NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-1-2

Première édition
First edition
1984-01

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 deux – Mesures aux fréquences radioélectriques

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

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

Section Two – Measurements in the r.f. range



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60510-1-2: 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
60510-1-2

Première édition
First edition
1984-01

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 deux – Mesures aux fréquences radioélectriques

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

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

Section Two – Measurements in the r.f. range

© IEC 1984 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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE T

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

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Introduction 6
3. Fréquence 8
4. Mesures d'impédance (ou d'admittance) 10
5. Niveau et gain 16
6. Caractéristique amplitude/fréquence 24
7. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence 26
8. Taux d'intermodulation en multiporteuse 30
9. Facteur de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase 32
10. Signaux parasites (y compris les harmoniques) 36

FIGURES 40

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

CONTENTS

FOREWORD 5

PREFACE 5

Clause

1. Scope 7
2. Introduction 7
3. Frequency 9
4. Impedance (or admittance) measurements 11
5. Level and gain 17
6. Amplitude/frequency characteristic 25
7. Group-delay/frequency characteristic 27
8. Multi-carrier intermodulation ratio 31
9. Amplitude modulation/phase modulation conversion factor 33
10. Spurious signals (including harmonics) 37

FIGURES 40

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 deux: Mesures aux fréquences radioélectriques

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

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

PRÉFACE

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

Le texte de cette norme est issu des documents mentionnés ci-après:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
12E(BC)18 12E(BC)88	12E(BC)32 12E(BC)95	12E(BC)39	12E(BC)65

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants indiqués dans le tableau ci-dessus.

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 Two: Measurements in the r.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.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
12E(CO)18 12E(CO)88	12E(CO)32 12E(CO)95	12E(CO)39	12E(CO)65

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

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 DEUX — MESURES AUX FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES

1. Domaine d'application

Cette section traite des mesures normalement effectuées dans la bande des fréquences radioélectriques pour des équipements d'émission et de réception utilisés dans les stations terriennes pour des télécommunications à travers des satellites en orbite. Elle s'applique à la fois aux sous-ensembles et aux combinaisons de sous-ensembles.

2. Introduction

Il n'est pas possible de décrire entièrement les précautions à prendre pour que, dans tous les cas possibles couverts par les types de mesure indiqués ci-après, les résultats quantitatifs obtenus aient une précision suffisante, mais on attire l'attention sur les cas suivants d'intérêt général.

Il faut prendre garde à la présence possible, aux accès utilisés pour appliquer les signaux d'essai, de signaux parasites, y compris des harmoniques. Ces signaux indésirables risquent de perturber le fonctionnement de l'appareillage de mesure, de l'ensemble ou du sous-ensemble à l'essai. Il faut étudier la suppression des signaux indésirables aux accès de mesure car, même s'ils n'ont pas une amplitude suffisante pour perturber le dispositif de mesure, leur présence peut modifier les caractéristiques aux fréquences radioélectriques à mesurer, par exemple en raison de la chaleur qu'ils produisent.

Ni le montage mécanique des constituants, y compris les isolateurs et les circulateurs à ferrite, ni la position des blindages, ne doivent être modifiés, à moins d'être certain que les caractéristiques globales résultantes resteront suffisamment représentatives du fonctionnement de l'ensemble ou du sous-ensemble à l'essai.

Dans les méthodes de mesure qui suivent, il ne sera fourni aucune indication sur les exigences pour protéger le dispositif de mesure contre les brouillages éventuels aux fréquences radioélectriques. Lorsque les méthodes de mesure font appel à un balayage en fréquence, la bande passante du récepteur de mesure (amplificateur sélectif, détecteur d'amplitude et oscilloscope) sera de l'ordre de 50 à 100 fois la fréquence de récurrence du balayage, selon la forme d'onde du signal de balayage.

Il incombe aux personnes responsables des essais de prendre les dispositions nécessaires sur le montage de mesure pour maintenir les erreurs de mesure dans les limites admises.

Lors de la présentation des résultats de mesure exposés dans les articles ci-après, il est conseillé de fournir un schéma du montage réel d'essai — faisant apparaître les charges, isolateurs, filtres passe-bas et tout autre détail utile — et de donner le numéro du type

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 TWO — MEASUREMENTS IN THE R.F. RANGE

1. Scope

This section deals with measurements normally made at radio frequencies (r.f.), for transmitting and receiving equipment used in earth stations for communication through orbiting satellites. It applies both to sub-systems and to combinations of sub-systems.

2. Introduction

It is not possible to describe fully the precautions necessary to obtain quantitative results of acceptable accuracy for all possible cases which may be covered by the types of measurements given below but attention is drawn to the following cases of general interest.

The possible presence of spurious signals, including harmonics, at the ports where the test signals are applied should not be overlooked. These spurious signals could disturb the operation of the test equipment or the system or sub-system under test. Consideration should be given to the removal of undesired signals at the test ports because although their amplitudes may be insufficient to affect the test arrangement, their presence may modify the r.f. characteristics to be measured, for example by the generation of heat.

Changes to the mechanical mounting of sub-assemblies including ferrite isolators and circulators, or changes to the location of r.f. screens, should not be made unless it is certain that the ensuing overall performance will adequately represent the performance of the system or sub-system which is being simulated.

In the following methods of measurement, no reference will be made to the requirements for protecting the test arrangement against possible r.f. interference. When sweep-frequency measurements are made, the pass-band of the test receiver (the selective amplifier, amplitude detector and oscilloscope) should be of the order of 50 to 100 times the repetition rate of the frequency sweep, depending upon the waveform of the sweep signal.

It is the responsibility of those conducting the tests to arrange the test equipment as necessary in order to keep measurement errors within permissible limits.

When presenting the results of the measurements described in the following clauses, it is advisable to provide a diagram of the actual test arrangement employed—showing loads, isolators, low-pass filters and other details—and to list the type numbers of the

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

de chacun des appareils de mesure avec les puissances nominales des atténuateurs utilisés. La précision de mesure et les causes d'erreurs doivent être indiquées ainsi que toute autre indication qui serait nécessaire pour éviter toute ambiguïté dans l'interprétation des résultats.

3. Fréquence

3.1 *Définitions et considérations générales*

Dans les systèmes de télécommunications par satellite, plus d'une fréquence porteuse est souvent présente à la sortie de l'équipement à l'essai. La fréquence porteuse modulée par un signal d'information est par définition la fréquence dans le spectre du signal aux fréquences radioélectriques.

En l'absence d'un signal d'essai en bande de base, la raie du spectre correspondant à la fréquence porteuse peut ne pas être facilement identifiable avec un analyseur de spectre, par exemple quand elle est modulée par le signal de dispersion d'énergie qui a un grand indice de modulation. Dans de tels cas la fréquence porteuse peut être définie comme la moyenne des fois par seconde où le signal passe par zéro de façon positive ou négative, pourvu que l'intervalle moyen soit suffisamment long, par exemple 100 périodes de la plus basse fréquence de modulation.

Deux méthodes de mesure de la fréquence d'une porteuse aux fréquences radioélectriques sont recommandées. La première s'applique à une porteuse aux fréquences radioélectriques non modulée et la seconde s'applique à une porteuse modulée par un signal d'essai sinusoïdal en bande de base. La mesure de la fréquence d'une porteuse aux fréquences radioélectriques en présence d'un signal bande de base opérationnel, tel qu'une modulation de fréquence de téléphonie ou de télévision, ne sera pas prise en compte.

La fréquence porteuse peut être mesurée soit à l'accès de sortie aux fréquences radioélectriques de l'émetteur radio d'origine, soit après transmission à travers un nombre de sous-ensembles où différentes valeurs pourront être observées en fonction des erreurs de fréquence des oscillateurs locaux. La fréquence des oscillateurs locaux eux-mêmes peut être aussi mesurée par les méthodes décrites.

3.2 *Méthodes de mesure*

3.2.1 *Porteuse radiofréquence (r.f.) non modulée*

Le montage général de mesure de la fréquence d'une porteuse r.f. non modulée est représenté à la figure 1, page 40. Le filtre n'est nécessaire qu'en présence de signaux parasites, de même l'amplificateur et/ou l'atténuateur et le convertisseur de fréquence sont nécessaires seulement si le fréquencemètre ne couvre pas la gamme spécifiée des niveaux et/ou des fréquences.

Avant toute mesure, laisser le matériel à l'essai et l'appareillage de mesure atteindre leur stabilité thermique et mettre hors service tous les organes de dispersion d'énergie, s'il en est prévu.

Lire ensuite les indications du fréquencemètre numérique durant un intervalle de 1 s, par exemple; cet intervalle doit être choisi en fonction du temps d'intégration de l'appareil utilisé.

En variante, l'enregistreur représenté à la figure 1 peut être utilisé pour enregistrer les indications du fréquencemètre numérique sur un certain nombre de comptages. On peut

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

various instruments used and the power ratings of attenuators. The accuracy of measurement and the sources of error should be stated together with any other information which is necessary to avoid ambiguity in the interpretation of the results.

3. Frequency

3.1 *Definitions and general considerations*

In satellite communications systems more than one carrier frequency is often present at the output of the equipment under test. The carrier frequency is that frequency in the r.f. signal spectrum which is modulated by the information signal.

In the absence of a baseband test-signal, the spectrum line corresponding to the carrier frequency may not be easily identifiable on a spectrum analyzer when, for example, it is modulated by the dispersal signal which has a high modulation index. In such cases the carrier frequency may be defined as the average number of positive or negative-going zero-crossings per second provided that the averaging interval is sufficiently long, for example 100 cycles of the lowest modulating frequency.

Two methods of measuring the frequency of an r.f. carrier are recommended. The first applies to an unmodulated r.f. carrier and the second applies to a carrier modulated by a sinusoidal baseband test-signal. Measurement of the frequency of an r.f. carrier in the presence of operational baseband signals, such as f.d.m.-telephony or television, will not be considered.

The frequency of the carrier can be measured either at the r.f. output port of the originating radio transmitter or after transmission through a number of sub-systems, where different values will be observed depending upon the errors in the local oscillator frequencies. The frequency of the local oscillators themselves can also be measured by the methods to be described.

3.2 *Methods of measurement*

3.2.1 *Unmodulated r.f. carrier*

The general arrangement for measuring the frequency of an unmodulated r.f. carrier is shown in Figure 1, page 40. The filter is required only if spurious signals are present: the amplifier and/or attenuator and frequency transposer are required only if the frequency meter does not cover the specified range of levels and/or frequencies.

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, if any, should be rendered inoperative.

The digital frequency meter indications are then read during an interval, for example of 1 s; the interval will depend upon the integrating time of the instrument used.

Alternatively, the recorder shown in Figure 1 may be used to record the indications of the digital frequency meter for a number of counts. One hundred counts are sufficient

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

considérer qu'un nombre minimal de 100 comptages suffit en pratique, toutefois ce nombre varie suivant que le signal est ou non entaché de bruit et suivant que ce bruit module le signal ou se superpose à lui. Généralement, l'analyse d'une série statistique, dont on prend la moyenne sur plusieurs intervalles de mesure, permettra de s'assurer de la reproductibilité des résultats.

Notes 1. — La méthode ci-dessus peut être également employée quand la porteuse r.f. est modulée par un signal en bande de base, pourvu que le fréquencemètre numérique n'introduise pas d'erreurs dépendant de la fréquence du signal modulant et de la déviation de fréquence résultante. L'intervalle de comptage du fréquencemètre numérique doit dépasser 100 périodes de la fréquence de modulation.

2. — Dans les systèmes à multiporteuses, chaque porteuse devra être mesurée individuellement, les autres porteuses étant coupées ou rejetées au moyen d'un filtre approprié.

3.2.2 *Porteuse radiofréquence modulée*

La méthode de mesure est illustrée à la figure 2, page 40. Elle peut être employée pour déterminer si aucune variation de la fréquence porteuse n'apparaît quand la modulation est appliquée. Le signal de modulation à utiliser pour cet essai sera choisi de telle sorte que la raie du spectre correspondant à la fréquence porteuse puisse être identifiée avec la précision requise.

Le signal à mesurer (modulé ou non modulé) est appliqué à un analyseur de spectre qui a une résolution appropriée; seule la partie centrale utile du spectre doit être affichée. La fréquence de l'oscillateur de référence est alors ajustée, jusqu'à ce que son signal apparaisse sur l'écran et coïncide avec la fréquence porteuse du signal à mesurer. La fréquence de l'oscillateur de référence sera alors celle de la porteuse à mesurer et sa fréquence pourra être lue sur le fréquencemètre numérique.

Note. — Si cela est plus pratique, la mesure peut être faite à la fréquence intermédiaire.

3.2.3 *Présentation des résultats*

Quand la méthode de mesure directe (paragraphe 3.2.1) est utilisée, les lectures du fréquencemètre numérique peuvent être enregistrées manuellement ou automatiquement en fonction du temps. Le temps d'intégration du fréquencemètre numérique doit être indiqué.

La méthode de mesure indirecte (paragraphe 3.2.2) n'est pas appropriée pour l'enregistrement automatique des lectures, mais un enregistrement manuel peut être effectué en portant la fréquence radio en fonction du temps, du niveau de modulation, de la fréquence de modulation ou de toute autre variable appropriée.

3.2.4 *Détails à spécifier*

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

a) la ou les fréquences porteuses;

b) les tolérances;

c) le signal d'essai de modulation.

4. Mesures d'impédance (ou d'admittance)

4.1 *Définitions et considérations générales*

L'impédance (admittance) d'entrée ou de sortie des matériels utilisés dans les systèmes à satellites est, habituellement, exprimée soit au moyen de l'affaiblissement d'adaptation rapporté à la valeur nominale de l'impédance du matériel à l'essai, soit au moyen du rapport d'ondes stationnaires (r.o.s.).

