given in Clause 8, the horizontal deflection is derived directly from the sweep signal of the generator part.

This method is not used in "link analyzer" instruments as it would not allow measurements to be made when transmitter and receiver parts of the test equipment are located at separate stations.

10.4 *Presentation of results*

Differential gain and phase measurements are presented preferably by photographs of the c.r.t. display or X–Y records with both axes appropriately calibrated. If possible, a single photograph showing both functions should be presented. Alternatively, the differences between extreme values of the characteristics may be stated together with the appropriate sweep limits.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.5 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

a) Fréquence du signal d'essai.

b) Largeur de balayage en MHz crête à crête.

c) Distorsion permise pour le gain différentiel (%).

d) Distorsion permise pour la phase différentielle (degrés) ou le temps de propagation de groupe (ns).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.5 *Details to be specified*

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

a) Test-signal frequency.

b) Sweep width in MHz peak-to-peak.

c) Permitted differential gain distortion (%).

d) Permitted differential phase distortion (degrees) or group-delay distortion (ns).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Après la page 29

Ajouter les nouvelles figures suivantes:

After page 29

Add the new following figures:

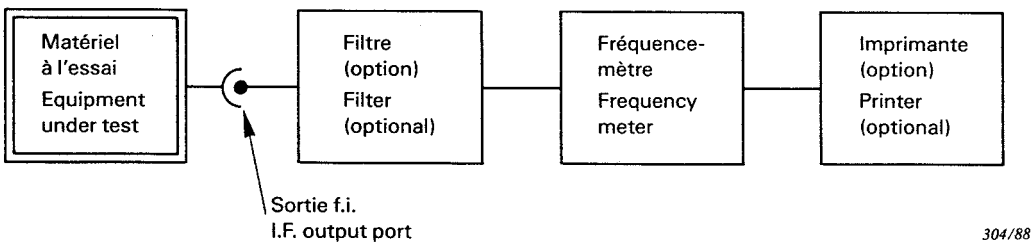

FIG. 10. – Montage de mesure de la fréquence intermédiaire.
Arrangement for measuring the intermediate frequency.

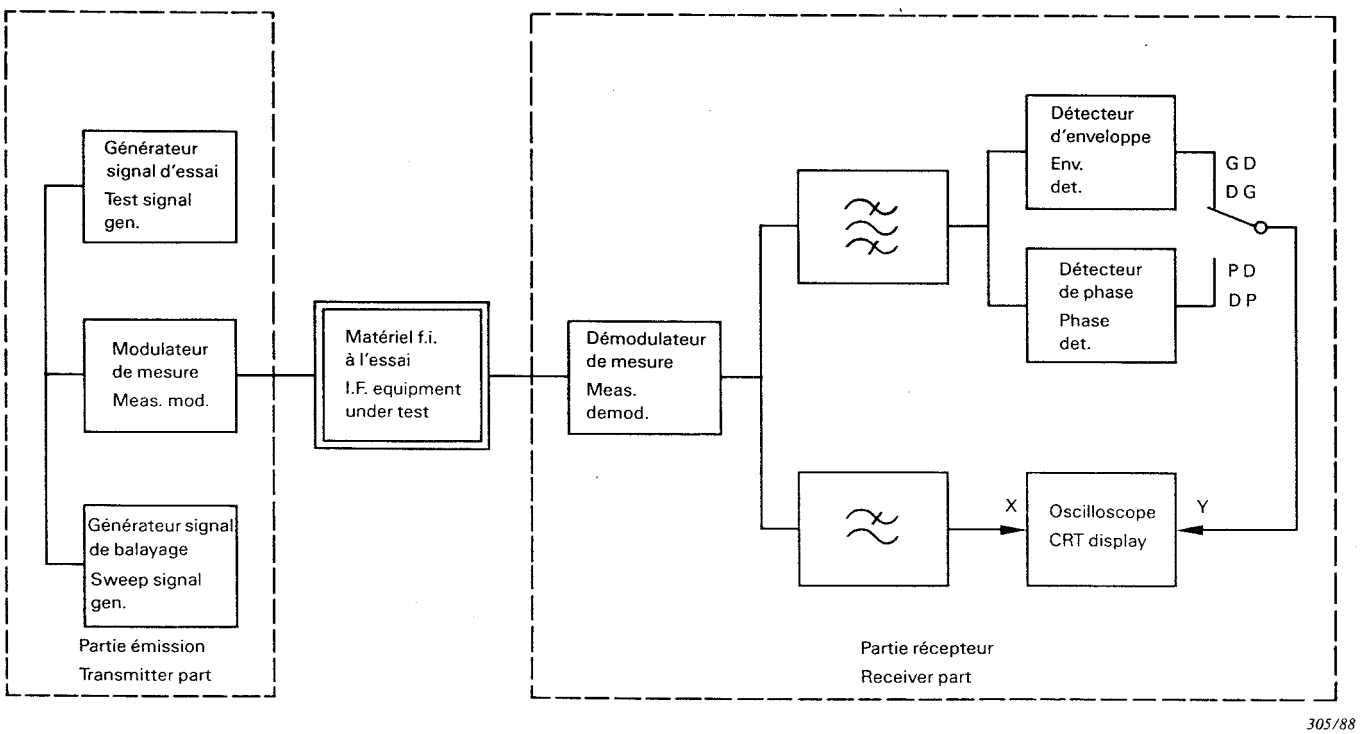

FIG. 11. – Dispositif simplifié pour la mesure du gain et de la phase différentiels d'un matériel f.i.
Simplified arrangement for measuring the differential gain and phase of i.f. equipment.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

– Page blanche –

– Blank page –

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Après la page 29

Ajouter la nouvelle annexe A après la nouvelle figure 11:

ANNEXE A

RELATIONS MATHÉMATIQUES POUR LE PARAGRAPHE 10.2

Pour une mise en série d'un réseau linéaire (ayant des variations d'amplitude et de temps de propagation de groupe) et d'un réseau non linéaire (présentant de la conversion m.a./m.p.), le *GD* et la *PD* sont donnés par les équations suivantes:

$$GD(\omega_c) = 0{,}002\, f_m^2\, [\gamma(\omega_c) - 24{,}1\, k\tau'(\omega_c)] \quad (1)$$

$$PD(\omega_c) = 0{,}36\, f_m\, [\tau(\omega_c) + 2{,}78\, k\alpha'(\omega_c)] \quad (2)$$

où:

$GD(\omega_c)$ est le gain différentiel exprimé en pourcentage;
$PD(\omega_c)$ est la phase différentielle exprimée en degrés;
ω_c est 2π fois l'écart de fréquence f_c par rapport au centre de bande exprimé en pulsations;
f_m est la fréquence d'essai en MHz;
$\gamma(\omega_c)$ est la caractéristique de courbure du réseau linéaire en ns^2;
$\tau(\omega_c)$ est le temps de propagation de groupe du réseau linéaire en ns;
$\tau'(\omega_c)$ est la pente du temps de propagation de groupe du réseau linéaire en ns/MHz;
$\alpha'(\omega_c)$ est la pente de gain du réseau linéaire en dB/MHz;
k est la conversion modulation d'amplitude/modulation de phase d'un réseau non linéaire en degrés/dB.

Notes 1. – Dans les formules ci-dessus, k est pris positif si un accroissement de l'amplitude provoque un accroissement du retard de phase du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

2. – La fonction de transfert d'un réseau linéaire est donnée par:

$$H(\omega_c) = \alpha(\omega_c)\, e^{-j\phi(\omega_c)}$$

où:

$\alpha(\omega_c)$ est la caractéristique amplitude/pulsation;
$\phi(\omega_c)$ est la caractéristique phase/pulsation.

Par définition:

$$\gamma(\omega_c) = d^2\alpha(\omega_c)/d\,\omega_c^2$$
$$\tau(\omega_c) = d\,\phi(\omega_c)/d\,\omega_c$$

Ces équations sont valables pour des fréquences d'essai suffisamment basses pour éviter les effets de moyenne entre les deux bandes latérales du signal d'essai et pour une conversion m.a./m.p. indépendante de la fréquence porteuse balayée.

On voit que les fonctions *GD*/*PD* sont exprimées par le produit de deux facteurs. Le premier facteur est une caractéristique du matériel de mesure, à savoir la fréquence d'essai. Le second facteur dépend du matériel à l'essai et est la somme de deux termes, le premier dérivant de la réponse en fréquence du réseau linéaire («réponse directe»), le second de l'effet combiné de la réponse en fréquence du réseau linéaire et de la conversion m.a./m.p. du réseau non linéaire («réponse couplée»).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

After page 29

Add the following new Appendix A after the new Figure 11:

APPENDIX A

MATHEMATICAL RELATIONSHIPS FOR SUB-CLAUSE 10.2

For a cascaded connection of a linear network (exhibiting amplitude and group-delay variations) and a non-linear network (exhibiting a.m. to p.m. conversion), the *DG* and *DP* are given by the following equations:

$$DG(\omega_c) = 0.002\, f_m^2\, [\gamma(\omega_c) - 24.1\, k\tau'(\omega_c)] \quad (1)$$

$$DP(\omega_c) = 0.36\, f_m\, [\tau(\omega_c) + 2.78\, k\alpha'(\omega_c)] \quad (2)$$

where:

$DG(\omega_c)$ is the differential gain expressed as a percentage;
$DP(\omega_c)$ is the differential phase expressed in degrees;
ω_c is 2π times the swept carrier frequency deviation from band centre, f_c;
f_m is the test frequency in MHz;
$\gamma(\omega_c)$ is the curvature characteristic of the linear network in ns^2;
$\tau(\omega_c)$ is the group-delay characteristic of the linear network in ns;
$\tau'(\omega_c)$ is the slope of the group-delay characteristic of the linear network in ns/MHz;
$\alpha'(\omega_c)$ is the slope of the amplitude characteristic of the linear network in dB/MHz;
k is the a.m. to p.m. conversion coefficient of the non-linear network in degrees/decibel.

