

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60510-1-3**

Première édition  
First edition  
1980-01

---

---

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

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

**Section trois – Mesures dans la bande des fréquences  
intermédiaires**

**Methods of measurements for radio equipment  
used in satellite earth stations**

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

**Section Three – Measurements in the i.f. range**



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

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> 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.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60510-1-3**

Première édition  
First edition  
1980-01

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

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

**Section trois – Mesures dans la bande des fréquences  
intermédiaires**

**Methods of measurements for radio equipment  
used in satellite earth stations**

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

**Section Three – Measurements in the i.f. range**

© IEC 1980 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni  
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun  
procédé, électronique ou mécanique, y compris la photo-  
copie 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  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**N**

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

## SOMMAIRE

|                     | Pages |
|---------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . . | 4     |
| PRÉFACE . . . . .   | 4     |

### SECTION TROIS — MESURES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

#### Articles

|                                                                                    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Domaine d'application . . . . .                                                 | 6     |
| 2. Définition . . . . .                                                            | 6     |
| 3. Affaiblissement d'adaptation . . . . .                                          | 6     |
| 4. Niveaux d'entrée et de sortie . . . . .                                         | 12    |
| 5. Caractéristique « amplitude/fréquence » . . . . .                               | 16    |
| 6. Caractéristique statique de la commande automatique de gain (c.a.g.) . . . . .  | 18    |
| 7. Caractéristique dynamique de la commande automatique de gain (c.a.g.) . . . . . | 20    |
| 8. Caractéristique « temps de propagation de groupe/fréquence » . . . . .          | 20    |
| FIGURES . . . . .                                                                  | 26-29 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60510-1-3:1980

## CONTENTS

|                    | Page |
|--------------------|------|
| FOREWORD . . . . . | 5    |
| PREFACE . . . . .  | 5    |

### SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE I.F. RANGE

|                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Clause                                                              |       |
| 1. Scope . . . . .                                                  | 7     |
| 2. Definition . . . . .                                             | 7     |
| 3. Return loss . . . . .                                            | 7     |
| 4. Input and output levels . . . . .                                | 13    |
| 5. Amplitude/frequency characteristic . . . . .                     | 17    |
| 6. Static automatic gain control (a.g.c.) characteristic . . . . .  | 19    |
| 7. Dynamic automatic gain control (a.g.c.) characteristic . . . . . | 21    |
| 8. Group-delay/frequency characteristic . . . . .                   | 21    |
| FIGURES . . . . .                                                   | 26-29 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60510-1-3:1980

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

**Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons  
Section Trois — Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

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

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT  
USED IN SATELLITE EARTH STATIONS**

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

**Section Three — Measurements in the i.f. range**

---

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

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

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

Australia  
Belgium  
Canada  
Denmark  
Egypt  
France  
Germany  
Italy

Poland  
Romania  
Sweden  
Turkey  
United Kingdom  
United States of America  
Yugoslavia

---

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

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

### SECTION TROIS — MESURES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

#### 1. Domaine d'application

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

#### 2. Définition

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

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

#### 3. Affaiblissement d'adaptation

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

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

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

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

L'affaiblissement d'adaptation est aussi donné par:

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

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (3.3)$$

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

## METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

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

#### SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE I.F. RANGE

##### 1. Scope

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

##### 2. Definition

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

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

##### 3. Return loss

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

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

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

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

Alternatively, the return loss is given by:

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

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (3.3)$$

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

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

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

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

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

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

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

#### 3.3.1 Générateur à balayage de fréquence

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

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

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

#### 3.3.2 Pont de mesure

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

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

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

### 3.2 *Method of measurement of return loss*

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

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

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

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

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

#### 3.3.1 *Sweep-frequency generator*

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

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

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

#### 3.3.2 *Measuring bridge*

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

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

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

### 3.3.3 Amplificateur sélectif

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

### 3.3.4 Sensibilité du récepteur

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

## 3.4 Mode opératoire

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

### 3.4.1 Etalonnage

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.4.3 Mesure de l'affaiblissement d'adaptation

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

### 3.3.3 *Selective amplifier*

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

### 3.3.4 *Receiver sensitivity*

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

## 3.4 *Measuring procedure*

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

### 3.4.1 *Calibration*

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

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

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

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

### 3.4.2 *Checking the balance of the measuring bridge*

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

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

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

### 3.4.3 *Measurement of return loss*

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

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

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

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

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

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

Des méthodes mieux appropriées sont néanmoins à l'étude.

### 3.5 Présentation des résultats

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

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

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

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

### 3.6 Détails à spécifier

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

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

## 4. Niveaux d'entrée et de sortie

### 4.1 Définition et considérations générales

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

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

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

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

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

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

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

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

More appropriate methods, however, are under consideration.