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

for practical purposes but in any given instance the number will depend upon whether noise is present or not and 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.

Notes 1. — The above method may also be used when the r.f. carrier is modulated by a baseband signal, provided that the digital frequency meter does not introduce errors which depend upon the modulating signal frequency and the frequency deviation. The averaging interval of the digital frequency meter should exceed 100 cycles of the modulating frequency.

2. — In multi-carrier systems, each carrier should be measured individually with the other carriers either switched off or rejected by means of a suitable filter.

3.2.2 *Modulated r.f. carrier*

The method of measurement is illustrated in Figure 2, page 40 and can be employed to determine whether any significant change in carrier frequency occurs when modulation is applied. The modulation signal used for this test is chosen so that the spectral line corresponding to the carrier frequency can be identified with the required accuracy.

The signal to be measured (either modulated or unmodulated) is displayed on a spectrum analyzer which has appropriate resolution: only the central part of the spectrum need be displayed. The frequency of the reference oscillator is then adjusted until its signal appears on the display and coincides with the carrier frequency of the signal to be measured. The frequency of the reference oscillator will then be that of the carrier to be measured and its frequency may be read on the digital frequency meter.

Note. — The measurement may be made at intermediate frequency if more convenient.

3.2.3 *Presentation of results*

When the direct method of measurement (Sub-clause 3.2.1) is used, the readings of the digital frequency meter may be recorded manually or automatically as a function of time. The integrating time of the digital frequency meter should be stated.

The indirect method of measurement (Sub-clause 3.2.2) is not suitable for recording readings automatically, but a manual record may be made showing radio frequency as a function of time, modulation level, modulation frequency, or of any other appropriate variable.

3.2.4 *Details to be specified*

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

a) the carrier frequency or frequencies;

b) tolerances;

c) modulation test signal.

4. Impedance (or admittance) measurements

4.1 *Definition and general considerations*

The input and output impedance (admittance) of equipment used in satellite systems is usually expressed either in terms of return-loss relative to the nominal value of the impedance of the equipment under test or as the voltage standing-wave ratio (v.s.w.r.).

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

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z+Z_0}{Z-Z_0} \right| \text{ (dB)} \quad (4.1)$$

ou encore par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \quad (4.2)$$

où ρ est le coefficient de réflexion de l'impédance (Z) par rapport à Z_0 soit:

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

L'affaiblissement d'adaptation (L) est lié comme suit au rapport d'ondes stationnaires (r.o.s.):

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{\text{r.o.s.}+1}{\text{r.o.s.}-1} \right| \text{ (dB)} \quad (4.3)$$

4.2 *Méthodes de mesure*

Les méthodes de mesure ci-après conviennent pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation des dispositifs linéaires.

Des méthodes particulières, qui ne sont pas décrites ici, sont nécessaires dans le cas de dispositifs non linéaires ou lorsque la mesure s'effectue en présence de signaux autres que les signaux d'essai.

Ces mesures peuvent s'effectuer soit par la méthode avec balayage en fréquence soit par la méthode point par point.

La méthode de mesure point par point nécessite un grand nombre de mesures individuelles et demande beaucoup de temps. Avec l'une et l'autre méthodes, on peut adopter, soit des techniques employant des lignes fendues, soit des techniques réflectométriques. Avec les meilleures techniques de mesure, la précision obtenue sur le r.o.s. est de l'ordre de 0,01.

4.2.1 *Méthode point par point utilisant une ligne fendue*

Un montage type de mesure, pour la méthode utilisant une ligne fendue, est représenté à la figure 3, page 41. Le matériel à l'essai doit avoir un comportement linéaire au niveau du signal r.f. nécessaire pour le fonctionnement de l'indicateur de r.o.s.

Le générateur à fréquences radioélectriques est habituellement modulé en amplitude et un détecteur à diode accordable ou à large bande est monté dans la sonde mobile. L'indicateur de r.o.s. est habituellement un voltmètre sélectif accordé sur la fréquence de modulation, par exemple 1 kHz à 200 kHz; les mesures devront être effectuées sur toute la bande des fréquences radioélectriques concernées.

4.2.2 *Méthode avec balayage en fréquence utilisant une ligne fendue*

Un montage type de mesure pour la méthode avec balayage en fréquence utilisant une ligne fendue est représenté à la figure 4, page 41. Le générateur à balayage en fréquence est habituellement modulé en amplitude et la sonde mobile est munie d'un détecteur à diode large bande. L'amplificateur à fréquence acoustique comporte un détecteur en sortie et est accordé sur la fréquence de modulation. Le dispositif de mesure du r.o.s. peut être un oscilloscope, de préférence du type à mémoire, ou un enregistreur X–Y.

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

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z+Z_0}{Z-Z_0} \right| \text{ (dB)} \quad (4.1)$$

or alternatively by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \quad (4.2)$$

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

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

Return-loss (L) is related to voltage standing-wave ratio (v.s.w.r.) as follows:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{\text{v.s.w.r.}+1}{\text{v.s.w.r.}-1} \right| \text{ (dB)} \quad (4.3)$$

4.2 *Methods of measurement*

The following methods of measurement are valid for measuring the return loss of linear devices.

Special methods, which are not given here, are required for the measurement of non-linear devices or for measurement in the presence of extraneous signals.

Measurements may be made by using either sweep-frequency or point-by-point methods.

The point-by-point method requires a large number of individual measurements and is time-consuming. Slotted-line or reflectometer techniques may be used with either method. When measuring with the best equipment techniques, v.s.w.r. may be measured to within about 0.01.

4.2.1 *Slotted-line point-by-point method*

A typical test arrangement for the slotted-line method is shown in Figure 3, page 41. The equipment under test should behave linearly at the signal level necessary to operate the v.s.w.r. indicator.

The signal generator is usually amplitude modulated and the moving probe contains either a tunable or a wideband diode detector. The v.s.w.r. indicator is usually a selective voltmeter tuned to the modulation frequency, for example 1 kHz to 200 kHz and measurements should be made over the entire r.f. band of interest.

4.2.2 *Slotted-line sweep-frequency method*

A typical test arrangement for the slotted-line sweep-frequency method is shown in Figure 4, page 41. The sweep-frequency generator is usually amplitude modulated and the moving probe contains a wideband diode detector. The audio frequency amplifier has a detector at its output and is tuned to the modulation frequency. The v.s.w.r. indicator may be an oscilloscope, preferably of the storage type, or an X–Y plotter. The test arrangement is calibrated by using loads having known values of mismatch. The

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

Le montage de mesure est étalonné au moyen de charges présentant des valeurs de désadaptation connues. Le balayage horizontal de l'oscilloscope correspond au balayage en fréquence du générateur et la mesure est effectuée en déplaçant la sonde d'au moins une demi-longueur d'onde à la plus basse fréquence radioélectrique. Le balayage en fréquence doit couvrir la totalité des fréquences radioélectriques concernées.

A chaque fréquence radioélectrique (qui correspond à un point d'abscisse donné), le rapport entre les amplitudes maximale et minimale de l'enveloppe de la trace oscilloscopique, calculé au moyen des lignes obtenues au cours de l'étalonnage, représente le r.o.s. à cette fréquence.

4.2.3 *Méthode réflectométrique à balayage en fréquence*

Un montage type de mesure pour la méthode réflectométrique à balayage en fréquence est représenté à la figure 5, page 42. Un réseau directif à quatre accès fournit des fractions bien déterminées de la puissance incidente et de la puissance réfléchie. La mesure du module du coefficient de réflexion s'effectue, à chaque fréquence, à partir des fractions des puissances incidente et réfléchie.

Pour l'étalonnage du montage de mesure, le matériel à l'essai est remplacé par un court-circuit et l'affaiblisseur est réglé pour simuler un affaiblissement d'adaptation connu, par exemple un affaiblissement de 26 dB. Cette méthode d'étalonnage doit être utilisée de préférence à une méthode qui exigerait la connaissance de la loi du détecteur.

Si le niveau de l'onde incidente n'est pas constant, les lignes d'étalonnage seront enregistrées dans les conditions de réglage utilisées pour l'étalonnage.

Notes 1. — La quantité dont la directivité du coupleur directif dépasse l'affaiblissement d'adaptation à mesurer détermine la précision de la mesure; par exemple, pour une directivité de 40 dB, la précision que l'on peut atteindre dans la mesure d'un affaiblissement d'adaptation de 26 dB est limitée de −1,6 dB à +1,9 dB.

2. — Il est possible d'utiliser des réflectomètres mesurant l'amplitude et la phase du coefficient de réflexion afin de présenter les résultats sur un diagramme de Smith.

4.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure doivent être présentés sous la forme de courbes ou de photographies reproduisant la trace sur l'oscilloscope ainsi que les indications d'étalonnage, ou encore sous forme de copies de la bande d'enregistrement si un enregistreur X–Y est utilisé.

Si les résultats ne sont pas donnés sous forme graphique, ils doivent être formulés comme dans l'exemple suivant:

> «L'affaiblissement d'adaptation est supérieur à 26 dB dans toute la bande de fréquence entre 6,1 GHz et 6,2 GHz.»

Quelle que soit la présentation, elle devra comporter l'indication de l'erreur maximale.

4.4 *Détails à spécifier*

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

a) impédances nominales;

b) affaiblissement d'adaptation minimal exigé;

c) gamme de fréquences.

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

horizontal sweep of the oscilloscope corresponds to the frequency sweep of the generator and the measurement is made by moving the detector at least one-half wavelength at the lowest r.f. The frequency sweep should include the entire r.f. band of interest.

At any given radio frequency (which corresponds to a given point on the abscissa), the ratio between the maximum and minimum amplitudes of the displayed envelope, as given by the calibration lines, is the v.s.w.r. at that frequency.

4.2.3 *Sweep-frequency reflectometer method*

A typical test arrangement for the sweep-frequency reflectometer method is shown in Figure 5, page 42. Samples of both the incident and the reflected power are obtained using a four-port directional network. From these samples of incident and reflected power, the modulus of the reflection coefficient is measured at each frequency.

To calibrate the test equipment, the equipment under test is replaced by a short circuit and the attenuator is set to simulate a known return loss, for example 26 dB attenuation corresponds to 26 dB return loss. This method of calibration is preferable to one which requires a knowledge of the law of the detector.

If the level of the incident wave is not constant, the calibration lines should be recorded under the conditions of adjustment used for the calibration.

Notes 1. — The extent to which the directivity of the directional network exceeds the return loss to be measured determines the accuracy attainable; for example, 40 dB directivity enables a 26 dB return loss to be measured with an accuracy of −1.6 dB to +1.9 dB.

2. — Reflectometers enabling both amplitude and phase measurements to be made may be used to provide a Smith's Chart presentation.

4.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented in the form of curves or photographs of the oscilloscope display complete with the calibration, or as a copy of the plot from the X–Y recorder.

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

> "The return loss is greater than 26 dB over the frequency range 6.1 GHz to 6.2 GHz."

The maximum error in the results should be given in all cases.

4.4 *Details to be specified*

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

a) nominal impedances;

b) permitted minimum return loss;

c) frequency range.

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

5. Niveau et gain

5.1 *Définitions*

Pour les besoins de cette section, les définitions du niveau, du gain en puissance, du gain (ou de la perte) d'insertion et de l'isolement sont les suivantes:

5.1.1 *Niveau*

Aux fréquences radioélectriques utilisées dans les stations terriennes de télécommunication par satellite, le terme «niveau» se rapporte habituellement à une puissance. Le niveau d'entrée est défini comme la puissance délivrée à l'accès d'entrée du matériel à l'essai par un générateur ayant une impédance de sortie adaptée à la valeur nominale Z_0 de l'impédance d'accès.

Note. — Si le matériel en essai ne présente pas une charge adaptée au générateur, la puissance fournie par ce dernier ne sera pas maximale.

Le niveau de sortie est défini par la puissance fournie par le matériel en essai à une charge adaptée à l'impédance caractéristique nominale de la ligne de transmission à relier à l'accès de sortie du matériel.

5.1.2 *Gain en puissance*

Le gain en puissance d'un dispositif ou d'un sous-ensemble est défini comme le rapport du niveau de sortie au niveau d'entrée.

Si le matériel en essai n'est pas linéaire, préciser les conditions dans lesquelles on définit le gain en puissance. On parlera, par exemple, de gain en puissance à la saturation ou de gain en puissance à faible niveau. Si le gain en puissance, exprimé en décibels, est négatif, il est d'usage de changer son signe et de l'appeler alors affaiblissement.

Note. — Pour la définition du gain d'une antenne, se reporter à la deuxième partie, section deux de cette publication: Antenne, ensemble d'excitation hyperfréquence inclus.

5.1.3 *Gain d'insertion*

Le gain d'insertion d'un matériel ou d'un sous-ensemble est défini comme le rapport des puissances absorbées par une charge dans deux conditions:

- lorsque la charge est connectée directement à la source, soit P_1;
- lorsque la charge est connectée à la même source à travers le dispositif à l'essai, soit P_2.

Le gain d'insertion, exprimé en décibels, est alors:

$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \qquad (5.1)$$

Si le gain d'insertion, exprimé en décibels, est un nombre négatif, il est d'usage de changer son signe et de l'appeler «affaiblissement d'insertion».

5.1.4 *Isolement (entre deux accès d'un dispositif)*

L'isolement entre deux accès d'un dispositif est le rapport, exprimé en décibels, entre le niveau de l'onde incidente appliquée à l'un des accès et le niveau de l'onde indésirable qui apparaît, dans ces conditions, à l'autre accès, tous les accès étant chargés par leur 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

5. Level and gain

5.1 *Definitions*

For the purpose of this section, the definitions of level, power gain, insertion gain (or loss) and isolation are as follows:

5.1.1 *Level*

At the r.f. used for satellite earth stations, the term "level" usually refers to power. Input level is defined as the power delivered to the input port of the equipment under test by a generator having an output impedance which is matched to the nominal value of the port impedance Z_0.