Notes 1. – In the above formulae, k is considered as positive if an increase in amplitude tends to increase the phase lag of the output signal with respect to the input signal.

2. – The transfer function of a linear network is given by:

$$H(\omega_c) = \alpha(\omega_c)\, e^{-j\phi(\omega_c)}$$

where:

$\alpha(\omega_c)$ is the amplitude characteristic;
$\phi(\omega_c)$ is the phase characteristic.

By definition:

$$\gamma(\omega_c) = d^2\alpha(\omega_c)/d\,\omega_c^2$$
$$\tau(\omega_c) = d\,\phi(\omega_c)/d\,\omega_c$$

These equations are valid for test frequencies which are small enough to avoid the averaging effect between the two test-signal sidebands, and for a.m. to p.m. conversion which is independent of the swept carrier frequency.

It is seen that the *DG*/*DP* functions are expressed as products of two factors. The first factor is a parameter of the measuring equipment, namely the test-frequency. The second factor is governed by the equipment under test and is the sum of the two terms, the first of which derives from the frequency response of the linear network ("direct response"), and the second from the combined effect of the linear network frequency response and the non-linear network a.m. to p.m. conversion ("coupled response").

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ICS 33.060.30

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-1-3

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons

Section trois – Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems

Section Three – Measurements in the i.f. range



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60510-1-3: 1984

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates
  (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-1-3

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons

Section trois – Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems

Section Three – Measurements in the i.f. range

© IEC 1980 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.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

IEC
Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE N

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

SECTION TROIS — MESURES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Définition 6
3. Affaiblissement d'adaptation 6
4. Niveaux d'entrée et de sortie 12
5. Caractéristique « amplitude/fréquence » 16
6. Caractéristique statique de la commande automatique de gain (c.a.g.) 18
7. Caractéristique dynamique de la commande automatique de gain (c.a.g.) 20
8. Caractéristique « temps de propagation de groupe/fréquence » 20

FIGURES 26-29

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE I.F. RANGE

Clause

1. Scope 7
2. Definition 7
3. Return loss 7
4. Input and output levels 13
5. Amplitude/frequency characteristic 17
6. Static automatic gain control (a.g.c.) characteristic 19
7. Dynamic automatic gain control (a.g.c.) characteristic 21
8. Group-delay/frequency characteristic 21

FIGURES 26-29

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE POUR LES ÉQUIPEMENTS RADIOÉLECTRIQUES UTILISÉS DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons

Section Trois — Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires

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 Comité 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 pour la section trois fut discuté lors de la réunion tenue à Budapest en 1972. A la suite de cette réunion, le document 12E(Bureau Central)19 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1974. Des modifications, document 12E(Bureau Central)42, furent ensuite soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juin 1976.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Egypte
Etats-Unis d'Amérique
France
Italie
Pologne
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Turquie
Yougoslavie

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems
Section Three — Measurements in the i.f. range

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 Three was discussed at the meeting held in Budapest in 1972. As a result of this meeting, Document 12E(Central Office)19 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1974. Amendments, Document 12E(Central Office)42, were submitted to the National Committees under the Two Months' Procedure in June 1976.

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

Australia
Belgium
Canada
Denmark
Egypt
France
Germany
Italy
Poland
Romania
Sweden
Turkey
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

MÉTHODES DE MESURE POUR LES ÉQUIPEMENTS RADIOÉLECTRIQUES UTILISÉS DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES

Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons

---

SECTION TROIS — MESURES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

1. Domaine d'application

Les méthodes de mesure décrites dans la présente section s'appliquent aux systèmes à accès multiple par répartition en fréquence (a.m.r.f.) pour des porteuses modulées en fréquence. Les méthodes de mesure pour le cas où l'on emploie d'autres techniques d'accès multiple ou de modulation sont à l'étude.

2. Définition

Pour ce qui concerne la présente norme, la bande des fréquences intermédiaires est la bande de fréquences occupée par les signaux en sortie du modulateur de fréquence ou à l'entrée du démodulateur de fréquence.

Note. — La fréquence centrale nominale de la bande des fréquences intermédiaires est, d'habitude, 70 MHz, mais l'on peut employer d'autres fréquences.

3. Affaiblissement d'adaptation

3.1 *Relations entre impédance, affaiblissement d'adaptation et coefficient de réflexion*

Dans les stations terriennes de télécommunication par satellite, on s'intéresse essentiellement à la mesure de l'affaiblissement d'adaptation plutôt qu'à l'impédance ou au coefficient de réflexion.

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \quad \text{(dB)} \tag{3.1}$$

L'affaiblissement d'adaptation est aussi donné par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \quad \text{(dB)} \tag{3.2}$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \tag{3.3}$$

Note. — Normalement, l'impédance nominale (Z_0) aux points d'interconnexion en f.i. est une impédance résistive de 75 Ω (dissymétrique).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems

SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE I.F. RANGE

1. Scope

Methods of measurement given in this section are applicable to frequency division multiplex (f.d.m.) multiple-access/frequency-modulated systems. Methods of measurement for other multiple-access techniques and for other types of modulation are under consideration.

2. Definition

For the purpose of this standard, the intermediate-frequency band is the frequency range occupied by the modulated signal at the output of the frequency modulator or at the input to the frequency demodulator.

Note. — The nominal centre of the intermediate-frequency band is usually 70 MHz, but other frequencies may be used.

3. Return loss

3.1 *The relationship between impedance, return loss and reflection coefficient*

In satellite earth stations, interest is essentially in the measurement of return loss rather than that of impedance or reflection coefficient.

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \quad \text{(dB)} \tag{3.1}$$

Alternatively, the return loss is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \quad \text{(dB)} \tag{3.2}$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \tag{3.3}$$

Note. — Usually, the nominal impedance (Z_0) of i.f. inter-connection points is 75 Ω resistive (unbalanced).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.2 *Méthode de mesure de l'affaiblissement d'adaptation*

Les mesures peuvent être effectuées soit en utilisant une méthode « point par point », soit en utilisant une méthode à balayage (continu) de fréquence. Pour le dernier cas, un exemple est décrit ci-dessous, mais toute autre méthode susceptible de fournir la précision requise (de l'ordre de ± 1 dB) peut être également utilisée. Dans cet exemple, l'on utilise le matériel récapitulé ci-dessous et illustré à la figure 1, page 26:

— un générateur à balayage de fréquence;
— un pont de mesure;
— un récepteur comprenant un convertisseur de fréquence, un amplificateur sélectif avec affaiblisseur étalonné et un détecteur d'amplitude;
— une source de courant continu pour produire une tension de référence;
— un oscilloscope;
— un commutateur électronique;
— un générateur marqueur de fréquence.

La méthode est destinée à la mesure de l'affaiblissement d'adaptation d'un élément linéaire et passif, par exemple l'impédance d'entrée d'amplificateurs f.i. Elle peut aussi être employée pour mesurer l'affaiblissement d'adaptation de dispositifs linéaires, actifs et passifs, etc., en sortie d'un matériel (impédance de source) à condition qu'aucun signal ne soit présent et que le circuit à l'essai puisse être considéré comme un réseau linéaire passif.

L'affaiblissement d'adaptation des câbles, affaiblisseurs, adaptateurs, etc., utilisés au cours des mesures, de même que l'affaiblissement d'adaptation aux connecteurs d'entrée et de sortie du matériel de mesure, peuvent être vérifiés en appliquant la même méthode.

3.3 *Considérations générales concernant le matériel de mesure* (voir figure 1)

3.3.1 *Générateur à balayage de fréquence*

Le générateur comprend un oscillateur de balayage, un oscillateur principal balayé en fréquence intermédiaire (f) et un oscillateur asservi travaillant à une fréquence égale à la fréquence intermédiaire augmentée de la fréquence (f') à laquelle fonctionne l'amplificateur sélectif.

La fréquence de récurrence du balayage de fréquence (f_s) doit être choisie dans la gamme de 10 Hz à 100 Hz; la bande passante de la section réceptrice, comprenant l'amplificateur sélectif, le détecteur d'amplitude et l'oscilloscope, devra être égale à environ 50 fois à 100 fois la fréquence de récurrence choisie.

La forme d'onde du signal issu de l'oscillateur de balayage sera, de préférence, triangulaire ou sinusoïdale.

3.3.2 *Pont de mesure*

Dans un domaine spécifié de niveaux du signal, la tension à la sortie du pont de mesure doit être proportionnelle au module du coefficient de réflexion de l'impédance à l'essai. La figure 2, page 26, donne un exemple d'un tel pont.