#### 3.5 *Presentation of results*

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

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

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

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

#### 3.6 *Details to be specified*

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

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

### 4. **Input and output levels**

#### 4.1 *Definition and general considerations*

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

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

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

#### 4.2 Méthode de mesure

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

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

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

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

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

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

#### 4.3 Présentation des résultats

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

#### 4.4 Détails à spécifier

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

- a) le niveau du signal d'essai;
- b) la fréquence du signal d'essai;
- c) l'impédance nominale.

#### 4.2 *Method of measurement*

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

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

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

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

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

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

#### 4.3 *Presentation of results*

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

#### 4.4 *Details to be specified*

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

- a) test-signal level;
- b) test-signal frequency;
- c) nominal impedance.

## 5. Caractéristique amplitude/fréquence

### 5.1 Définition et considérations générales

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

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

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

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

### 5.2 Méthode de mesure

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

### 5.3 Considérations générales sur le matériel de mesure

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

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

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

### 5.4 Mode opératoire

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

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

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

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

## 5. Amplitude/frequency characteristic

### 5.1 Definition and general considerations

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

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

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

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

### 5.2 Methods of measurement

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

### 5.3 General considerations of the measuring equipment

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

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

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

### 5.4 Measuring procedure

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

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

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

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

## 5.5 *Présentation des résultats*

### 5.5.1 *Caractéristique amplitude/fréquence*

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

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

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

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

### 5.5.2 *Composantes d'ondulation*

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

### 5.5.3 *Composantes d'un développement en série*

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

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

## 5.6 *Détails à spécifier*

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

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

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

### 6.1 *Définition*

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

### 6.2 *Méthode de mesure*

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

## 5.5 *Presentation of results*

### 5.5.1 *Amplitude/frequency characteristic*

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

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

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

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

### 5.5.2 *Ripple components*

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

### 5.5.3 *Power-series components*

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

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

## 5.6 *Details to be specified*

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

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

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

### 6.1 *Definition*

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

### 6.2 *Method of measurement*

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

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

### 6.3 Présentation des résultats

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

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

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

### 6.4 Détails à spécifier

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

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

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

La méthode de mesure est à l'étude.

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

### 8.1 Définition et considérations générales

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

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

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

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

il s'exprime en secondes.

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

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

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

### 6.3 *Presentation of results*

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

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

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

### 6.4 *Details to be specified*

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

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

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

The method of measurement is under consideration.

## 8. **Group-delay/frequency characteristic**

### 8.1 *Definition and general considerations*

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

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

where  $A(\omega)$  is related to its “amplitude/frequency characteristic” and  $B(\omega)$  is related to its “phase/frequency characteristic” (considered positive if the output signal lags the input signal). The group delay,  $\tau(\omega)$ , of the network is defined as the first derivative of  $B(\omega)$ , with respect to  $\omega$ , namely:

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

and is expressed in seconds.

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

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

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

## 8.2 Méthode de mesure

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

### 8.2.1 Considérations générales sur le matériel de mesure

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

- a) L'indice et la fréquence de modulation ( $f_i$ ) devront être choisis de façon que le spectre correspondant occupe une bande étroite dans laquelle les caractéristiques d'amplitude et de propagation de groupe du matériel à l'essai puissent être assimilées à des droites.
- b) La modulation d'amplitude synchrone parasite engendrée par le modulateur de fréquence aura des effets négligeables, compte tenu de la conversion amplitude/phase et de la capacité de transmission du matériel en essai. Corrélativement, le démodulateur de fréquence ne devra pas être sensible à la modulation d'amplitude synchrone. Les démodulateurs du type « suiveur de fréquence » sont bien adaptés à cette exigence.
- c) Le détecteur de phase sera insensible à la modulation d'amplitude du signal d'essai synchrone avec la fréquence de balayage. Un signal de référence de phase ne sera pas nécessaire.
- d) Le modulateur et le démodulateur de fréquence de la figure 8 seront de la meilleure qualité qui puisse être obtenue. En particulier, le modulateur et le démodulateur seront conçus de sorte que le temps de propagation de groupe qui leur est propre soit constant.

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

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

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

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

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

### 8.2.2 Méthode de mesure

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

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

## 8.2 Method of measurement

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

### 8.2.1 General considerations of the measuring equipment

The following conditions should apply:

- a) The modulation index and modulating frequency ( $f_i$ ) should be chosen to ensure that the corresponding spectrum occupies a bandwidth within which the amplitude/frequency and group/delay characteristics of the network under test can be approximated by a straight line.
- b) Synchronous amplitude modulation generated by the modulator should be negligible in relation to the amplitude to phase conversion effects, and to the transmission capacity of the system under test. The demodulator should be insensitive to synchronous amplitude modulation, and demodulators of the frequency-following type are well suited to this purpose.
- c) The phase detector should be insensitive to amplitude modulation which is synchronous with the sweep frequency and should not require a reference phase input signal.
- d) The modulator and the demodulator shown in Figure 8 should be of the highest quality. In particular, they should be designed for a constant group-delay response.

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

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

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

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

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

### 8.2.2 Measuring procedure

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