Note. — If the equipment under test does not present a matched load to the generator, the power delivered will not be a maximum.

Output level is defined as the power delivered by the equipment under test to a load matched to the nominal transmission line characteristic impedance of the equipment output port.

5.1.2 *Power gain*

The power gain of an equipment or sub-system is defined as the ratio of the output level to the input level.

If the equipment under test is non-linear, the condition of the power gain is stated, as for example saturated power gain or small-signal power gain. If the power gain, expressed in decibels, is a negative number, it is usual to change the sign and to refer to the number as a loss.

Note. — For a definition of the power gain of an antenna, see Part 2, Section Two of this publication: Antenna (Including Feed Network).

5.1.3 *Insertion gain*

The insertion gain of an equipment or a sub-system is defined as the ratio of the power absorbed in an actual load under two conditions:

- when the load is connected directly to the actual source (P_1), and
- when the same load is connected to the same source via the device under test (P_2).

The insertion gain, expressed in decibels, is then:

$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \qquad (5.1)$$

If the insertion gain, expressed in decibels, is a negative number, it is usual to change the sign and to refer to the number as the "insertion loss".

5.1.4 *Isolation (between two ports of a device)*

The isolation between two ports of a device is the ratio, expressed in decibels, between the level of a wave incident at one port and the resulting level of that wave appearing spuriously at another port, when all ports are terminated by the 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

5.2 *Méthodes de mesure*

Les niveaux de puissance sont mesurés à l'aide de wattmètres ou, quelquefois, à l'aide de détecteurs à diode étalonnés et d'impédance égale à la valeur nominale. Souvent, la diode est insérée dans un montage conçu pour réaliser l'adaptation et pour avoir une réponse de fréquence uniforme sur une grande largeur de bande r.f. Ces détecteurs ne sont pas très sensibles et supposent l'absence de tout signal perturbateur de valeur non négligeable pour atteindre leur précision maximale.

L'impédance des têtes de mesure de puissance en hyperfréquence est, en pratique, proche de la valeur nominale et elles sont bien adaptées à la mesure de la puissance disponible à un accès du dispositif à l'essai. Les wattmètres peuvent être utilisés pour mesurer des puissances allant de niveaux inférieurs au microwatt jusqu'à plusieurs watts. Des atténuateurs de précision et/ou des coupleurs directifs étalonnés d'une puissance nominale appropriée peuvent être utilisés afin d'étendre la gamme de mesures si des grandes puissances sont rencontrées.

Quand une plus grande sensibilité est nécessaire, ou si des signaux parasites sont présents à l'accès de mesure, d'autres dispositifs, tels qu'un voltmètre sélectif ou un analyseur de spectre convenablement étalonné, pourront être utilisés.

Note. — Lorsque le signal à mesurer passe dans un guide d'ondes, il peut y avoir conversion de mode, c'est-à-dire qu'une partie de la puissance est transmise sur des modes autres que le mode fondamental. Dans ces cas, il faut utiliser des transformateurs de mode pour garantir que toute la puissance du signal r.f. a été mesurée. En général, cependant, il suffira de mesurer la puissance dans le mode fondamental (voir paragraphe 5.3).

5.2.1 *Niveau d'entrée*

Le niveau du signal d'essai d'entrée doit être obtenu sur une charge d'impédance nominale Z_0 et la sortie du générateur doit alors être raccordée à l'accès d'entrée du matériel à l'essai sans aucun réglage ultérieur du niveau. L'affaiblissement d'adaptation de la charge par rapport à l'impédance nominale Z_0 doit être supérieur à 30 dB.

Note. — La procédure ci-dessus peut n'être pas nécessaire si l'on utilise des générateurs modernes, habituellement étalonnés en force électromotrice ou en différence de potentiel aux bornes d'une charge adaptée.

5.2.2 *Niveau de sortie*

5.2.2.1 *Mesures à bas niveau*

Un récepteur sensible et sélectif, muni d'un appareil de mesure de niveau est raccordé, au moyen d'un atténuateur variable adapté, à l'accès où l'on veut faire la mesure. Pour s'assurer que le récepteur n'est pas saturé, réduire l'affaiblissement et vérifier que l'indication de l'appareil de mesure croît proportionnellement à la variation du signal d'entrée.

L'atténuateur est alors ajusté pour obtenir une lecture convenable de l'appareil de mesure; noter la valeur lue.

Remplacer le matériel à l'essai par un générateur de puissance de sortie connue et accordé sur la même fréquence que le récepteur. Au moyen d'un atténuateur variable étalonné de précision, qui peut être externe ou interne au générateur, régler le niveau pour lire la même valeur que celle notée précédemment. La puissance de sortie du générateur, corrigée pour tenir compte de l'affaiblissement dû à l'atténuateur, est alors égale à la puissance de sortie du matériel à l'essai.

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

5.2 *Methods of measurement*

Power levels are measured by means of a power meter or sometimes by means of a calibrated diode detector of nominal impedance. The diode is usually inserted into a mounting designed to accomplish matching and to have a uniform frequency response over a large r.f. bandwidth. These detectors are not very sensitive and require the absence of any significant interfering signal to achieve maximum accuracy.

The actual impedance of r.f. power-meter heads is close to their nominal impedance and they are well suited to the measurement of available power at a port under test. Power meters may be used to measure powers from less than one microwatt to several watts. Precision attenuators and/or calibrated directional couplers of appropriate power rating may be used to extend the range if higher powers are encountered.

When higher sensitivity is required, or if spurious signals are present at the measuring port, other means such as a selective level meter or a suitably calibrated spectrum analyzer may be used.

Note. — When the signal to be measured traverses a waveguide, mode-conversion may occur, i.e. part of the power is transferred to modes other than fundamental mode. In such cases, mode-transducers are required to ensure that the total power of the r.f. signal has been measured. In general, however, the power received in the fundamental mode is sufficient (see Sub-clause 5.3).

5.2.1 *Input level*

The level of the input test signal should be established across a termination having a nominal impedance Z_0 and the output of the signal generator should then be transferred to the input port of the equipment under test without further adjustment of level. The return loss of the termination relative to the nominal impedance Z_0 should exceed 30 dB.

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

5.2.2 *Output level*

5.2.2.1 *Low-level measurements*

A sensitive and selective receiver having a carrier level meter is connected via a matched variable attenuator to the port to be measured. To ensure that the receiver is not saturated, note that as the attenuator is reduced, the meter reading increases fairly regularly with the change of signal input level.

The attenuator is then adjusted to obtain a convenient meter reading which is then recorded.

The equipment under test is replaced by a signal generator of known output power which is tuned to the same frequency as the receiver. A precision variable attenuator, which may be internal or external to the generator, is adjusted to obtain the same meter reading as previously recorded. The power output of the signal generator, taking into account the loss in the attenuator, will then equal the power output at the port under test.

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

5.2.2.2 *Mesures à haut niveau*

Raccorder un coupleur directif étalonné entre l'accès du dispositif à l'essai et la charge. Si nécessaire, des atténuateurs étalonnés et des filtres appropriés (pour éliminer les signaux parasites, les harmoniques ou encore des porteuses non désirées) peuvent être insérés à la sortie du coupleur directif, avant l'appareil de mesure.

La lecture obtenue doit être corrigée pour tenir compte de l'affaiblissement d'insertion global dû au coupleur directif et aux atténuateurs éventuels.

5.2.3 *Mesures de gain, d'affaiblissement et d'isolement*

Le gain, l'affaiblissement et l'isolement peuvent être mesurés au moyen d'un appareil de mesure de niveau approprié, soit en utilisant l'étalonnage interne de l'appareil, soit au moyen des méthodes de substitution décrites aux paragraphes 5.2.4 et 5.2.5.

Pour mesurer l'isolement, appliquer un signal à l'accès approprié et mesurer le niveau du signal qui apparaît à l'autre accès. Pour cette mesure, tous les autres accès seront chargés par leur impédance nominale. Le niveau des signaux indésirables éventuels doit être négligeable.

5.2.4 *Mesure utilisant la méthode de substitution r.f.*

Un montage type de mesure est représenté à la figure 6, page 43. La figure concerne le cas particulier où l'on utilise un générateur à balayage en fréquence modulable en amplitude et une charge, tous deux adaptés à l'impédance nominale de la ligne de transmission, pour mesurer le gain d'insertion en fonction de la fréquence.

Le dispositif de lecture peut être soit un enregistreur X–Y, soit un oscilloscope double traces représenté en pointillé sur la figure.

La tension de balayage est appliquée à l'amplificateur horizontal du dispositif de lecture. Quand un enregistreur X–Y est utilisé, la vitesse de balayage doit être compatible avec la vitesse de déplacement de l'équipage mobile. Le signal r.f. à la sortie du générateur est modulé en amplitude par un signal à fréquence acoustique, par exemple 1 kHz; dans le même temps sa fréquence varie en balayant la gamme de fréquences spécifiée.

La sortie du détecteur r.f. est le signal basse fréquence original. Ce signal est séparé, amplifié et détecté par l'amplificateur-détecteur logarithmique à fréquence acoustique. (Un amplificateur logarithmique permet des lectures commodes pour de grandes variations de l'affaiblissement d'insertion et sera donc utilisé de préférence.)

L'amplitude du signal basse fréquence est en relation directe avec celle du signal r.f. à l'entrée du détecteur r.f. et donc avec l'affaiblissement d'insertion. Il est appliqué à l'entrée verticale de l'enregistreur ou à l'une des entrées verticales de l'oscilloscope. Un détecteur supplémentaire peut être utilisé pour contrôler le niveau r.f. à l'entrée du matériel à l'essai. Ce détecteur peut être aussi utilisé pour assurer la régulation automatique du niveau de sortie du générateur à balayage en fréquence et pour vérifier que le signal appliqué à l'entrée du matériel à l'essai reste constant avec la fréquence, au moyen de la seconde entrée verticale de l'oscilloscope.

Note. — L'enregistreur X–Y peut aussi être utilisé pour vérifier que le niveau à l'entrée du matériel à l'essai est constant avec la fréquence en raccordant l'entrée de l'amplificateur détecteur à la sortie du détecteur de contrôle.

Avant toute mesure, l'appareillage d'essai sera étalonné en raccordant directement le coupleur directif de sortie au coupleur d'entrée comme indiqué par les points A et B à

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

5.2.2.2 *High-level measurements*

A calibrated directional-coupler is connected between the port under test and the load. If necessary, calibrated attenuators and suitable filters (to remove spurious, harmonic or other unwanted carriers) are connected to the measuring arm of the directional-coupler in front of the power-meter.

The reading obtained should be corrected to take into account the overall insertion loss of the directional-coupler and of any attenuators used.

5.2.3 *Gain, attenuation and isolation measurements*

Gain, attenuation and isolation can all be measured by means of a suitable level meter, either by accepting its calibration directly, or by using the substitution methods described in Sub-clauses 5.2.4 and 5.2.5.

Isolation is measured by applying a signal to the appropriate port and then measuring the resulting signal level at a second port. Measurements should be made when all other ports terminated with their nominal impedances. The level of any unwanted signals should be negligible.

5.2.4 *Measurement using the r.f. substitution method*

A typical measuring arrangement is shown in Figure 6, page 43. The figure refers to the particular case where a sweep-frequency generator which can be amplitude modulated and a load, both matched to the nominal impedance of the transmission line, are used to measure loss as a function of frequency.

The display device may be either an X–Y recorder or a dual-trace oscilloscope as shown by dotted lines in the figure.

The sweep-voltage is fed to the X-amplifier of the display device. When an X–Y recorder is used, the sweep-rate should be compatible with its slewing-rate. The r.f. signal at the output of the generator is amplitude-modulated by an audio-frequency signal, for example 1 kHz, and is simultaneously swept over the specified frequency range.

The output of the r.f. detector is the original low-frequency signal. This signal is separated, amplified and detected by the low-frequency amplifier detector. (A logarithmic amplifier is preferred for convenience in displaying large insertion-loss variations.)

The amplitude of the low-frequency signal is related to that of the r.f. signal at the r.f. detector input and therefore can be related to the insertion loss: it is fed to the Y-amplifier of the recorder or to one of the Y-inputs of the oscilloscope. An additional detector may be used to monitor any variation of the r.f. input level fed to the equipment under test. Alternatively, this detector may be used to control automatically the output level of the r.f. generator and to verify that the signal applied to the equipment under test remains constant by using the second Y-input of the oscilloscope.

Note. — The X–Y recorder may also be used to verify that the input level to the equipment under test remains constant by connecting the input of the amplifier-detector to the output of the monitoring detector.

Before making any measurements, the test equipment should be calibrated by connecting the output coupler directly to the input coupler as shown by points A and B

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

la figure 6, page 43. L'atténuateur variable de précision est réglé à diverses valeurs en vue d'établir un étalonnage de niveau, par exemple 0,1 dB, 0,2 dB, 0,3 dB, 1 dB, 2 dB, etc.

Le générateur à balayage en fréquence est réglé pour fournir des fréquences fixes connues et l'atténuateur variable de précision est manœuvré de façon à obtenir un étalonnage de niveau à ces fréquences.

Le matériel à l'essai est raccordé entre les points A et B du montage d'essai comme indiqué à la figure 6. L'atténuateur est réglé à la plus basse valeur utilisée lors de l'étalonnage.

L'affaiblissement d'insertion du matériel à l'essai est alors relevé en fonction de la fréquence.

Cette méthode de mesure peut être utilisée pour des affaiblissements atteignant 40 dB environ, pourvu que le coupleur de sortie soit remplacé par un isolateur afin de diriger toute la puissance de sortie vers l'atténuateur variable de précision et le détecteur.