L'impédance normalisée de valeur nominale, par exemple $Z_0 = 75\,\Omega$, peut être raccordée intérieurement ou extérieurement.

Des transformateurs d'isolement appropriés peuvent être utilisés afin de permettre la mise à la masse du matériel de mesure ou du matériel soumis à l'essai, ou des deux. On peut aussi utiliser un circuit hybride approprié, électriquement équivalent au circuit en pont, mais ne nécessitant pas de transformateur d'isolement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.2 *Method of measurement of return loss*

Measurements may be made either by using point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example is described below, but any alternative method capable of providing the required accuracy (typically ± 1 dB) may be used. In this example, the equipment listed below and shown in Figure 1, page 26, is required:

— a sweep-frequency generator;
— a measuring bridge;
— a receiver consisting of a frequency converter, a selective amplifier with a calibrated attenuator and an amplitude detector;
— a d.c. source for supplying a reference level;
— an oscilloscope;
— an electronic switch;
— a frequency-marking generator.

The method is intended for measuring the return loss of linear and passive ports, for example the input impedance of i.f. amplifiers. It also may be used for measuring the return loss of linear, active and passive devices, for example at the output of the device (source impedance) provided that no signal is present and that the device under test can be considered as a linear, passive network.

The return loss of cables, attenuators, adaptors, etc., used during the measurements, as well as the return loss at the input and the output of the measuring equipment, may be checked using the same method.

3.3 *General considerations of the measuring equipment* (see Figure 1)

3.3.1 *Sweep-frequency generator*

The generator comprises a sweep oscillator, a master oscillator which is swept at intermediate frequency (f) and a slave oscillator having a frequency equal to the i.f. plus the frequency (f') to which the selective amplifier is tuned.

The repetition rate (f_s) of the sweep should be in the range 10 Hz to 100 Hz, provided that the passband of the receiver section, i.e. the selective amplifier, amplitude detector and oscilloscope, is about 50 times to 100 times the chosen sweep rate.

The waveform of the signal from the sweep oscillator should be preferably triangular or sinusoidal.

3.3.2 *Measuring bridge*

Over a specified range of signal levels, the voltage at the output of the bridge should be proportional to the magnitude of the reflection coefficient of the impedance under test. An example of a bridge network is shown in Figure 2, page 26.

The standard impedance of nominal value, for example $Z_0 = 75\,\Omega$, may be connected internally or externally.

Isolating transformers may be used so that the measuring equipment or the equipment under test, or both, may be earthed. A hybrid circuit, electrically equivalent to the bridge circuit but not needing a separate isolating transformer, may also be used.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.3.3 *Amplificateur sélectif*

L'emploi d'un amplificateur sélectif est recommandé afin d'éviter que les harmoniques de la fréquence de mesure n'affectent la précision des résultats. Très souvent, en effet, la puissance réfléchie est du même ordre de grandeur que celle qui correspond aux harmoniques du signal d'essai.

3.3.4 *Sensibilité du récepteur*

Le niveau minimal détectable par le récepteur doit être de 20 dB au moins inférieur au niveau minimal attendu pour le signal, à la sortie du pont, dans les conditions spécifiées au paragraphe 3.4.2.

3.4 *Mode opératoire*

Le mode opératoire comprend trois étapes, à savoir: étalonnage, vérification de l'équilibrage du pont et mesure.

3.4.1 *Etalonnage*

Le niveau de sortie de l'oscillateur principal est réglé de façon à obtenir la tension désirée aux bornes de l'impédance (Z) raccordée au pont. Il faut veiller à ne pas appliquer une tension surchargeant le matériel à l'essai.

Le bras d'essai du pont est mis soit en circuit ouvert, soit en court-circuit. L'affaiblisseur à l'entrée de l'amplificateur sélectif est alors réglé de façon à obtenir une valeur appropriée de la tension continue à la sortie du détecteur d'amplitude.

Cette tension continue est ensuite comparée à la tension de référence au moyen de l'oscilloscope et du commutateur électronique, ainsi qu'il est indiqué à la figure 1, page 26. Les deux traces apparaissant à l'oscilloscope coïncident lorsque les deux niveaux sont égaux. La valeur correspondante de l'affaiblisseur est alors notée.

Note. — Pour l'étalonnage, on peut également utiliser une impédance normalisée désadaptée présentant un affaiblissement d'adaptation connu, par exemple 20 dB, au lieu du circuit ouvert ou du court-circuit mentionnés ci-dessus.

3.4.2 *Vérification de l'équilibrage du pont de mesure*

Une impédance normale de 75 Ω (Z_0) est raccordée au pont à la place de l'impédance inconnue (Z).

L'équilibrage du pont est vérifié en ajustant l'affaiblisseur étalonné jusqu'à ce que les traces sur l'écran de l'oscilloscope approchent de la coïncidence. Il ne sera possible d'obtenir la coïncidence exacte que si l'on dispose d'un récepteur de sensibilité suffisante.

La valeur de l'affaiblisseur, soit lorsqu'on a obtenu la coïncidence des traces, soit lorsqu'on a atteint la limite de sensibilité du récepteur, est notée. Cette valeur détermine la valeur maximale d'affaiblissement d'adaptation qui peut être mesurée avec une précision donnée. Des affaiblissements d'adaptation de 20 dB inférieurs à la valeur ainsi obtenue peuvent être mesurés avec une précision de ± 1 dB. Par exemple, lorsque cette valeur est de 50 dB, les valeurs d'affaiblissement d'adaptation jusqu'à 30 dB peuvent être mesurées à ± 1 dB près.

3.4.3 *Mesure de l'affaiblissement d'adaptation*

L'impédance inconnue (Z) est de nouveau raccordée au pont et l'affaiblisseur étalonné est

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.3.3 *Selective amplifier*

The use of a selective amplifier is recommended since harmonics of the measuring frequency may affect the accuracy of the results. This is because the reflected power is frequently of the same order of magnitude as that of the harmonics.

3.3.4 *Receiver sensitivity*

The minimum level detectable by the receiver should be at least 20 dB below the minimum level expected from the bridge under conditions specified in Sub-clause 3.4.2.

3.4 *Measuring procedure*

The measuring procedure comprises three steps: namely, calibration, balance check of the measuring bridge and measurement.

3.4.1 *Calibration*

The output level of the master oscillator is adjusted to obtain the desired voltage across the impedance (Z) in the bridge. Care should be taken to avoid over-loading the equipment under test.

The test arm of the bridge is left either open-circuited or short-circuited and the attenuator at the input of the selective amplifier is then adjusted to obtain a suitable d.c. level at the output of the amplitude detector.

This level is then compared with the d.c. reference level by means of the oscilloscope and the electronic switch as shown in Figure 1, page 26. When the two traces appearing on the oscilloscope coincide, the two d.c. levels are equal. The setting of the attenuator is then noted.

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

3.4.2 *Checking the balance of the measuring bridge*

A standard 75 Ω termination (Z_0) is connected to the bridge in place of the unknown impedance (Z).

The bridge balance is then checked by adjusting the calibrated attenuator until the traces on the screen of the oscilloscope approach coincidence. It will be possible to obtain exact coincidence only if sufficient receiver sensitivity is available.

The setting of the attenuator, when either coincidence of the traces occurs or when the limit of receiver sensitivity is reached, should be noted. This setting determines the maximum value of return loss which can be measured with a specified accuracy. Return loss values up to 20 dB less than the value obtained above can be measured with an accuracy of ± 1 dB. For example, when the value is 50 dB, return loss values up to 30 dB can be measured to within ± 1 dB.

3.4.3 *Measurement of return loss*

The unknown impedance (Z) is connected to the bridge and the calibrated attenuator

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

réglé jusqu'à ce que la trace de mesure et la trace de référence se superposent sur l'écran de l'oscilloscope, à la fréquence spécifiée, laquelle est repérable au moyen du marqueur de fréquence.

La différence entre ce dernier réglage de l'affaiblisseur et celui obtenu au paragraphe 3.4.1 est égale à l'affaiblissement d'adaptation de l'impédance (Z).

Note. — Si l'on a employé une impédance de référence d'affaiblissement d'adaptation connu au cours de l'étalonnage, on obtiendra l'affaiblissement d'adaptation de l'impédance (Z) à mesurer, en ajoutant l'affaiblissement d'adaptation connu et la différence entre les deux lectures de l'affaiblisseur.

3.4.4 *Mesure de l'affaiblissement d'adaptation en sortie de dispositifs actifs*

La méthode de mesure que l'on vient de décrire est fréquemment utilisée pour mesurer l'affaiblissement d'adaptation aux accès de sortie du matériel à l'essai.

Des méthodes mieux appropriées sont néanmoins à l'étude.

3.5 *Présentation des résultats*

Les résultats des mesures seront, de préférence, présentés sous la forme d'une courbe ou d'une photographie du tracé de l'oscilloscope, avec une échelle verticale telle que celle représentée à la figure 3, page 27, ou avec une telle échelle inversée. Des lignes de référence, correspondant à des affaiblissements d'adaptation connus, peuvent être ajoutées.

Dans chaque cas, la courbe de contrôle de l'équilibre du pont devra être représentée graphiquement, ainsi que la courbe mesurée avec le matériel à l'essai.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas représentés graphiquement, l'énoncé doit en être formulé comme dans l'exemple suivant:

Affaiblissement d'adaptation meilleur que 26 dB entre 60 MHz et 80 MHz,
équilibre du pont meilleur que 50 dB.

3.6 *Détails à spécifier*

Si cette mesure est exigée, le cahier des charges du matériel doit mentionner:

a) les valeurs limites pour l'affaiblissement d'adaptation;
b) les limites de la bande de fréquences à explorer.

4. Niveaux d'entrée et de sortie

4.1 *Définition et considérations générales*

La tension d'entrée est définie comme la tension efficace qui apparaît aux bornes d'une charge résistive de valeur nominale (Z_0) et le niveau d'entrée comme le niveau présent sur Z_0 par rapport à 1 mW, la résistance interne du générateur étant Z_0.

Dans ces conditions, la tension de sortie est la tension efficace qui apparaît aux bornes d'une charge (Z_0) et le niveau de sortie est le niveau présent sur une charge (Z_0) par rapport à 1 mW.

Note. — Quand le matériel essayé n'a pas l'impédance résistive d'entrée ou de sortie (Z_0), les tensions ou niveaux réels peuvent s'écarter dans une certaine mesure de la valeur la plus élevée qu'il est possible d'obtenir.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

adjusted until the measuring trace and the reference trace on the screen of the oscilloscope coincide at the specified frequency as indicated by the frequency marker.

The difference between this attenuator setting and that obtained under Sub-clause 3.4.1 is equal to the return loss of the impedance (Z).

Note. — If a standard mismatch termination of known return loss has been used for calibration, the return loss of the impedance (Z) to be measured is obtained by the sum of the known return loss and the difference between the attenuator settings described here.

3.4.4 *Measurement of the output return loss of active devices*

The method of measurement just described is often used for measuring the return loss of the output impedance of the equipment under test.

More appropriate methods, however, are under consideration.

3.5 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented preferably as a curve or photograph of the oscilloscope display with the vertical scale as shown in Figure 3, page 27, or with this scale inverted. Reference lines may be added on the oscilloscope display.

In every case the bridge balance check curve should be shown as well as the measured curve.

When the results of the measurements are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Return loss better than 26 dB from 60 MHz to 80 MHz;
bridge balance better than 50 dB.

3.6 *Details to be specified*

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

a) return loss limits;
b) frequency band limits.

4. Input and output levels

4.1 *Definition and general considerations*

The input voltage is defined as the r.m.s. voltage developed across a resistive termination of nominal value (Z_0), and the input level is defined as the level at Z_0 relative to 1 mW; the generator has the output resistance (Z_0).

Accordingly, the output voltage is the r.m.s. voltage across a termination (Z_0), and the output level is the level relative to 1 mW at a termination (Z_0).

Note. — When the equipment under test does not have resistive input or output impedance (Z_0), the actual voltages or levels may differ somewhat from the highest obtainable value.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.2 *Méthode de mesure*

La tension d'entrée à appliquer au matériel en essai est d'abord réglée en raccordant un générateur d'impédance interne égale à l'impédance nominale du matériel à une charge d'impédance égale à cette dernière, et en réglant la tension à sa valeur spécifiée. Le générateur est ensuite connecté à l'entrée du matériel. Le niveau est mesuré à la sortie du matériel à l'essai, celle-ci étant chargée par une impédance (Z_0) de valeur nominale.

Les niveaux d'entrée et de sortie sont mesurés à l'aide d'un appareil de mesure de niveaux étalonné pour un signal d'entrée sinusoïdal. Les mesures seront effectuées à la valeur nominale de la fréquence intermédiaire.

L'impédance d'entrée de l'appareil de mesure doit être la même que l'impédance nominale du circuit à l'essai, par exemple 75 Ω. L'affaiblissement d'adaptation de cette impédance d'entrée peut être vérifié à l'aide de la méthode décrite au paragraphe 3.4.3 ci-dessus. Il doit être meilleur que 30 dB si une précision de ±0,3 dB est requise.

L'emploi d'un filtre passe-bas ou d'un filtre passe-bande d'affaiblissement d'insertion connu, ou d'un voltmètre, ou d'un appareil de mesure de niveaux sélectifs est recommandé afin d'éviter les erreurs dues aux signaux indésirables, les harmoniques par exemple.

On peut utiliser aussi un appareil de mesure de puissance, par exemple un bolomètre. Dans ce cas, la même précision qu'avec le voltmètre peut être obtenue pour un affaiblissement d'adaptation plus faible (par exemple 15 dB pour une précision de ±0,3 dB).

Il faudra tenir compte de l'affaiblissement d'insertion des câbles utilisés, de l'ordre de 0,1 à 0,2 dB (valeurs typiques).

4.3 *Présentation des résultats*

Les niveaux d'entrée et de sortie seront enregistrés en volts valeur efficace ou en milliwatts, ou encore en décibels par rapport à ces unités, pour un signal d'entrée sinusoïdal.

4.4 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure sera exigée, le cahier des charges du matériel précisera:

a) le niveau du signal d'essai;

b) la fréquence du signal d'essai;

c) l'impédance nominale.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4.2 *Method of measurement*

The voltage to be applied to the system under test is adjusted first by connecting the signal generator, having an internal impedance equal to the nominal impedance of the system under test, to a load having the same impedance and setting the voltage to the specified value. The signal generator is then connected to the input of the system under test and the output level of the system is measured whilst terminated with a load (Z_0) of nominal impedance.

The input and output levels are measured with a level-meter which has been calibrated for a sinusoidal input signal. The measurements should be made at the nominal intermediate frequency.

The input impedance of the measuring instrument should be the same as the nominal impedance of the circuit under test, for example 75 Ω. The return loss of the input impedance may be checked by using the method described in Sub-clause 3.4.3 above and should be better than 30 dB if an accuracy of ±0.3 dB is required.

The use of either a low-pass or band-pass filter of known insertion loss, or a selective voltmeter or a selective level-meter, is recommended to avoid errors due to unwanted signals, such as harmonics.

Alternatively, a power meter, for example a bolometer, may be used. In this case, the same accuracy as with a voltmeter can be obtained with a lower return loss (for example 15 dB for ±0.3 dB accuracy).

Allowance should be made for the insertion loss of the cables used—typically of the order of 0.1 to 0.2 dB.

4.3 *Presentation of results*

The input and the output levels should be recorded in volts r.m.s. or in milliwatts, or in decibels relative to these units, for a sinusoidal input signal.

4.4 *Details to be specified*

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

a) test-signal level;

b) test-signal frequency;

c) nominal impedance.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5. Caractéristique amplitude/fréquence

5.1 *Définition et considérations générales*

La caractéristique amplitude/fréquence est donnée par la courbe représentant la différence exprimée en décibels, entre le niveau de sortie et un niveau de référence en fonction de la fréquence intermédiaire pour un niveau d'entrée constant.

Note. — Le niveau de référence est, habituellement, le niveau de sortie correspondant à la valeur nominale de la fréquence intermédiaire.

La signification de la mesure n'est pas la même selon qu'elle est effectuée sur un matériel fonctionnant en régime linéaire ou sur un matériel comprenant des éléments non linéaires. Lorsque le matériel comporte, par exemple, un limiteur ou un amplificateur avec commande automatique de gain (c.a.g.), la caractéristique amplitude/fréquence des étages précédant ces dispositifs apparaîtra comprimée.

Dans certains cas, les circuits sélectifs sont implantés dans le matériel de telle façon que l'on ne peut séparer les parties linéaires et non linéaires. Des techniques de mesure plus évoluées sont à l'étude pour ces cas.

5.2 *Méthode de mesure*

Les mesures peuvent être effectuées soit en utilisant une méthode « point par point », soit en utilisant une méthode à balayage (continu) de fréquence. Pour le dernier cas, la figure 4, page 27, montre un exemple de montage des appareils de mesure utilisés.

5.3 *Considérations générales sur le matériel de mesure*

Lorsqu'il est fait usage d'une méthode à balayage de fréquence, le paragraphe 3.3.1 ci-dessus s'applique en ce qui concerne la fréquence de récurrence du balayage, la forme d'onde du signal de balayage et la bande passante du détecteur et de l'oscilloscope.

Il faudra s'assurer que les résultats des mesures ne sont pas perturbés par des harmoniques du signal d'essai.

Avant d'entreprendre les mesures, on déterminera l'importance de l'erreur inhérente au matériel de mesure en branchant la sortie du générateur à l'entrée du détecteur, en y comprenant les câbles, affaiblisseurs et autres accessoires utilisés pour raccorder le matériel à essayer.

5.4 *Mode opératoire*

Avec un niveau d'entrée constant, le niveau de sortie est déterminé en fonction de la fréquence (f) à l'intérieur de la bande passante du matériel, soit en employant la méthode décrite au paragraphe 4.2, soit conformément aux principes indiqués ci-dessus.

Les mesures peuvent être répétées pour un nombre limité de niveaux d'entrée différents dans le domaine normal des niveaux d'entrée spécifié pour le matériel à l'essai.