5.2.5 *Mesure utilisant la méthode de substitution en fréquence intermédiaire (f.i.)*

Il existe sur le marché des systèmes complets de mesure du gain ou de l'affaiblissement d'insertion ou de l'affaiblissement d'adaptation (module et argument) qui utilisent la technique du balayage en fréquence. Ces appareils convertissent les deux signaux (signaux d'entrée et de sortie pour l'affaiblissement d'insertion et signaux incidents et réfléchis pour l'affaiblissement d'adaptation) à une fréquence intermédiaire basse, par exemple 20 MHz, en utilisant des mélangeurs linéaires sur une grande dynamique de niveaux, par exemple 70 dB. Ces mélangeurs ont une réponse pratiquement uniforme sur la gamme de fréquences allant d'environ 10 MHz à 12 GHz.

En utilisant un tel appareillage de mesure, il est possible de mesurer les affaiblissements avec une précision de 0,1 dB par 10 dB sur une large gamme et de mesurer des réponses en fréquence sur une large bande dans n'importe quelle plage de 3 dB avec une précision de 0,02 dB. Lorsqu'on utilise un tel appareil de mesure, il importe de suivre avec le plus grand soin les directives du constructeur afin d'atteindre la précision maximale qu'offre ce matériel.

Le résultat peut être affiché sous la forme d'une courbe de réponse amplitude/fréquence au moyen d'un appareil de mesure, d'un enregistreur X–Y ou d'un oscilloscope.

5.3 *Présentation des résultats*

Les valeurs de gain, d'affaiblissement ou de niveau à des fréquences spécifiées seront données en décibels ou en décibels par rapport à une puissance spécifiée, selon le cas approprié.

Si les lignes de transmission r.f. utilisées dans la mesure peuvent transmettre la puissance selon plusieurs modes de propagation, le mode ou les modes spécifiques auxquels s'appliquent les résultats devront être indiqués.

5.4 *Détails à spécifier*

Lorsque ces mesures sont exigées, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats:

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

in Figure 6, page 43. The precision variable attenuator is set to various values, as required to establish a calibration of level, for example 0.1 dB, 0.2 dB, 0.3 dB, 1.0 dB, 2 dB, etc.

The sweep-frequency generator is set to known fixed frequencies and the precision variable attenuator is operated to establish a calibration of level with frequency.

The equipment under test is connected between points A and B in the test arrangement shown in Figure 6, and the attenuator is set to the lowest value in the calibration procedure.

The insertion loss of the equipment under test is then plotted against frequency.

This method of measurement may be used for loss values up to about 40 dB, provided that the output coupler is replaced by an isolator to ensure that all the output power is directed to the variable precision attenuator and detector.

5.2.5 *Measurement using the intermediate frequency (i.f.) substitution method*

Commercial equipment is available to measure gain, insertion loss or return loss (modulus and angle) on a sweep-frequency basis. This equipment converts both signals (input signal and output signal for insertion loss and incident and reflected signals for return loss) to a low i.f., for example 20 MHz, using mixers which are linear over a wide dynamic range, for example 70 dB, and make the measurement by substitution techniques at the intermediate frequency. The mixers have a virtually uniform response over the frequency range of approximately 10 MHz to 12 GHz.

Using such measuring equipment, it is possible to determine absolute loss with an accuracy of 0.1 dB/10 dB over a wide range, and to measure wideband frequency responses within any 3 dB range with an accuracy of 0.02 dB. When using equipment of this type, the manufacturer's instructions should be followed precisely in order to realize the ultimate accuracy of the equipment.

The result may be displayed as gain (loss) against frequency by means of a meter, an X–Y recorder or an oscilloscope.

5.3 *Presentation of results*

The gain, loss or level at the specified frequencies should be given in decibels or decibels relative to a stated power, as required.

If the r.f. transmission lines used in the measurement are capable of supporting multiple modes, the specific mode or modes to which the results apply should be stated.

5.4 *Details to be specified*

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

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

a) niveaux;

b) gains et affaiblissements;

c) gammes de fréquences;

d) méthodes de mesure à utiliser (paragraphes 5.2.4 et 5.2.5).

6. Caractéristique amplitude/fréquence

6.1 *Définition et considérations générales*

La caractéristique amplitude/fréquence est donnée par la courbe représentant le rapport, exprimé en décibels, du niveau de sortie à un niveau de référence en fonction de la fréquence pour une valeur constante du niveau d'entrée. Le niveau de référence est généralement le niveau de sortie à la fréquence assignée. Les fréquences des signaux d'entrée et de sortie peuvent différer d'une quantité fixée.

Cette définition s'applique seulement aux réseaux linéaires ou quasi linéaires à l'exclusion des réseaux non linéaires.

6.2 *Méthode de mesure*

Il est préférable d'effectuer la mesure en utilisant la méthode de balayage en fréquence. En variante, on peut utiliser la méthode point par point, mais elle prend beaucoup de temps et des variations qui peuvent ne pas être détectées peuvent apparaître entre les points de fréquence choisis. Pour l'une ou l'autre méthode, les techniques de substitution à fréquence radioélectrique ou à fréquence intermédiaire, décrites précédemment, peuvent être utilisées.

Des convertisseurs de fréquence peuvent être utilisés pourvu que soit allouée une tolérance pour leurs propres erreurs. On appliquera des précautions similaires à celles décrites au paragraphe 7.2.1.

6.3 *Présentation des résultats*

Dans le cas de mesure par la méthode de balayage en fréquence, le résultat des mesures devra être présenté sous la forme d'une photographie de la trace de l'oscilloscope ou d'une copie du plan d'enregistrement de l'enregistreur X–Y.

Si les résultats ne peuvent pas être donnés sous forme graphique, ils seront imprimés comme dans l'exemple suivant:

> «La réponse en amplitude, rapportée à sa valeur à 6,2 GHz, reste comprise entre +0,2 dB et −0,1 dB de 6,0 GHz à 6,4 GHz.»

Les résultats de mesure point par point seront soit présentés sous forme de tableaux soit énoncés comme indiqué ci-dessus.

A partir de la caractéristique mesurée, si des composantes d'ondulation peuvent être aisément identifiées, indiquer leurs amplitudes (crête à crête en décibels) et leurs fréquences.

6.4 *Détails à spécifier*

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

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

a) levels;

b) gains and losses;

c) frequency ranges;

d) methods of measurement to be used (Sub-clauses 5.2.4 and 5.2.5).

6. Amplitude/frequency characteristic

6.1 *Definition and general considerations*

The amplitude/frequency characteristic is given by the curve representing the ratio, expressed in decibels, of the output level relative to a reference level as a function of frequency for a constant input level. The reference level is usually the output level at the assigned frequency. The frequencies of the input and output signals may differ by a fixed amount.

This definition applies only to linear or nearly linear networks: non-linear networks are specifically excluded.

6.2 *Method of measurement*

The measurement is preferably carried out using the sweep-frequency method. Alternatively, the point-by-point method may be used but it is time-consuming and variations may occur between chosen frequency points which may not be detected. For either method, the r.f. or i.f. substitution techniques described above may be used.

Frequency transposers can be used provided that allowance is made for their inherent errors. Precautions similar to those described in Sub-clause 7.2.1 apply.

6.3 *Presentation of results*

For sweep-frequency measurements, the result of the measurements should be presented as a photocopy of the display, or a copy of the plot from the X–Y recorder.

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

> "Amplitude/frequency characteristic relative to the amplitude at 6.2 GHz is within +0.2 dB to −0.1 dB from 6.0 GHz to 6.4 GHz."

Point-by-point measurements may be tabulated or presented as stated above.

When ripple components are easily identifiable from the measured characteristic, their amplitudes in decibels peak-to-peak and their frequencies should be stated.

6.4 *Details to be specified*

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

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

a) limites de la variation d'amplitude;

b) limites en fréquence;

c) fréquence de référence.

7. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence

7.1 *Définition et considérations générales*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (7.1)$$

où:

$A(\omega)$ représente la caractéristique amplitude/fréquence

$B(\omega)$ représente la caractéristique phase/fréquence (prise positive lorsque le signal de sortie est en retard sur le signal d'entrée)

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

$$\tau(\omega) = \frac{d\, B(\omega)}{d\, \omega} \qquad (7.2)$$

et il s'exprime en secondes.

La définition s'applique aux fréquences radioélectriques comme aux fréquences intermédiaires.

Généralement, on mesure la variation du temps de propagation de groupe, c'est à dire la différence entre le temps de propagation de groupe à la fréquence de mesure et le temps de propagation de groupe à une fréquence de référence.

7.2 *Méthode de mesure*

Il y a deux méthodes de mesure. La première utilise un signal r.f. modulé en fréquence dont la fréquence porteuse est balayée entre des limites spécifiées, et la seconde utilise un signal r.f. modulé en amplitude dont la porteuse est balayée en fréquence. Mais cette méthode ne peut pas être utilisée pour des réseaux fortement non linéaires.

7.2.1 *Méthode en modulation de fréquence*

On emploie un signal r.f. modulé en fréquence dont la fréquence porteuse est balayée entre des limites spécifiées. Ce signal est habituellement obtenu par transposition de fréquence à partir d'un signal f.i. similaire. En effet, la mesure est faite en fréquence intermédiaire comme indiqué à l'article 8 de la première partie, section trois de cette publication: Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires, mais elle nécessite des convertisseurs élévateur et abaisseur de fréquences linéaires et à large bande afin d'adapter le dispositif r.f. à l'essai à la gamme de fréquences du générateur et du récepteur f.i.

Il est nécessaire d'effectuer deux mesures, l'une avec l'appareillage de mesure connecté sur lui-même afin de déterminer son temps résiduel de propagation de groupe, l'autre en insérant le dispositif à l'essai afin d'obtenir le temps total de propagation de groupe. Le temps de propagation de groupe du dispositif à l'essai est obtenu en soustrayant du temps total le temps résiduel fourni par la première mesure.

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

a) permitted amplitude variation;

b) frequency limits;

c) reference frequency.

7. Group-delay/frequency characteristic

7.1 *Definition and general considerations*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \tag{7.1}$$

where:

$A(\omega)$ represents its amplitude/frequency characteristic

$B(\omega)$ represents its phase/frequency characteristic (considered positive if the output signal lags the input signal)

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

$$\tau(\omega) = \frac{d\, B(\omega)}{d\, \omega} \tag{7.2}$$

and is expressed in seconds.

The definition is the same for intermediate and radio-frequencies.

Usually, group delay variation, which is the difference between the group delay as stated and the group delay at a reference frequency, is measured.

7.2 *Methods of measurement*

There are two methods of measurement. The first uses a frequency-modulated r.f. signal which is swept in frequency between specified limits, and the second uses an amplitude-modulated r.f. signal which is swept in frequency but cannot be used for highly non-linear networks.

7.2.1 *F.M. method*

A frequency-modulated r.f. signal which is swept in frequency between specified limits is employed and this signal is usually derived by frequency transposition of a similar i.f. signal. In effect, the measurement is made at intermediate frequency as described in Clause 8 of Part 1, Section Three of this publication: Measurements in the I.F. Range, but it requires the use of wideband, linear up-converters and down-converters in order to adapt the r.f. equipment under test to the frequency range of the i.f. generator and the receiver.

It is necessary to make two measurements, one with the test equipment connected back-to-back to determine its residual group delay, and the other with the equipment under test inserted to obtain the total group delay. The group delay of the equipment under test is then found by subtracting the residual group delay from the total 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

Les impédances des accès r.f. des convertisseurs élévateur et abaisseur de fréquence doivent approcher de très près leurs valeurs nominales afin que les ondulations du temps de propagation de groupe, qui apparaissent lorsque les convertisseurs sont reliés par une ligne de transmission longue, soient de très faible amplitude. Sans cette précaution, la mesure serait entachée d'erreur puisque la longueur de ligne de transmission équivalente du dispositif à l'essai n'est pas insérée lors de l'étalonnage initial.

Les convertisseurs doivent avoir un fonctionnement linéaire entre leurs accès f.i. et r.f. De plus, un filtre passe-bande r.f. doit être placé à la sortie du convertisseur élévateur r.f. afin que seule la bande latérale supérieure ou inférieure soit appliquée au dispositif à l'essai. Ce filtre peut être supprimé si le dispositif à l'essai est lui-même un filtre passe-bande r.f.

7.2.2 *Méthode en modulation d'amplitude*

La méthode en modulation d'amplitude qui est indiquée à la figure 7, page 44, utilise un modulateur d'amplitude (par exemple une diode PIN) afin de moduler sinusoïdalement la sortie d'un générateur balayé en fréquence à une fréquence entre environ 100 kHz et 2 MHz. Avant d'appliquer la modulation, maintenir constant le niveau de sortie du générateur. La modulation est récupérée par un détecteur placé à la sortie du matériel à l'essai et est appliquée à un détecteur de phase où sa phase est comparée avec celle du signal modulant original.

La phase de la modulation apparaissant à la sortie du détecteur large bande devra être indépendante du niveau d'entrée r. f. du détecteur large bande. La sortie du détecteur de phase est proportionnelle à la variation du temps de propagation de groupe.

7.3 *Présentation des résultats*

La caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence sera, de préférence, une reproduction de l'image tracée sur l'écran de l'oscilloscope, avec la fréquence en abscisse. La présentation sera similaire à celle de la figure 9, page 29, de la première partie, section trois de la Publication 510-1-3 de la CEI.

Si les résultats ne sont pas fournis sous forme graphique, ils seront énoncés comme dans l'exemple suivant:

> «La variation totale du temps de propagation de groupe, dans la gamme de fréquences de 6,135 GHz à 6,155 GHz, est de 1,5 ns.»

A partir de la caractéristique mesurée, si des composantes d'ondulation peuvent aisément être identifiées, indiquer leurs amplitudes (en nanosecondes crête à crête) et leurs fréquences.