Les mesures peuvent être étendues jusqu'aux fréquences situées de chaque côté de la bande passante. Dans ce cas, le signal à la fréquence de mesure (f) est notablement affaibli et il sera donc nécessaire d'utiliser un voltmètre sélectif ou un appareil de mesure de niveaux sélectif, afin d'éviter les erreurs dues à la présence des harmoniques de cette fréquence.

Note. — Les mesures portant sur des limiteurs ou des amplificateurs avec c.a.g. exigent des précautions spéciales. Des méthodes appropriées sont à l'étude.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5. Amplitude/frequency characteristic

5.1 *Definition and general considerations*

The amplitude/frequency characteristic is given by the curve representing the difference, expressed in decibels, between the output level and a reference level, as a function of frequency for a constant input level.

Note. — The reference level is usually the output level at the nominal intermediate frequency.

The significance of the measurement made on linear equipment differs from that made on equipment incorporating non-linear devices. For example, when the equipment incorporates a limiter or an amplifier with automatic gain control (a.g.c.), the amplitude/frequency characteristic of the stages preceding these devices will appear to be compressed.

In some cases the frequency-selective networks form an integral part of the equipment and it is not possible to separate the linear and non-linear parts. More sophisticated measuring techniques are under consideration for these cases.

5.2 *Methods of measurement*

Measurements may be made using either point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in Figure 4, page 27.

5.3 *General considerations of the measuring equipment*

When using the sweep-frequency method, the repetition rate of the sweep-frequency generator, the waveform of the sweep signal and the pass-band of the detector and the oscilloscope should conform to the requirements of Sub-clause 3.3.1 above.

Care should be taken to ensure that the results of the measurements are not affected by harmonics of the test signal.

Before commencing the measurements on the equipment to be tested, the magnitude of the inherent errors of the measuring equipment including the cables, attenuators and other accessories which are to be used, should be determined by connecting the output of the signal generator to the input of the detector.

5.4 *Measuring procedure*

With a constant input level, the output level is determined as a function of the frequency (f) within the pass-band of the equipment, either by using the method given in Sub-clause 4.2, or in accordance with the principles set out above.

The measurements may be repeated for a restricted number of different input levels within the normal range of input levels specified for the equipment.

Also the measurements may be extended to include frequencies on either side of the pass-band. In such cases, the signal at the measuring frequency (f) will be appreciably attenuated and it will be necessary therefore to use a selective voltmeter or level-meter to avoid errors caused by harmonics of the measuring frequency.

Note. — Measurements on limiters and amplifiers with a.g.c. require special procedures. Appropriate measuring methods are under consideration.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.5 *Présentation des résultats*

5.5.1 *Caractéristique amplitude/fréquence*

Les résultats de ces mesures devraient, de préférence, être présentés sous la forme d'une courbe ou d'une photographie du tracé de l'oscilloscope, conformément aux indications de la figure 5, page 27. Etalonner les deux échelles, horizontale et verticale, du tracé de l'oscilloscope.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas représentés graphiquement, l'énoncé doit en être formulé comme dans l'exemple suivant:

La caractéristique amplitude/fréquence reste plate à $-0{,}2$ et $+0{,}1$ dB près par rapport à la valeur à 70 MHz, entre 60 MHz et 80 MHz.

Ce qui signifie que la différence entre la valeur maximale de l'ordonnée de la figure 5 et celle de l'ordonnée à 70 MHz n'excède pas 0,1 dB et que la différence entre cette dernière et la valeur minimale de l'ordonnée n'excède pas 0,2 dB.

5.5.2 *Composantes d'ondulation*

Quand on peut identifier facilement des composantes d'ondulation dans la caractéristique mesurée, elles doivent, de préférence, être exprimées en décibels crête à crête. La période de l'ondulation devra être indiquée.

5.5.3 *Composantes d'un développement en série*

S'il faut fournir les composantes d'un développement en série, on les déterminera au moyen d'un développement en série limité, autour de la porteuse, représentant la caractéristique avec une approximation satisfaisante.

On exprimera les résultats de préférence au moyen des coefficients des différents termes, par exemple 0,01 dB/MHz, 0,005 dB/$(\text{MHz})^2$, 0,001 dB/$(\text{MHz})^3$, etc.; ou bien au moyen des variations totales de chaque terme dans la bande explorée, par exemple composante linéaire de 0,3 dB, composante parabolique de 0,1 dB, composante cubique de 0,1 dB, etc., dans une bande spécifiée, par exemple ± 10 MHz.

5.6 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure sera exigée, le cahier des charges du matériel précisera:

a) les limites permises pour la variation d'amplitude;
b) les limites de la bande de fréquences à explorer;
c) la fréquence de référence.

6. Caractéristique statique de la commande automatique de gain (c.a.g.)

6.1 *Définition*

La caractéristique statique de la c.a.g. d'un amplificateur est donnée par la courbe représentant le niveau de sortie, exprimé en décibels par rapport à 1 mW, en fonction du niveau d'entrée, exprimé au moyen de la même unité, à la valeur centrale nominale de la fréquence intermédiaire.

6.2 *Méthode de mesure*

La mesure est effectuée, pour divers niveaux d'entrée, conformément à la méthode indiquée au paragraphe 4.2 à l'aide d'un générateur et d'un appareil de mesure de niveaux sélectif, dont les échelles sont étalonnées en décibels par rapport à 1 mW (voir figure 6, page 28).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.5 *Presentation of results*

5.5.1 *Amplitude/frequency characteristic*

The results of the measurements should be presented, preferably, as a curve or photograph of the oscilloscope display as shown in Figure 5, page 27. Both the horizontal and the vertical scales of the oscilloscope display should be calibrated.

When the results of the measurements are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Amplitude/frequency characteristic is uniform within −0.2 to +0.1 dB with reference to 70 MHz, from 60 MHz to 80 MHz.

That is, the difference between the maximum value of the ordinate and the ordinate at 70 MHz does not exceed 0.1 dB and the difference between the latter and the minimum value of the ordinate does not exceed 0.2 dB (Figure 5).

5.5.2 *Ripple components*

When ripple components are easily identifiable from the measured characteristic, they should be expressed in decibels, peak-to-peak. The ripple frequencies should be stated.

5.5.3 *Power-series components*

If the power-series components are required, they should be determined by a power-series approximation of the characteristic taken about the carrier frequency.

The resulting values for the various components should be expressed preferably as coefficients, for example 0.01 dB/MHz, 0.005 dB/(MHz)^2, 0.001 dB/(MHz)^3, etc., or alternatively as total variations in the swept pass-band, for example 0.3 dB linear component, 0.1 dB second-order component, 0.1 dB third-order component, etc., in a specified band, for example ±10 MHz.

5.6 *Details to be specified*

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

a) permitted limits of amplitude variation;
b) frequency limits;
c) reference frequency.

6. Static automatic gain control (a.g.c.) characteristic

6.1 *Definition*

The static a.g.c. characteristic of an amplifier is given by the curve representing the output level, expressed in decibels relative to 1 mW, as a function of the input level expressed in the same units, at the nominal intermediate frequency.

6.2 *Method of measurement*

The measurement is made at various input levels, in accordance with the method given in Sub-clause 4.2, by using a signal generator and a selective level-meter, calibrated in decibels relative to 1 mW (see Figure 6, page 28).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

On peut, si nécessaire, répéter la mesure à d'autres fréquences comprises dans la bande passante en fréquence intermédiaire du matériel.

6.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de ces mesures seront, de préférence, présentés sous la forme d'une courbe semblable à celle représentée à la figure 7, page 28.

Lorsque les résultats ne sont pas présentés graphiquement, l'énoncé doit en être formulé comme dans l'exemple suivant:

> La variation du niveau de sortie, par rapport à celui correspondant au niveau d'entrée nominal, n'excède pas +0,5 dB ou −1,5 dB pour des niveaux d'entrée compris entre +10 dB et −50 dB par rapport à la valeur nominale.

6.4 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est requise, le cahier des charges du matériel mentionnera:

a) le niveau nominal d'entrée;
b) la gamme des niveaux d'entrée;
c) les limites permises pour la variation du niveau de sortie.

7. Caractéristique dynamique de la commande automatique de gain (c.a.g.)

La méthode de mesure est à l'étude.

8. Caractéristique «temps de propagation de groupe/fréquence»

8.1 *Définition et considérations générales*

Soit un réseau linéaire dont la fonction de transfert s'écrit:

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \tag{8.1}$$

où $A(\omega)$ se rapporte à la «caractéristique amplitude/fréquence» et $B(\omega)$ à la «caractéristique phase/fréquence» (considérée comme positive si le signal de sortie est en retard sur le signal d'entrée). Le temps de propagation de groupe, $\tau(\omega)$, de ce réseau est défini comme la dérivée première de $B(\omega)$, par rapport à ω, en l'occurrence:

$$\tau(\omega) = \frac{d\, B(\omega)}{d\, \omega} \tag{8.2}$$

il s'exprime en secondes.

Il est de pratique courante de mesurer la variation du temps de propagation de groupe, qui est définie comme la différence entre le temps de propagation de groupe ci-dessus mentionné et le temps de propagation de groupe à une fréquence de référence.

La signification de la mesure n'est pas la même selon qu'elle est effectuée sur un matériel fonctionnant en régime linéaire ou sur un matériel comprenant des éléments non linéaires. Lorsque l'équipement comprend, par exemple, un limiteur présentant des effets de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase, une distorsion dite «couplée» ou «indirecte» sera introduite: par exemple, une variation d'amplitude en fonction de la fréquence, se produisant en amont d'un tel limiteur, se traduira par une variation apparente du temps de propagation de groupe.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

If required, the measurement may be repeated at other frequencies within the intermediate-frequency pass-band of the equipment.

6.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should preferably be presented as shown in Figure 7, page 28.

When the results of the measurements are not presented graphically, they should be given as in the following example:

> The variation of output level relative to that corresponding to nominal input level does not exceed +0.5 dB and −1.5 dB for input levels within the range +10 dB to −50 dB relative to the nominal value.

6.4 *Details to be specified*

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

a) nominal input level;
b) the range of input levels;
c) permitted limits of output level variation.

7. Dynamic automatic gain control (a.g.c.) characteristic

The method of measurement is under consideration.

8. Group-delay/frequency characteristic

8.1 *Definition and general considerations*

For a linear network, the transfer function is written as:

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \tag{8.1}$$

where $A(\omega)$ is related to its "amplitude/frequency characteristic" and $B(\omega)$ is related to its "phase/frequency characteristic" (considered positive if the output signal lags 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:

$$\tau(\omega) = \frac{d\,B(\omega)}{d\,\omega} \tag{8.2}$$

and is expressed in seconds.

It is usual to measure group-delay variation, which is the difference between the group-delay as stated above and the group-delay at a reference frequency.

The significance of the measurement, when made on linear equipment, is different from that made on equipment incorporating non-linear devices. When the equipment incorporates a limiter exhibiting amplitude modulation/phase modulation conversion effects, "coupled" or "indirect" distortion will be introduced: for example amplitude/frequency variation prior to such a limiter will result in an apparent change of group-delay.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Dans certains cas, les éléments sélectifs sont implantés dans le matériel de telle façon que l'on ne peut séparer les parties linéaires et non linéaires. Des techniques de mesure plus évoluées sont à l'étude pour ces cas.

8.2 *Méthode de mesure*

Les mesures peuvent être effectuées soit en utilisant une méthode « point par point », soit en utilisant une méthode à balayage de fréquence. Pour le dernier cas, un exemple de montage de mesure est indiqué à la figure 8, page 29.

8.2.1 *Considérations générales sur le matériel de mesure*

Les conditions suivantes doivent être remplies par le matériel de mesure:

a) L'indice et la fréquence de modulation (f_t) devront être choisis de façon que le spectre correspondant occupe une bande étroite dans laquelle les caractéristiques d'amplitude et de propagation de groupe du matériel à l'essai puissent être assimilées à des droites.

b) La modulation d'amplitude synchrone parasite engendrée par le modulateur de fréquence aura des effets négligeables, compte tenu de la conversion amplitude/phase et de la capacité de transmission du matériel en essai. Corrélativement, le démodulateur de fréquence ne devra pas être sensible à la modulation d'amplitude synchrone. Les démodulateurs du type « suiveur de fréquence » sont bien adaptés à cette exigence.

c) Le détecteur de phase sera insensible à la modulation d'amplitude du signal d'essai synchrone avec la fréquence de balayage. Un signal de référence de phase ne sera pas nécessaire.

d) Le modulateur et le démodulateur de fréquence de la figure 8 seront de la meilleure qualité qui puisse être obtenue. En particulier, le modulateur et le démodulateur seront conçus de sorte que le temps de propagation de groupe qui leur est propre soit constant.

Lorsque les conditions énumérées ci-dessus sont remplies, la tension de sortie (V) du détecteur de phase (figure 8) est liée au temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ du réseau à l'essai par:

$$V = k\mu\tau(\omega)$$

où k est une constante représentant la pente du détecteur de phase en V/rad, et $\mu = 2\pi f_t$.

Notes 1. — Le détecteur de phase (figure 8) peut être utilisé pour mesurer la variation de phase ($\mu\tau$) en plus des variations du temps de propagation de groupe (τ). Si l'on emploie une fréquence d'essai à 0,277778 MHz, la tension de sortie du détecteur de phase est la même pour une différence de phase de 1° que pour une variation de 10 ns du temps de propagation de groupe. D'autres valeurs peuvent être choisies pour la fréquence d'essai, à condition qu'elles satisfassent à la condition énoncée au point *a)* ci-dessus. Toutefois, des valeurs très basses de f_t (par exemple 10 kHz) devront être évitées afin que les mesures ne soient pas affectées par un niveau de bruit excessif.

2. — Dans les systèmes à grande capacité (par exemple à 1 800 voies ou plus), la mesure des caractéristiques de temps de propagation de groupe peut être fortement influencée par la conversion modulation d'amplitude/modulation de phase de réseaux non linéaires, tels que les amplificateurs à tubes à ondes progressives, les limiteurs, les convertisseurs de fréquence, etc. Dans ces cas, les caractéristiques du circuit qui est entouré (mais qui ne comprend pas les limiteurs) par les limiteurs du matériel à l'essai devront être déterminés par des mesures.

8.2.2 *Méthode de mesure*

Dans la méthode préférée, illustrée à la figure 8, un signal de balayage ayant une fréquence (f_s) et un signal d'essai en bande de base ayant une fréquence (f_t), supérieure à f_s, sont injectés à l'entrée ou aux entrées en bande de base d'un modulateur de fréquence de haute qualité. Ce

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

In some cases, the frequency-selective networks are an integral part of the equipment so that it is not possible to separate the linear and the non-linear parts. More sophisticated measuring techniques are under consideration for these cases.

8.2 *Method of measurement*

Measurements may be made using either point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in Figure 8, page 29.

8.2.1 *General considerations of the measuring equipment*

The following conditions should apply:

a) The modulation index and modulating frequency (f_t) should be chosen to ensure that the corresponding spectrum occupies a bandwidth within which the amplitude/frequency and group/delay characteristics of the network under test can be approximated by a straight line.

b) Synchronous amplitude modulation generated by the modulator should be negligible in relation to the amplitude to phase conversion effects, and to the transmission capacity of the system under test. The demodulator should be insensitive to synchronous amplitude modulation, and demodulators of the frequency-following type are well suited to this purpose.

c) The phase detector should be insensitive to amplitude modulation which is synchronous with the sweep frequency and should not require a reference phase input signal.

d) The modulator and the demodulator shown in Figure 8 should be of the highest quality. In particular, they should be designed for a constant group-delay response.

When the above conditions are fulfilled, the output voltage (V) from the phase detector (Figure 8) is related to the group-delay $\tau(\omega)$ of the network under test as follows:

$$V = k\mu\tau(\omega)$$

where k is a constant representing the phase-detector slope in V/rad and $\mu = 2\pi f_t$.

Notes 1. — The phase detector (Figure 8) may be used to measure the phase difference ($\mu\tau$) in addition to group-delay variation (τ). If a test frequency of 0.277778 MHz is used, the output voltage from the detector for a 1° phase difference will be the same as that for a group-delay variation of 10 ns. Other test frequencies satisfying condition of Item *a)* above are acceptable, for f_t, but not very low values (e.g. 10 kHz), in order to avoid the effects of excessive noise.

2. — In high capacity systems (e.g. 1 800 channels or more) the group-delay characteristics may be considerably influenced by the amplitude modulation/phase modulation conversion of non-linear networks, such as travelling-wave tube amplifiers, limiters, converters, etc. In these cases, the characteristics of the circuits bounded by (but not including) the limiters of the equipment under test should be determined by measurement.

8.2.2 *Measuring procedure*

In the preferred method shown in Figure 8, a sweep signal having a frequency (f_s) and a baseband test signal having a frequency (f_t) higher than f_s, are fed to the baseband input(s) of a high-quality modulator which generates a frequency-modulated i.f. signal at a high

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

modulateur produit un signal modulé en fréquences intermédiaires avec un grand indice par le signal de balayage et avec un indice faible par le signal d'essai en bande de base.

Le signal f.i. modulé est introduit dans le réseau à l'essai, puis démodulé par un démodulateur de haute qualité qui redonne le signal d'essai en bande de base (f_t). Lorsque la fréquence porteuse f.i. du modulateur de fréquence balaie toute la largeur de bande f.i., le signal d'essai en bande de base après démodulation subit des variations de phase et d'amplitude. Le signal sortant du détecteur de phase est proportionnel au temps de propagation de groupe en fréquences intermédiaires.

Une fois les mesures effectuées, il est possible de déterminer les composantes d'ondulation et/ou les composantes d'un développement en série de la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence.

Note. — La méthode de mesure de la variation du temps de propagation de groupe pour le cas des réseaux non linéaires est à l'étude.

8.3 *Présentation des résultats*

8.3.1 *Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence*

La caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence devra, de préférence, être présentée sous forme d'une reproduction du tracé de l'oscilloscope, la fréquence étant en abscisse. La présentation devra être similaire à celle de la figure 9, page 29.

Lorsque les résultats ne sont pas présentés graphiquement, l'énoncé doit en être formulé comme dans l'exemple suivant:

La variation totale du temps de propagation de groupe est de 2,5 ns
dans la bande de fréquences de 60 MHz à 80 MHz.