Si la caractéristique du temps de propagation de groupe/fréquence de l'un ou l'autre côté de la fréquence porteuse peut être représentée avec une précision suffisante par les termes d'une série limitée, alors les termes du développement en série peuvent être donnés à la place des caractéristiques de l'image tracée sur l'écran.

Les coefficients de ces termes peuvent être calculés à partir de la réponse mesurée et exprimés en ns/MHz, ns/(MHz)^2, ns/(MHz)^3, selon ce qui est approprié.

7.4 *Détails à spécifier*

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

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

The impedances of the r.f. ports of up-converters and down-converters should correspond closely with their nominal values in order to minimize group-delay ripple when the converters are interconnected by a long transmission line. Without this precaution, errors could arise since the equivalent transmission line length of the equipment under test is not used in the initial calibration.

The converters should operate in a linear mode between their i.f. and r.f. ports. In addition, an r.f. band-pass filter at the up-converter output r.f. port should be provided to ensure that only the upper or the lower side-band is applied to the equipment under test. This filter can be omitted if the equipment under test is itself an r.f. band-pass filter.

7.2.2 *A. M. method*

The a. m. method, which is shown in Figure 7, page 44, uses an amplitude modulator (for example a PIN diode) to modulate sinusoidally the output of an r.f. sweep-frequency generator at a frequency between about 100 kHz and 2 MHz. The output level of the generator should be held constant before modulation is applied. The modulation is recovered by a detector fed from the output side of the equipment under test and is applied to a phase detector where its phase is compared with that of the original modulating signal.

The phase of the modulation appearing at the output of the wideband-detector should be independant of the r.f. input level of the wideband-detector. The output of the phase detector is proportional to the group-delay variation.

7.3 *Presentation of results*

The group delay/frequency characteristic should be presented preferably as a reproduction of the oscilloscope display with frequency as the abscissa. The presentation should be similar to that in Figure 9, page 29, of Part 1, Section Three of IEC Publication 510-1-3.

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

> "Total group-delay variation is 1.5 ns within the frequency range 6.135 GHz to 6.155 GHz."

When ripple components are easily identifiable from the measured characteristic, their amplitudes (in nanoseconds peak-to-peak) and their frequencies should be stated.

If the group delay/frequency characteristic on either side of the carrier frequency can be represented with sufficient accuracy by the terms of a limited series, then the terms of the power-series expansion may be given instead of the displayed characteristic.

The coefficients of these terms may be calculated from the measured response and expressed in ns/MHz, ns/(MHz)^2, ns/(MHz)^3, as appropriate.

7.4 *Details to be specified*

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

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

a) bande de fréquences requise en r.f.;

b) fréquence de modulation (de mesure);

c) variation maximale admise du temps de propagation de groupe dans la bande r.f. requise;

d) méthode à utiliser (paragraphe 7.2.1 ou 7.2.2).

8. Taux d'intermodulation en multiporteuse

8.1 *Définition*

Quand deux ou plusieurs signaux de fréquence spécifiée traversent un circuit non linéaire pour donner un même niveau spécifié à l'accès de sortie, le rapport d'intermodulation multiporteuse pour chaque produit d'intermodulation est le rapport du niveau de ce produit au niveau de sortie habituel spécifié.

8.2 *Méthode de mesure*

Le dispositif de mesure utilisé est indiqué à la figure 8, page 44. Les signaux aux fréquences radioélectriques des générateurs de signaux calibrés 1 et 2 sont additionnés au moyen d'une jonction quatre portes H_1 et le signal résultant est appliqué à l'entrée du matériel à l'essai. Un coupleur directif d'atténuation connue, associé à un mesureur de puissance P, permet de contrôler le niveau de ce signal.

Les atténuateurs internes des générateurs 1 et 2 ne fournissent pas un découplage suffisant pour éviter une interaction entre les deux générateurs à travers la jonction, aussi il est nécessaire d'insérer des atténuateurs ou des isolateurs entre les accès de sortie des générateurs 1 et 2 et les accès d'entrée de la jonction H_1.

Le matériel à l'essai est chargé par une impédance adaptée et un deuxième coupleur directif prélève une fraction du signal à la sortie et l'applique à l'un des accès de la jonction H_2.

La jonction H_2 permet de coupler un analyseur de spectre à la sortie du coupleur et à la sortie du générateur de référence. Il est quelquefois nécessaire d'insérer un isolateur ou un atténuateur à l'entrée de l'analyseur de spectre.

Pour éviter des erreurs de mesure, l'analyseur de spectre doit avoir une dynamique et un rapport d'intermodulation adéquats.

Les mesures sont faites à différentes fréquences couvrant l'entière bande de fréquence intéressée. Le niveau de chacun des signaux appliqués au matériel à l'essai est ajusté pour atteindre le niveau de sortie spécifié, à moins que le gain de compression ne soit significatif (voir note 2 ci-après).

Le générateur de référence est utilisé pour déterminer les fréquences des produits d'intermodulation qui apparaissent sur l'analyseur de spectre. Si nécessaire, il peut aussi être utilisé pour la mesure des niveaux de ces produits d'intermodulation.

Notes 1. — Si le gain du matériel à l'essai n'est pas constant dans toute la bande spécifiée, la procédure de mesure indiquée ci-dessus nécessite des niveaux de signaux d'entrée inégaux. Si les niveaux de sortie des signaux appliqués sont inégaux, le plus bas est pris comme niveau de référence.

2. — Si le matériel à l'essai présente une compression de gain notable, il peut être plus avantageux de rapporter le niveau de chaque produit d'intermodulation au niveau de sortie obtenu pour un niveau d'entrée spécifié des signaux appliqués.

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

a) required r.f. bandwidth;

b) modulation (measuring) frequency;

c) permitted group-delay variation with the required r.f. bandwidth;

d) method to be used (Sub-clause 7.2.1 or 7.2.2).

8. Multi-carrier intermodulation ratio

8.1 *Definition*

When two or more signals of specified frequency traverse a non-linear network to produce a specified common level at the output port, the multi-carrier intermodulation ratio for each intermodulation product is the ratio of the level of that product to the specified common output level.

8.2 *Method of measurement*

The measuring arrangement used is shown in Figure 8, page 44. The r.f. signals from calibrated signal generators 1 and 2 are added by means of a four-port junction H_1 and the resulting signal is applied to the input of the equipment under test. A directional coupler of known attenuation, associated with a power meter P, allows the level of this signal to be checked.

The internal attenuators of the generators 1 and 2 do not provide sufficient decoupling to avoid interaction between the two generators through the junction, so it is necessary to insert attenuators or isolators between the output ports of generators 1 and 2 and the input ports of the junction H_1.

The equipment under test is loaded by a matched impedance and a second directional coupler samples a fraction of the signal at the output and applies it to one of the ports of the junction H_2.

Junction H_2 allows the spectrum analyzer to be coupled to the output of the coupler and to the output of the reference generator. It is sometimes necessary to insert an isolator or an attenuator at the input of the spectrum analyzer.

To avoid measurement errors, the spectrum analyzer needs to have an adequate dynamic range and an adequate intermodulation ratio.

The measurements are made at different frequencies covering the entire frequency band of interest. The level of each of the signals applied to the equipment under test is adjusted to achieve the specified output level, unless the gain compression is significant (see Note 2 below).

The reference generator is used to determine the frequencies of the intermodulation products displayed by the spectrum analyzer. If necessary, it can also be used for the measurement of the levels of these intermodulation products.

Notes 1. — If the gain of the equipment under test is not uniform over the specified frequency band, the measurement procedure outlined above requires the input signal levels to be unequal. If the output levels of the frequencies of the applied signals are unequal, the lowest is taken as the reference level.

2. — If the equipment under test exhibits marked gain compression, it may be more convenient to refer the level of each intermodulation product to the output level obtained for a specified common input level for the applied signal.

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

8.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure doivent être exprimés comme le rapport en décibels du niveau de chaque produit d'intermodulation au niveau des signaux d'essai à la sortie du matériel à l'essai.

Les résultats seront présentés par des photographies de l'écran de l'analyseur de spectre pour chaque niveau du signal d'essai et/ou par des dessins montrant le rapport d'intermodulation en décibels en fonction du niveau du signal d'essai de sortie pour chaque produit d'intermodulation pris individuellement.

8.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquences des signaux d'essais appliqués simultanément;

b) niveau de sortie ou gamme des niveaux de ces signaux d'essai;

c) produits d'intermodulation à mesurer;

d) valeurs maximales admissibles pour le rapport d'intermodulation.

9. Facteur de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase

9.1 *Définition*

Le facteur de conversion m.a./m.p. est défini comme la dérivée première du déphasage du signal de sortie en fonction du niveau du signal d'entrée pour une fréquence d'entrée donnée, et il est exprimé en degrés/dB.

9.2 *Méthodes de mesure*

Le facteur de conversion m.a./m.p. peut être mesuré soit par une méthode statique soit par une méthode dynamique.

9.2.1 *Méthode statique*

Le dispositif de mesure est indiqué à la figure 9, page 45, où un phasemètre approprié, par exemple analyseur de réseau ou un voltmètre vectoriel, est utilisé pour détecter le changement de phase du signal de sortie du matériel à l'essai résultant d'un changement du niveau du signal d'entrée, par exemple 1,0 dB.

Avant d'effectuer la mesure, l'erreur de déphasage due à un changement du niveau dans l'appareil de mesure lui-même (en particulier l'atténuateur d'essai et le phasemètre) devra être déterminée. Pour minimiser le déphasage dû à l'équipement de mesure, un atténuateur approprié, tel qu'une vanne tournante dans un guide d'ondes, devra être utilisé.

9.2.2 *Méthode dynamique*

Le dispositif de mesure qui est indiqué à la figure 10, page 45, est fondamentalement le dispositif utilisé pour la mesure de distorsion du gain différentiel en bande de base. Pour effectuer la mesure en r.f., il est nécessaire de disposer d'un ensemble comprenant un modulateur et un démodulateur de fréquence, un convertisseur élévateur et un convertisseur abaisseur. La conversion résiduelle m.a./m.p. de ces articles additionnels devra être négligeable en comparaison de la valeur à mesurer.

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

8.3 *Presentation of results*

The results of the measurement should be expressed as the ratio in decibels of the level of each intermodulation product to the level of either test signal at the output of the equipment under test.

The results should be presented either as photographs of the spectrum analyzer display for each test signal level and/or as graphs showing the intermodulation ratio in decibels as a function of the test-signal output level for each individual intermodulation product.

8.4 *Details to be specified*

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

a) frequencies of the simultaneously applied test signals;

b) output level or range of levels of these test signals;

c) intermodulation products to be measured;

d) permitted maximum values for the intermodulation ratio.

9. Amplitude modulation/phase modulation conversion factor

9.1 *Definition*

The a.m./p.m. conversion factor is defined as the first derivative of the phase shift of the output signal with respect to the input signal level for a given input frequency and is expressed in degrees/dB.

9.2 *Methods of measurement*

A.M./P.M. conversion may be measured by either a static or a dynamic method.

9.2.1 *Static method*

The measuring arrangement is shown in Figure 9, page 45, where a suitable phase-meter, such as a network analyzer or a vector voltmeter, is used to detect the change of phase of the output signal from the equipment under test resulting from a specified change of level of the input signal, for example 1.0 dB.

Before making the measurement, the phase-shift error due to a change of level in the measuring equipment itself (in particular the test attenuator and the phase-meter) should be determined. To minimize the phase-shift due to the measuring equipment, a suitable attenuator such as a waveguide rotary-vane type should be used.

9.2.2 *Dynamic method*

The measuring arrangement is shown in Figure 10, page 45, which is basically the arrangement used for measuring differential-gain distortion in the baseband. In order to make the measurement at r.f., a frequency-modulator and demodulator together with an up-converter and a down-converter are required. The residual a.m./p.m. conversion of these additional items should be negligible in comparison with the value to be measured.

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

Un circuit d'essai, ayant une caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence qui est connue avec précision, est alternativement inséré et retiré à l'entrée du dispositif à l'essai. La variation relative Δ de l'amplitude du signal de mesure démodulé est notée et le facteur de conversion m.a./m.p. k peut alors être obtenu à partir de l'équation suivante:

$$k = \frac{2\Delta(\omega)}{\tau'(\omega)\,(2\pi f_t)^2} \qquad (9.1)$$

où:

f_t est la fréquence d'essai, en bande de base

τ' est la dérivée première de la caractéristique du temps de propagation de groupe/fréquence du circuit d'essai, quand la fréquence est exprimée en radians par seconde

ω est la vitesse angulaire du signal r.f. appliqué

Le circuit d'essai aura habituellement une caractéristique de temps de propagation de groupe/fréquence parabolique; dans ce cas, τ' et Δ sont tous les deux proportionnels à la différence de fréquence rapportée à la fréquence centrale, et l'équation (1) peut être simplifiée à:

$$k = 10{,}5\,\frac{\Delta_1}{\tau_2 f_t^2} \qquad (9.2)$$

où:

Δ_1 est la pente de la courbe donnant la variation de Δ en fonction de la fréquence, exprimée en %/MHz

τ_2 est le coefficient du temps de propagation de groupe parabolique en ns/(MHz)^2

f_t est la fréquence d'essai en MHz

k est le facteur de conversion m.a./m.p en degrés/dB

Il faut noter que l'équation (9.2) est seulement valable pour des valeurs constantes de k. Un facteur de conversion m.a./m.p k positif correspond à la création d'une modulation de phase dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, par une modulation d'amplitude positive.

De ce qui précède, il est clair que l'erreur dépend de la précision de τ_2 et Δ_1, ce qui signifie que ces quantités ont besoin d'être déterminées avec une erreur négligeable. Si la fréquence d'essai f_t est trop basse, la sensibilité du dispositif de mesure sera mal adaptée; d'un autre côté si la fréquence est trop haute, il en résultera des erreurs substantielles. La fréquence d'essai optimale dépend de la largeur de bande à employer et des valeurs de f_t comprises entre 2,0 MHz et 3 MHz sont habituellement convenables.