La fréquence (f_t) du signal d'essai ainsi que l'indice de modulation correspondant devront être rappelés.

8.3.2 *Composantes d'ondulation*

Quand on peut identifier facilement des composantes d'ondulation dans la caractéristique mesurée, elles devront être exprimées en nanosecondes crête à crête. La période de l'ondulation devra être indiquée.

8.3.3 *Composantes d'un développement en série*

Si un développement en série limité (habituellement à trois termes) peut être considéré comme représentant la caractéristique «temps de propagation de groupe/fréquence» autour de la fréquence porteuse avec une précision suffisante, les termes de ce développement peuvent alors être donnés pour représenter la caractéristique. Le terme du premier ordre de la série est appelé composante «linéaire», le terme du second ordre est appelé composante «parabolique».

Les coefficients de ces termes peuvent être calculés à partir de la caractéristique obtenue. Ils sont, d'habitude, exprimés en ns/MHz, ns/(MHz)^2, ns/(MHz)^3, etc.

8.4 *Détails à spécifier*

Lorsque cet essai sera exigé, les détails suivants devront être donnés dans le cahier des charges:

a) fréquence du signal d'essai (f_t);
b) limites de la bande à fréquences;
c) limites de variation du temps de propagation de groupe.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

modulation index by the sweep signal, and at a low modulation index by the baseband test signal.

The modulated i.f. signal is fed to the network under test and is then demodulated by a high-quality demodulator which recovers the baseband test signal (f_t). As the i.f. signal is swept over the i.f. bandwidth, the demodulated baseband test signal undergoes amplitude and phase variations. The signal from the phase detector is proportional to the i.f. group delay.

After the measurement has been made, the ripple components and/or the power-series components of the group-delay/i.f. characteristic can be determined.

Note. — The method of measuring the group-delay variation for non-linear networks is under consideration.

8.3 *Presentation of results*

8.3.1 *Group-delay/frequency characteristic*

The group-delay/frequency characteristic should be presented preferably as a reproduction of an oscilloscope display with frequency on the abscissa, as shown in Figure 9, page 29.

When the results are not presented graphically, they should be given as in the following example:

Total group-delay variation is 2.5 ns
in the frequency band 60 MHz to 80 MHz.

The modulating frequency (f_t) of the test oscillator and the corresponding modulation index should be given.

8.3.2 *Ripple components*

When ripple components are identifiable from the measured characteristic, their amplitude should be expressed in nanoseconds, peak-to-peak. The ripple frequencies should be stated.

8.3.3 *Power-series components*

If a limited series (generally three terms) is considered to represent with sufficient accuracy the group-delay/frequency characteristic about the carrier frequency, then the terms of the power-series expansion may be given to represent the displayed characteristic. The first-order term of the series is usually referred to as the "linear" component and the second-order term as the "parabolic" component.

The coefficients of these terms may be calculated from the displayed response and usually are expressed as ns/MHz, ns/$(MHz)^2$, ns/$(MHz)^3$, etc.

8.4 *Details to be specified*

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

a) test-signal frequency (f_t);
b) the i.f. band;
c) permitted group-delay variation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

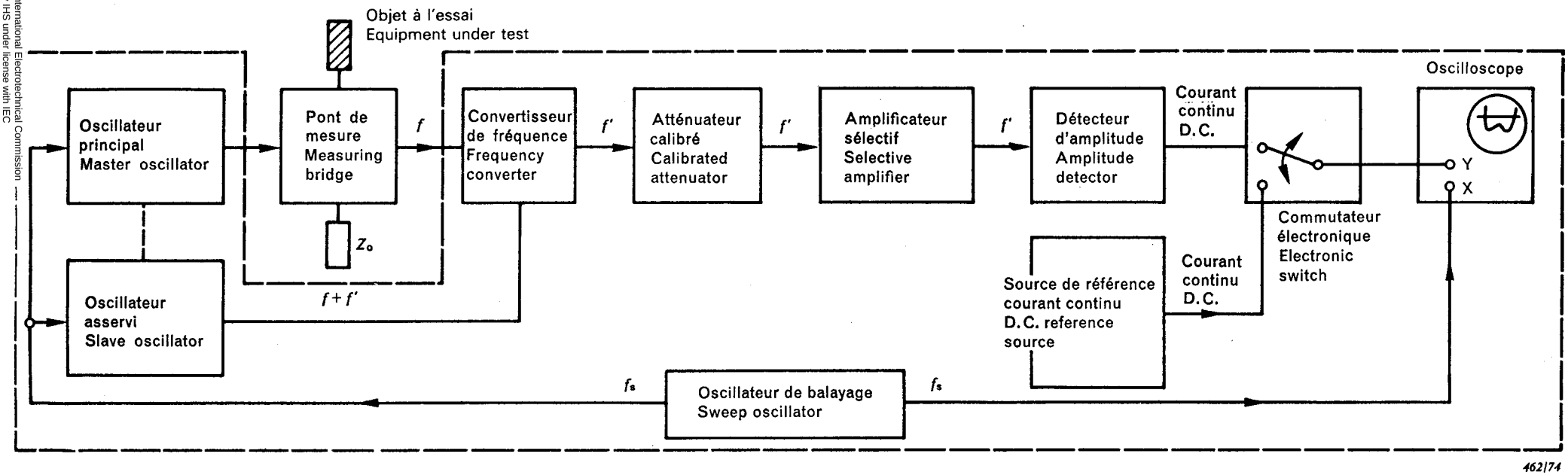

FIG. 1. — Montage pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Arrangement of equipment for measuring return loss.

$$\frac{V}{E} = \frac{1}{8}\left(\frac{Z-Z_0}{Z+Z_0}\right)$$

Notes 1. – Il faut que l'impédance d'entrée de l'instrument utilisé pour mesurer la tension de sortie du pont, V, soit égale à Z_0.

2. – Z_0 est ordinairement égale à 75 Ω.

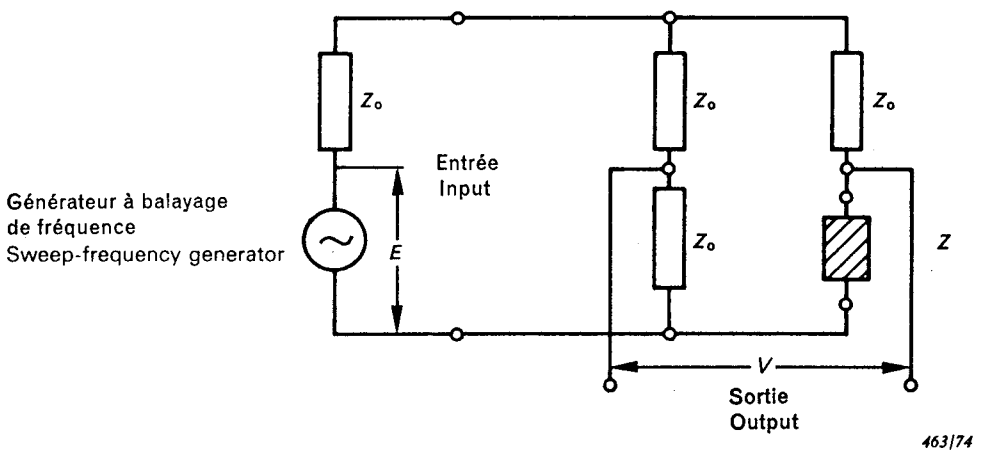

FIG. 2. — Réseau en pont pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Bridge network for measuring return loss.

$$\frac{V}{E} = \frac{1}{8}\left(\frac{Z-Z_0}{Z+Z_0}\right)$$

Notes 1. – The instrument used to measure the output voltage (V) must have an input impedance of Z_0.

2. – Z_0 is usually 75 Ω.

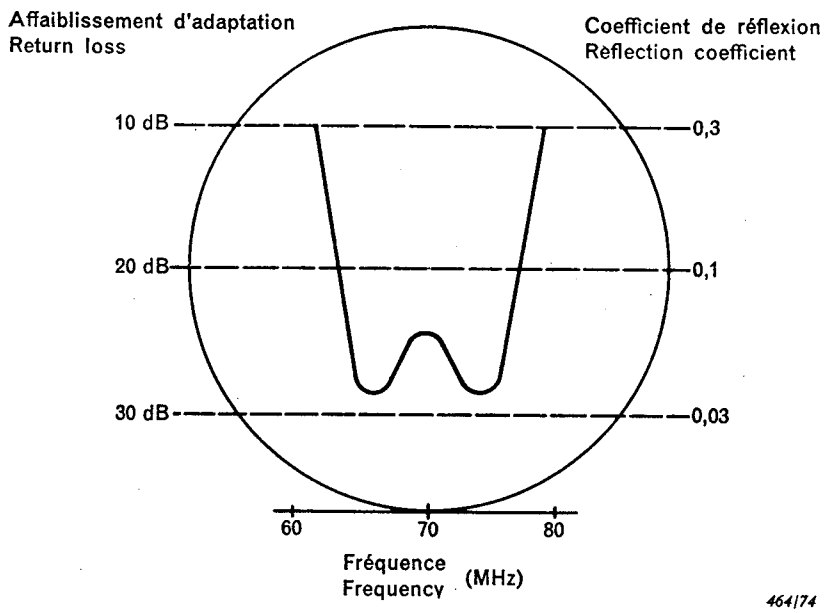

FIG. 3. — Exemple de tracé sur l'oscilloscope dans une mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Example of oscilloscope display of a return loss measurement.