9.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure seront imprimés en degrés par décibel et devront être présentés préférablement sous la forme d'un graphique donnant le facteur de conversion m.a./m.p. en fonction du niveau du signal d'entrée pour chaque fréquence spécifiée.

9.4 *Détails à spécifier*

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

a) méthode d'essai à utiliser (c'est-à-dire se reporter au paragraphe 9.2.1 ou 9.2.2);

b) niveau(x) et fréquences du signal d'entrée r.f.;

c) conversion maximale admissible m.a./m.p.

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

A test network having a group-delay/frequency characteristic which is known accurately is alternately inserted at and removed from the input of the equipment under test. The relative change Δ of the amplitude of the demodulated measuring signal is noted and the a.m./p.m. conversion factor k can then be obtained from the following equation:

$$k = \frac{2\Delta(\omega)}{\tau'(\omega)\,(2\pi f_t)^2} \qquad (9.1)$$

where:

f_t is the baseband test frequency

τ' is the first derivative of the group-delay/frequency characteristic of the test network, when the frequency is expressed in radians per second

ω is the angular velocity of the applied r.f. signal

The test network will usually have a parabolic group-delay/frequency characteristic, in which case τ' and Δ are both proportional to the frequency difference with respect to centre frequency, and equation (1) may be simplified to:

$$k = 10.5\,\frac{\Delta_1}{\tau_2 f_t^2} \qquad (9.2)$$

where:

Δ_1 is the slope of the curve giving the variation of Δ as a function of frequency, expressed in %/MHz

τ_2 is the parabolic group-delay coefficient in ns/(MHz)^2

f_t is the test frequency in MHz

k is the a.m./p.m. conversion factor in degrees/dB

It should be noted that equation (9.2) is only valid for constant values of k. A positive a.m./p.m. conversion factor k corresponds to counter-clockwise phase modulation originated by positive amplitude modulation.

From the above, it is apparent that the error depends upon the accuracy of τ_2 and Δ_1, which means that these quantities need to be determined with negligible error. If the test frequency f_t is too low, the sensitivity of the measuring arrangement will be inadequate; on the other hand, if the frequency is too high, substantial errors will result. The optimum test frequency depends upon the bandwidth to be explored and values of f_t between 2.0 MHz and 3.0 MHz are usually suitable.

9.3 *Presentation of results*

The results of the measurement are expressed in degrees per decibel and should be presented preferably in the form of a graph showing the a.m./p.m. conversion factor as a function of input signal level at each specified frequency.

9.4 *Details to be specified*

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

a) test method to be used (i.e. see Sub-clause 9.2.1 or 9.2.2);

b) input r.f. signal level(s) and frequencies;

c) permitted maximum a.m./p.m. conversion.

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

10. Signaux parasites (y compris les harmoniques)

10.1 *Définitions*

10.1.1 *Signaux parasites*

Les signaux parasites sont des signaux indésirables ne comprenant pas les produits d'intermodulation.

10.1.2 *Harmoniques*

Les harmoniques sont des signaux dont la fréquence est un multiple entier *n* de celle du signal utile.

10.2 *Méthode de mesure*

La méthode de mesure est différente selon que l'on désire mesurer les signaux parasites dans la bande ou hors bande.

10.2.1 *Signaux parasites dans la bande*

La figure 11, page 46, montre un montage de mesure approprié. Au lieu de l'analyseur de spectre, on peut utiliser un appareil de mesure de niveau sélectif.

Si le niveau de sortie du dispositif à l'essai est faible, par exemple inférieur à 0 dBm, un amplificateur approprié à faible bruit peut être utilisé afin d'amener la puissance de sortie à un niveau suffisant pour l'analyseur de spectre, mais il faudra prendre soin de ne pas dépasser le niveau à partir duquel les produits d'intermodulation créés dans l'analyseur lui-même ne sont plus négligeables.

L'analyseur de spectre doit avoir une dynamique de niveaux d'au moins 70 dB; il doit être contrôlé pour détecter tout défaut d'uniformité de sa caractéristique amplitude/fréquence, afin d'en tenir compte dans les résultats de mesure.

Dans les cas où la porteuse r.f. tend à surcharger l'analyseur de spectre, le dispositif de mesure de la figure 12, page 46, peut être utilisé.

10.2.2 *Signaux parasites hors bande*

Le dispositif de la figure 11 peut aussi être utilisé pour la mesure hors bande des signaux parasites.

S'il apparaît une surcharge de l'analyseur de spectre, on devra utiliser à la place le dispositif de la figure 12. La bande passante du filtre passe-bande devra être petite en comparaison de la bande passante nominale du matériel à l'essai.

Le filtre passe-bande est accordé sur la fréquence de sortie spécifiée et il doit réfléchir vers l'analyseur de spectre le signal à mesurer avec une atténuation négligeable. La précision est limitée par les caractéristiques du circulateur et par la caractéristique de réflexion de ce filtre.

Quand la fréquence d'un signal hors bande est si élevée que plusieurs modes de propagation peuvent exister dans la ligne d'alimentation r.f., la méthode de mesure pour les harmoniques décrite au paragraphe 10.2.3 peut être utilisée.

Les considérations du paragraphe 10.2.1 s'appliquent à l'exception que l'analyseur de spectre est calibré en connectant un court-circuit à l'accès A du circulateur. Des précautions devront être prises pour s'assurer qu'après avoir connecté le filtre passe-bande

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

10. Spurious signals (including harmonics)

10.1 *Definitions*

10.1.1 *Spurious signals*

Spurious signals are unwanted signals excluding intermodulation products.

10.1.2 *Harmonics*

Harmonics are signals having a frequency n times that of the wanted signal, where n is an integer.

10.2 *Method of measurement*

The method of measurement depends upon whether the spurious signals are in-band or out-of-band.

10.2.1 *In-band spurious signals*

A suitable measuring arrangement is shown in Figure 11, page 46, where a selective level meter may be used in place of the spectrum analyzer.

If the output level of the equipment under test is low, for example less than 0 dBm, a suitable low-noise amplifier may be used to increase the output to a level suitable for the spectrum analyzer, but care should be taken to avoid input signal levels which produce significant intermodulation products within the spectrum analyzer itself.

The dynamic range of the spectrum analyzer should be not less than 70 dB and account should be taken of any non-uniformity of the amplitude/frequency characteristic of the measuring equipment.

In cases where the r.f. carrier tends to overload the spectrum analyzer, the test arrangement shown in Figure 12, page 46, may be used.

10.2.2 *Out-of-band spurious signals*

The arrangement shown in Figure 11 may also be used for measuring out-of-band spurious signals.

If overloading of the spectrum analyzer occurs, the arrangement of Figure 12 should be used instead. The bandwidth of the band-pass filter should be small in relation to the nominal bandwidth of the equipment under test.

The band-pass filter is tuned to the specified output frequency and to reflect the signals to be measured towards the spectrum analyzer with a negligible loss. The accuracy is limited by the circulator characteristics and by the reflection characteristic of the filter.

When the frequency of an out-of-band signal is so high that several modes of propagation can exist in the r.f. feeder, the method of measurement described in Sub-clause 10.2.3 for harmonics should be used.

The considerations of Sub-clause 10.2.1 apply, except that the spectrum analyzer is calibrated by connecting a short circuit at port A of the circulator. Care should be taken to ensure that, after connecting the band-pass filter and the standard termination to

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

et la terminaison adaptée à l'accès A du circulateur, l'amplitude de la raie de la porteuse sur l'analyseur de spectre est suffisamment réduite, par exemple de 30 dB.

10.2.3 *Harmoniques*

On applique pour la mesure des harmoniques la figure 11, page 46, et les considérations du paragraphe 10.2.1. De plus, l'impédance d'entrée de l'analyseur de spectre ou du voltmètre sélectif aux fréquences harmoniques devra être nominalement la même que celle du matériel à l'essai. Si le circuit de sortie du matériel à l'essai est un guide d'ondes, un ou plusieurs transformateurs de modes appropriés seront nécessaires.

10.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure seront présentés de préférence sous la forme d'une photographie de l'image tracée sur l'écran de l'analyseur de spectre avec des échelles de calibration appropriées pour les déviations horizontales et verticales, ou bien à partir d'un enregistreur X–Y.

Si un voltmètre sélectif est utilisé, sa largeur de bande sera indiquée en même temps que la fréquence et le niveau.

10.4 *Détails à spécifier*

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

a) niveau et fréquence de la porteuse non modulée;

b) gamme des fréquences dans laquelle les signaux parasites doivent être mesurés;

c) niveaux maximaux admissibles des signaux parasites;

d) point auquel les mesures des harmoniques doivent être faites.

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

port A of the circulator, the carrier response shown in the spectrum analyzer is reduced sufficiently, for example by 30 dB.

10.2.3 *Harmonics*

For measuring harmonics, Figure 11, page 46, and the considerations of Sub-clause 10.2.1 apply. Furthermore, the input impedance of the spectrum analyzer or selective level meter at harmonic frequencies needs to be nominally the same as that of the equipment under test. If the output circuit of the equipment under test is a waveguide, one or more suitable mode transducers will be required.

10.3 *Presentation of results*

The results of the measurement should be presented preferably as a photograph of the display on the spectrum analyzer with appropriate vertical and horizontal calibrated scales or from an X–Y recorder.

If a selective level meter is used, its bandwidth together with the frequency and level of the spurious signals should be stated.

10.4 *Details to be specified*

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

a) level and frequency of the unmodulated carrier;

b) range of frequencies in which the spurious signals are to be measured;

c) permitted maximum spurious signal levels;

d) point at which harmonic measurements are to be made.

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

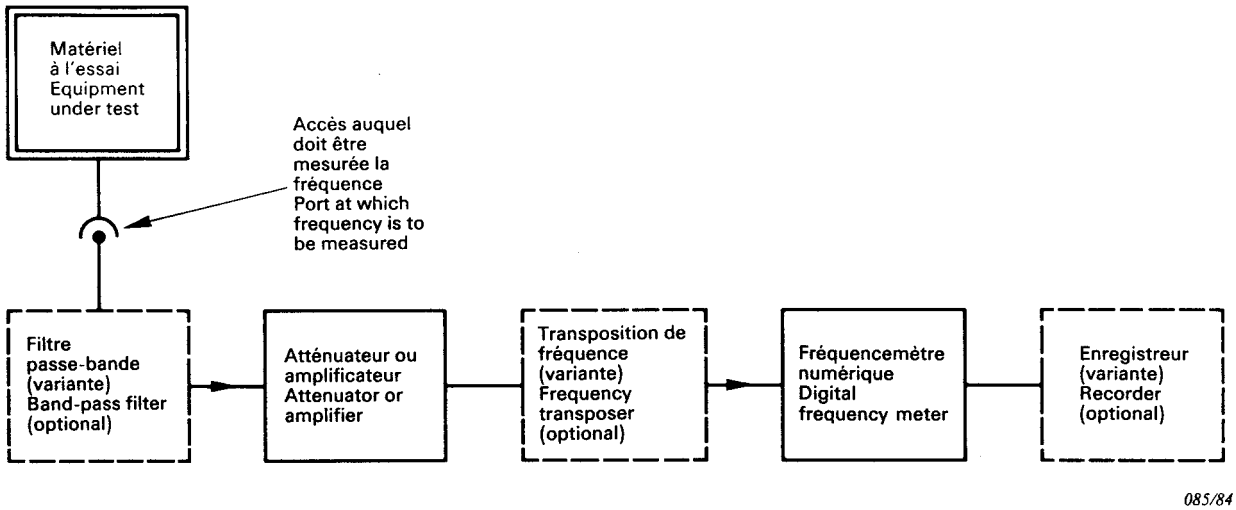
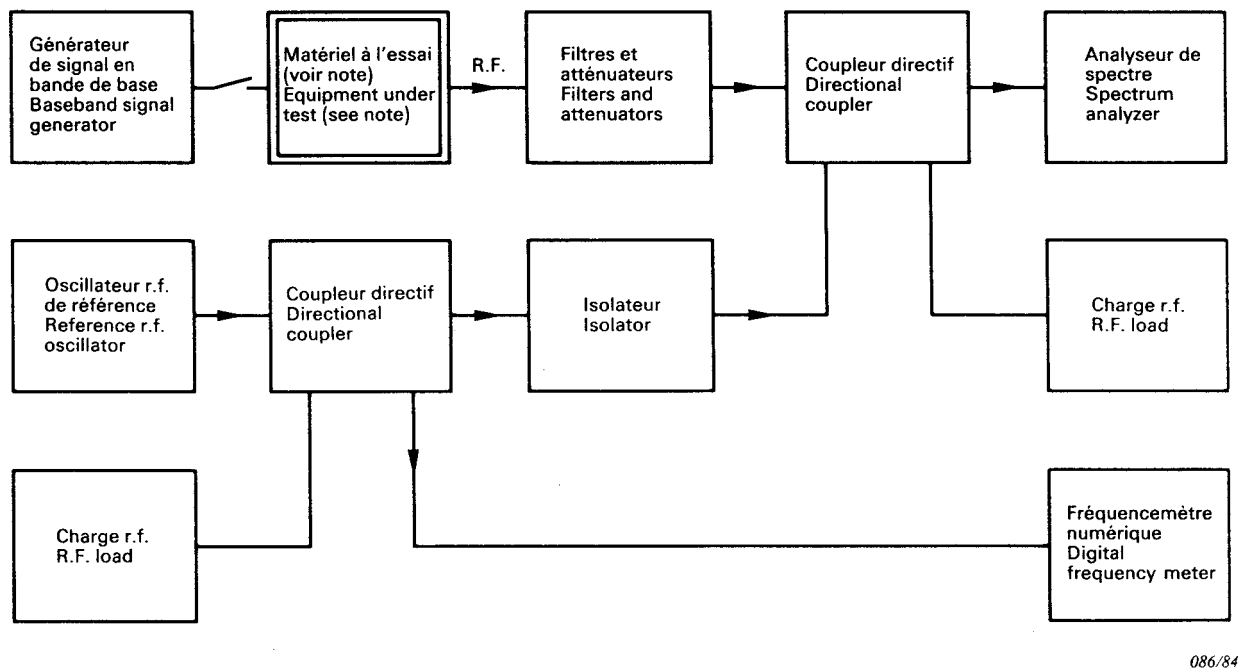


FIG. 1. — Montage de mesure de la fréquence d'une porteuse r.f. non modulée.
Arrangement for measuring the frequency of an unmodulated r.f. carrier.



Note. — Le matériel à l'essai peut être soit un modulateur f.i./convertisseur élévateur soit un émetteur directement modulé en r.f.
The equipment under test may be either an i.f. modulator/up-converter or a direct modulation r.f. transmitter.

FIG. 2. — Montage de mesure de la fréquence d'une porteuse r.f. modulée.
Arrangement for measuring the frequency of a modulated r.f. carrier.

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

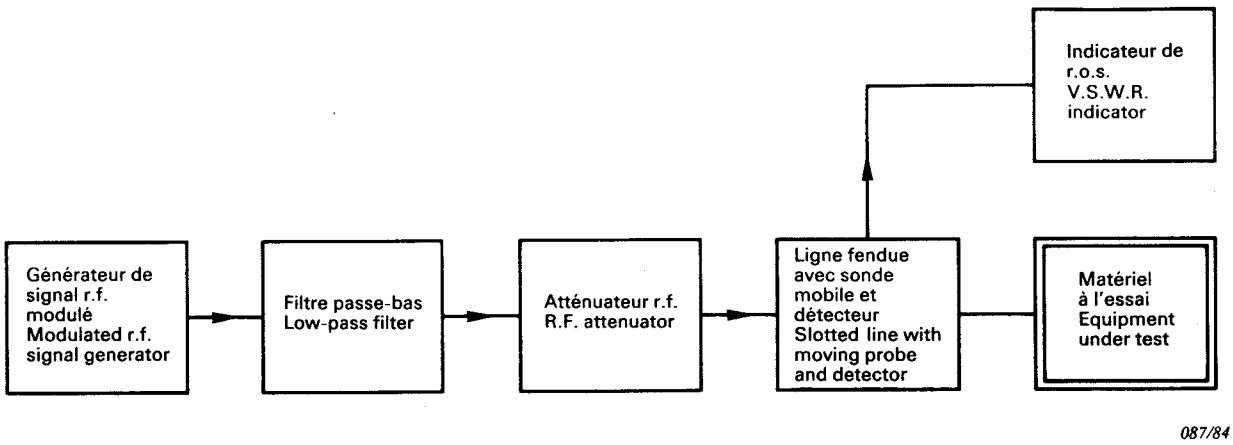


FIG. 3. — Montage type pour la mesure du r.o.s. point par point au moyen d'une ligne fendue.
Typical arrangement for point-by-point slotted-line v.s.w.r. measurements.

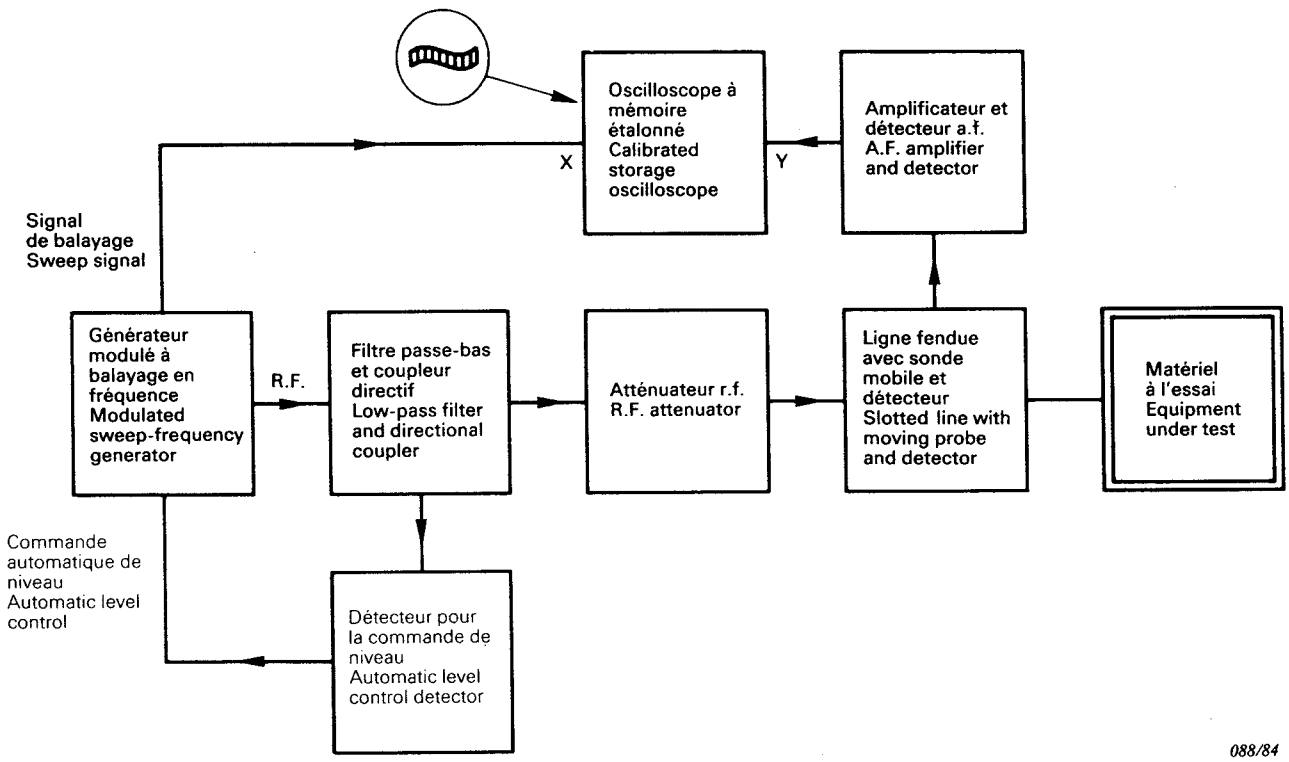


FIG. 4. — Montage type pour la mesure du r.o.s. avec balayage en fréquence au moyen d'une ligne fendue.
Typical arrangement for sweep-frequency slotted-line v.s.w.r. measurements.

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

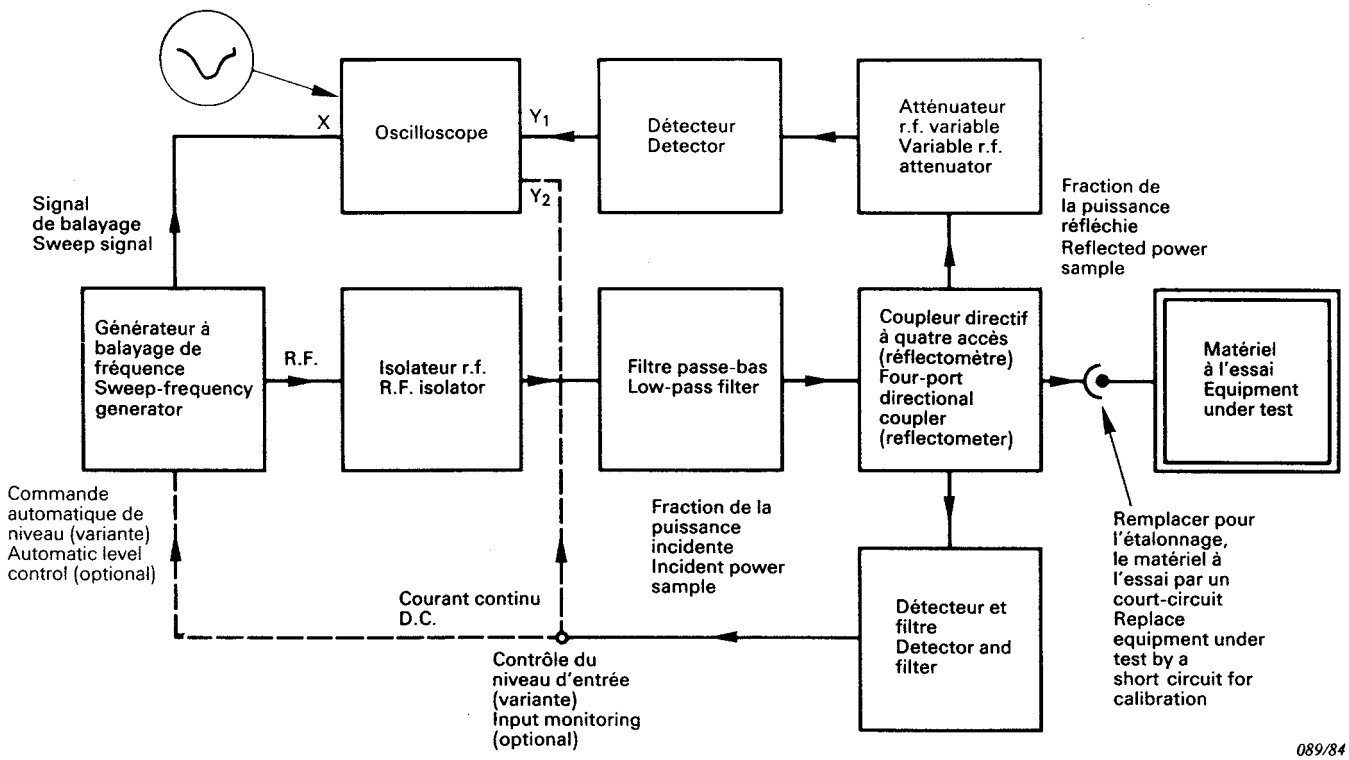


FIG. 5. — Montage type pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation au moyen d'un réflectomètre.
Typical arrangement for measuring return loss using a reflectometer.

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

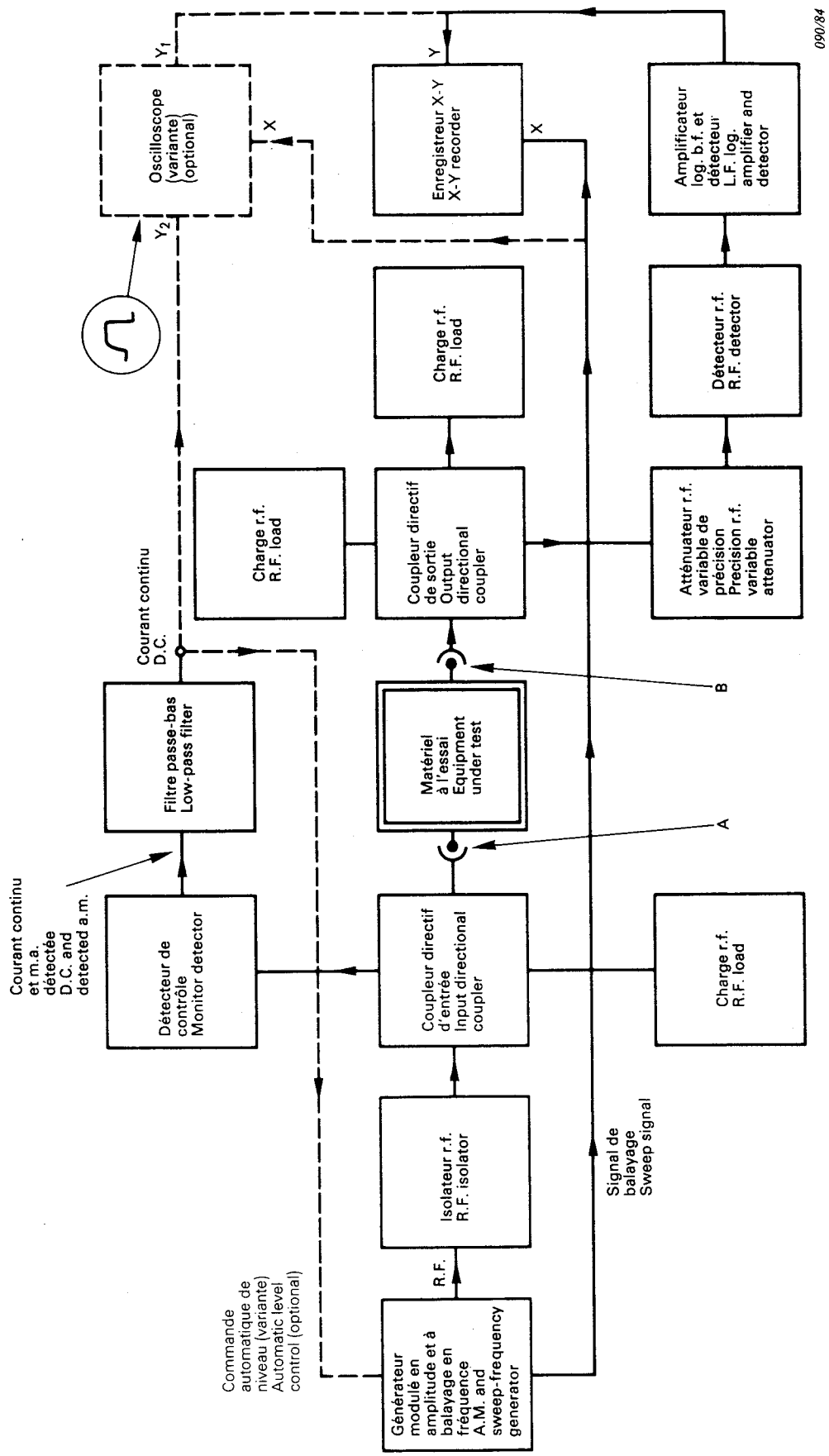


FIG. 6. — Montage type pour la mesure du gain ou de l'affaiblissement aux fréquences radioélectriques.
Typical arrangement for measuring r.f. gain or loss.

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

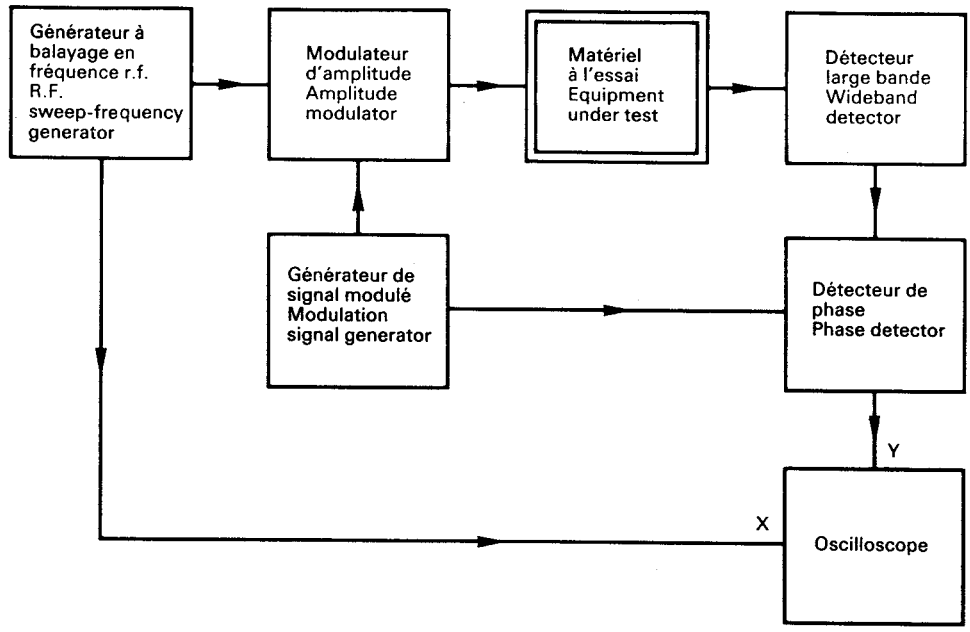


FIG. 7. — Montage pour la mesure de la caractéristique du temps de propagation de groupe/fréquence au moyen de la méthode de modulation d'amplitude.
Arrangement for measuring the group-delay/frequency characteristic using the a.m. method.

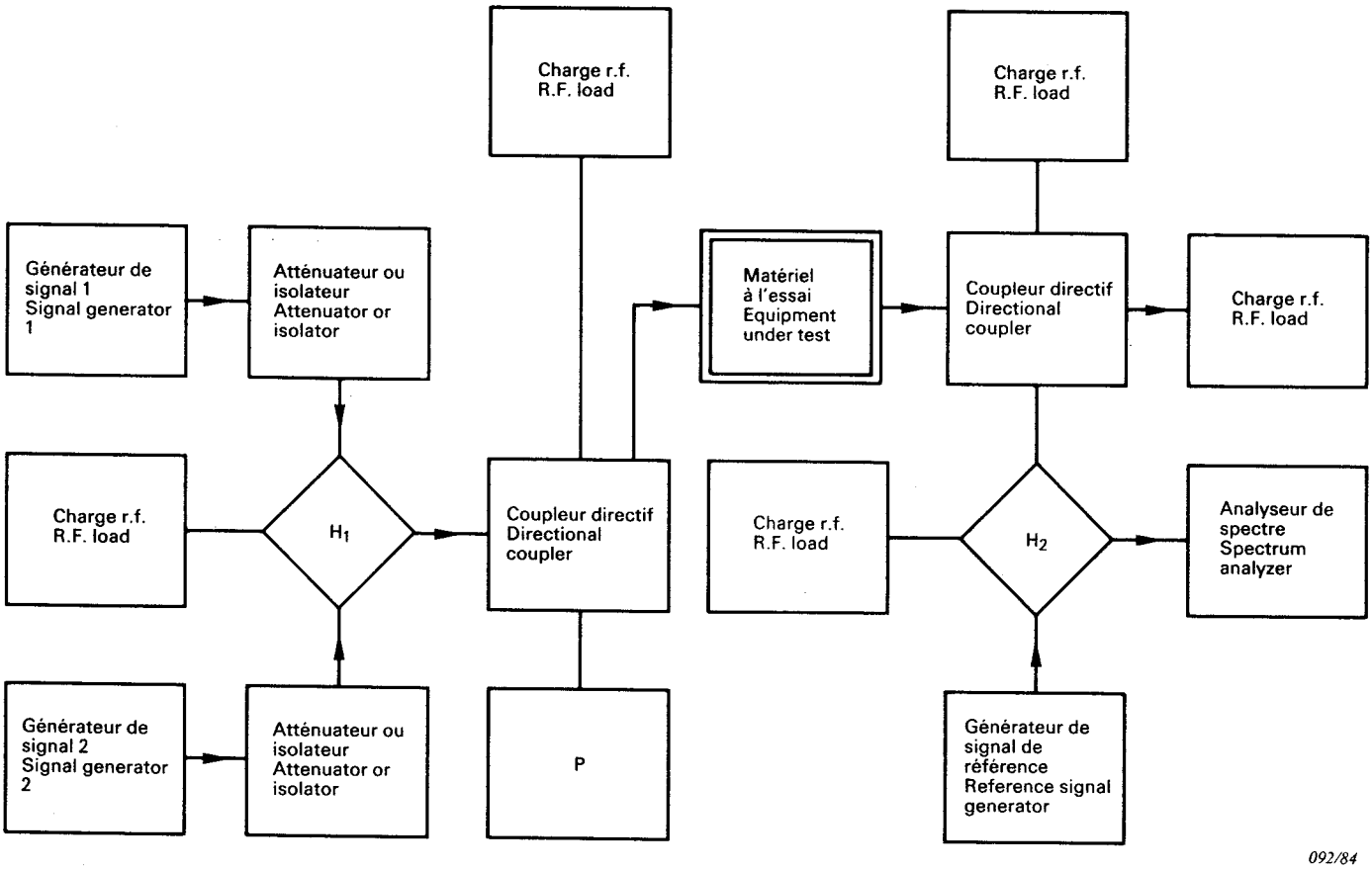


FIG. 8. — Montage pour la mesure du taux d'intermodulation en multiporteuse.
Arrangement for measuring multi-carrier intermodulation ratio.

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

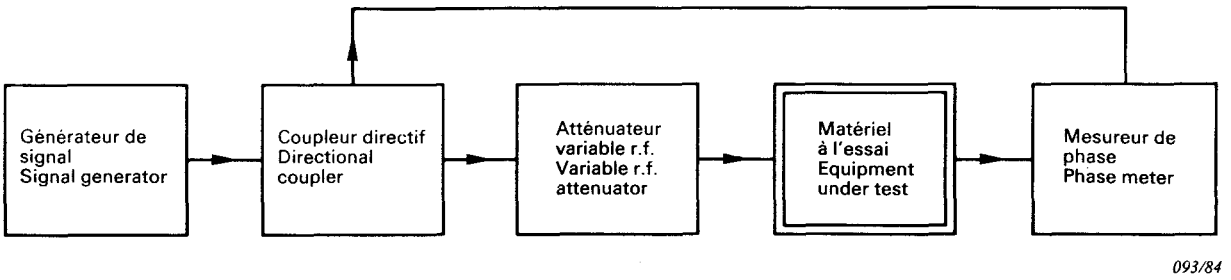


FIG. 9. — Montage pour la mesure en statique de la conversion m.a./m.p.
Arrangement for the static measurement of a.m./p.m. conversion

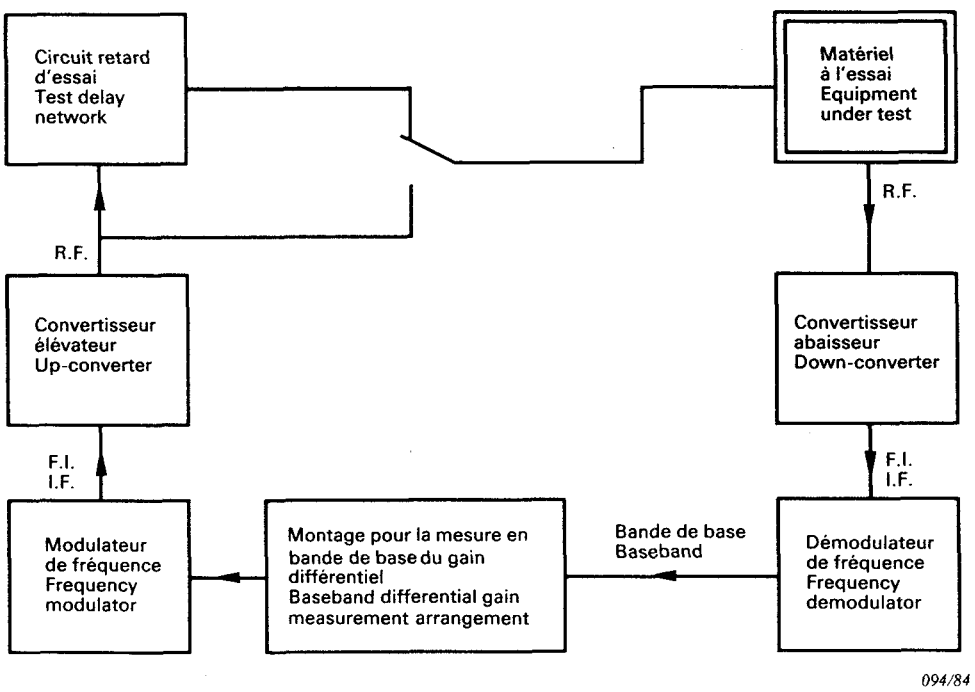


FIG. 10. — Montage pour la mesure en dynamique de la conversion m.a./m.p.
Arrangement for the dynamic measurement of a.m./p.m. conversion

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

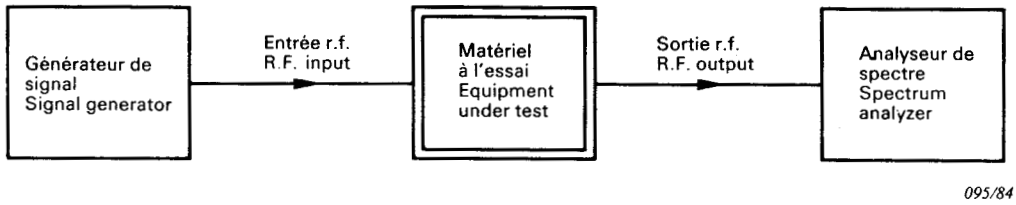


FIG. 11. — Montage pour la mesure aux fréquences radioélectriques des signaux parasites dans la bande
Arrangement for measuring in-band spurious r.f. signals.

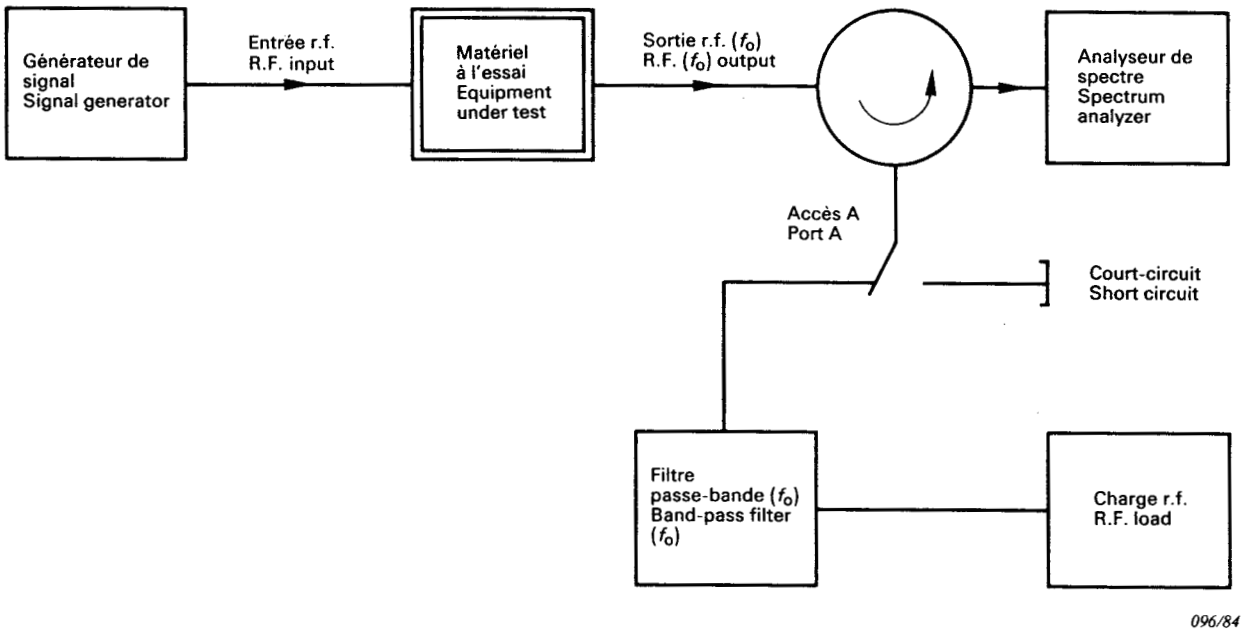


FIG. 12. — Montage pour la mesure aux fréquences radioélectriques des signaux parasites hors bande.
Arrangement for measuring out-of-band spurious r.f. signals.

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

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