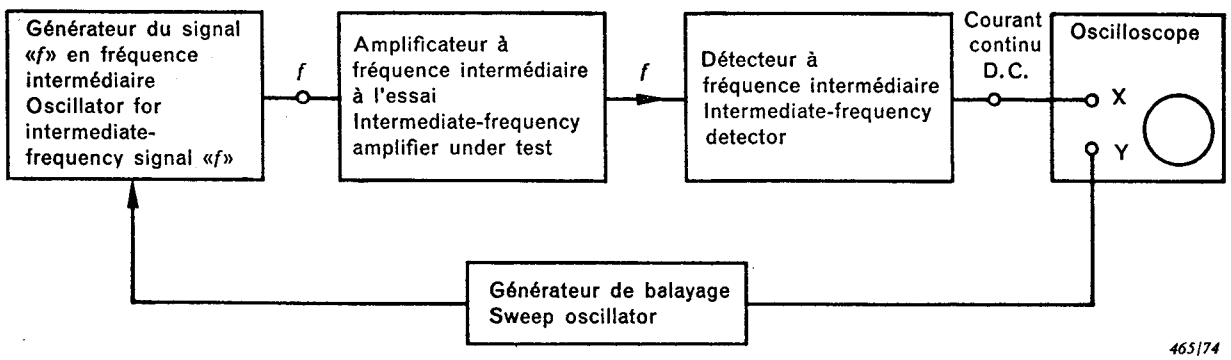

FIG. 4. — Montage pour la mesure de la caractéristique amplitude/fréquence.
Arrangement of equipment for measuring the amplitude/frequency characteristic.

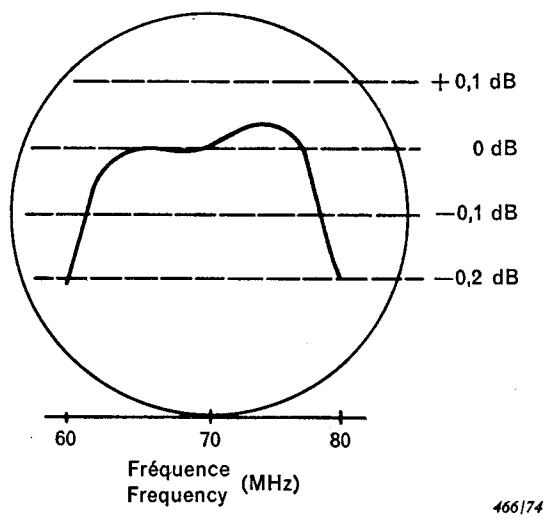

FIG. 5. — Exemple de tracé sur l'oscilloscope de la caractéristique amplitude/f.i.
Example of oscilloscope display of an amplitude/frequency characteristic.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

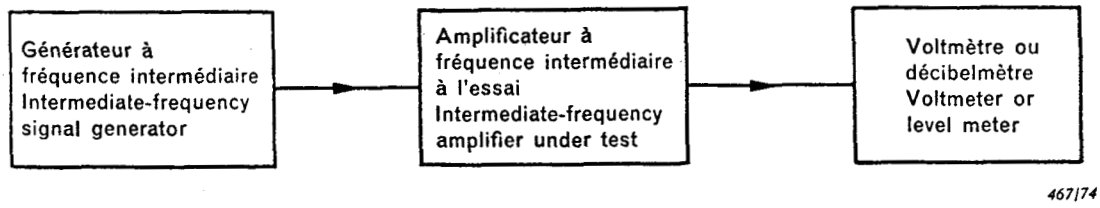

FIG. 6. — Montage pour la mesure de la caractéristique statique de la commande automatique de gain (c.a.g.).
Arrangement of test equipment for measuring the automatic gain control (a.g.c.) static characteristic.

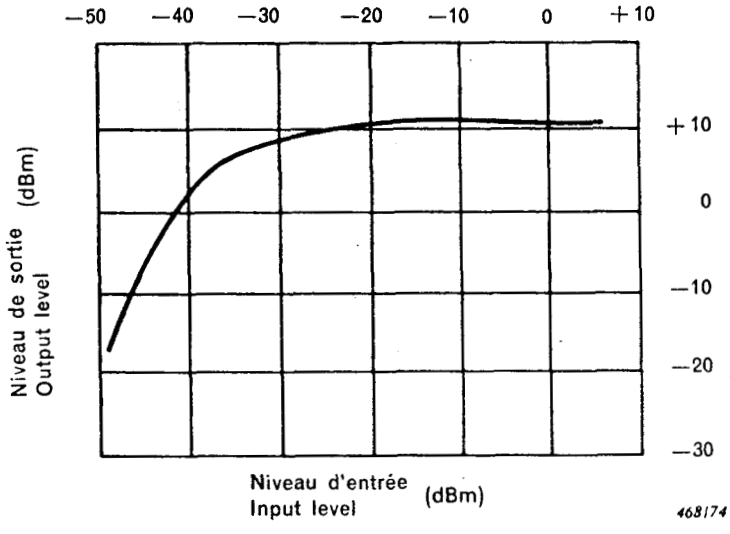

FIG. 7. — Exemple de graphique représentant la caractéristique statique de la c.a.g.
Example of graph showing an a.g.c. static characteristic.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

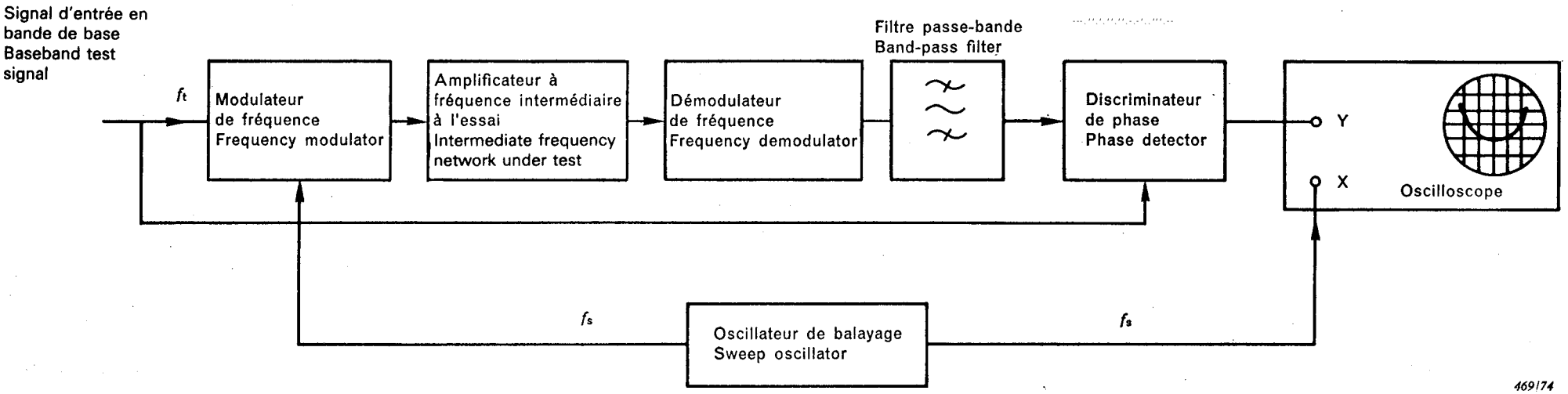

FIG. 8. — Montage de mesure de la variation du temps de propagation de groupe.
Arrangement of equipment for measuring group-delay.

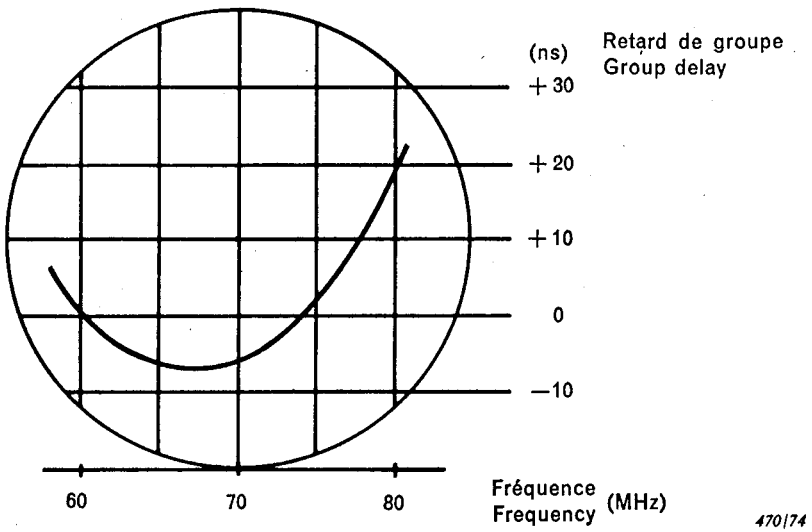

FIG. 9. — Exemple de tracé sur l'oscilloscope dans une mesure de la variation du temps de propagation de groupe.
Example of an oscilloscope display of a group-delay/frequency characteristic.

Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

--`,,,``,-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

ICS 33.060.30

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale