NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60487-1

Deuxième édition
Second edition
1984-01

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

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

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

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

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60487-1: 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
60487-1

Deuxième édition
Second edition
1984-01

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

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

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

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

© 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 XA

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

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

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Objet 6
3. Termes et définitions 8
4. Conditions de mesure 10
5. Conditions normalisées d'essai 10
6. Conditions supplémentaires concernant la source d'énergie 14
7. Mesures faites dans des conditions différentes des conditions normalisées d'essai . . . 18

SECTION DEUX — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES

8. Généralités 20
9. Fréquence porteuse 22
10. Mesures d'impédance (ou d'admittance) 24
11. Mesures de niveaux 28
12. Caractéristique amplitude/fréquence 36
13. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence 38
14. Gain différentiel — Phase différentielle 40
15. Signaux parasites (y compris les harmoniques) 46

SECTION TROIS — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

16. Affaiblissement d'adaptation 48
17. Niveaux d'entrée et de sortie 54
18. Caractéristique amplitude/fréquence 56
19. Caractéristique statique de la commande automatique de gain (C.A.G.) 60
20. Caractéristique de temps de propagation de groupe/fréquence 60
21. Gain et phase différentiels 64
22. Fréquence porteuse 70
23. Harmoniques et signaux indésirables 70

SECTION QUATRE — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DE BASE

24. Propriétés linéaires à l'entrée et à la sortie 72
25. Propriétés de transfert linéaires 80
26. Propriétés de transfert non linéaires 86
27. Références 92

FIGURES 94

ANNEXE A — Gain et phase différentiels — Relations mathématiques 108

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

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope 7
2. Object 7
3. Terms and definitions 9
4. Conditions of measurement 11
5. Standard test conditions 11
6. Supplementary conditions for the power supply 15
7. Measurements under conditions deviating from standard test conditions 19

SECTION TWO — MEASUREMENTS IN THE RADIO-FREQUENCY RANGE

8. General 21
9. Carrier frequency 23
10. Impedance (or admittance) measurements 25
11. Level measurement 29
12. Amplitude/frequency characteristic 37
13. Group-delay/frequency characteristic 39
14. Differential gain and phase characteristics 41
15. Spurious signals (including harmonics) 47

SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE INTERMEDIATE-FREQUENCY RANGE

16. Return loss 49
17. Input and output levels 55
18. Amplitude/frequency characteristic 57
19. Static a.g.c. characteristic 61
20. Group-delay/frequency characteristic 61
21. Differential gain and phase characteristics 65
22. Carrier frequency 71
23. Harmonic and spurious signals 71

SECTION FOUR — MEASUREMENTS IN THE BASEBAND

24. Linear input and output properties 73
25. Linear transfer properties 81
26. Non-linear transfer properties 87
27. References 93

FIGURES 94

APPENDIX A — Differential gain and phase characteristics — Mathematical relationships . 109

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 APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ DANS LES FAISCEAUX HERTZIENS TERRESTRES

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

PRÉAMBULE

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

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

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I 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 C E I: Radiocommunications.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 487-1 de la C E I, la Publication 487-1A et la Publication 487-1-4 de la C E I.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
12E(BC)89	12E(BC)105
12E(BC)92	12E(BC)106
12E(BC)93	12E(BC)100

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

Les publications suivantes de la C E I sont citées dans la présente norme:

Publications nos	68:	Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
	68-1 (1982):	Première partie: Généralités et guide.
	68-2-1 (1974):	Deuxième partie: Essais — Essais A: Froid.
	68-2-2 (1974):	Essais B: Chaleur sèche.
	68-2-3 (1969):	Essai Ca: Essai continu de chaleur humide.
	76:	Transformateurs de puissance.
	84 (1957):	Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure.
	119 (1960):	Recommandations pour les cellules, éléments redresseurs et groupes redresseurs à semiconducteurs polycristallins.
	215 (1978):	Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique.
	487-2-4 (1984):	Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles. Section quatre — Modulateurs de fréquence.
	487-2-5 (1984):	Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles. Section cinq — Démodulateurs de fréquence.
	487-3 (1975):	Troisième partie: Liaisons simulées.
	487-3-3 (1981):	Troisième partie: Liaisons simulées. Section trois — Mesures concernant la transmission de la télévision monochrome ou en couleur.
Publication 16 du C.I.S.P.R. (1977):		Spécification du C.I.S.P.R. pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques.

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 EQUIPMENT USED IN TERRESTRIAL RADIO-RELAY SYSTEMS

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

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.

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 487-1, IEC Publication 487-1A and IEC Publication 487-1-4.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
12E(CO)89	12E(CO)105
12E(CO)92	12E(CO)106
12E(CO)93	12E(CO)100

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos.	68:	Basic Environmental Testing Procedures.
	68-1 (1982):	Part 1: General and Guidance.
	68-2-1 (1974):	Part 2: Tests — Tests A: Cold.
	68-2-2 (1974):	Tests B: Dry Heat.
	68-2-3 (1969):	Test Ca: Damp Heat, Steady State.
	76:	Power Transformers.
	84 (1957):	Recommendations for Mercury-arc Convertors.
	119 (1960):	Recommendations for Polycrystalline Semiconductor Rectifier Stacks and Equipment.
	215 (1978):	Safety Requirements for Radio Transmitting Equipment.
	487-2-4 (1984):	Part 2: Measurements for Sub-systems. Section Four — Frequency Modulators.
	487-2-5 (1984):	Part 2: Measurements for Sub-systems. Section Five — Frequency Demodulators.
	487-3 (1975):	Part 3: Simulated Systems.
	487-3-3 (1981):	Part 3: Simulated Systems. Section Three — Measurements for Monochrome and Colour Television Transmission.
	C.I.S.P.R. Publication 16 (1977):	C.I.S.P.R. Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

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 APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ DANS LES FAISCEAUX HERTZIENS TERRESTRES

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

---

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Les conditions normalisées de mesure et les méthodes de mesure des caractéristiques figurant dans la présente norme sont communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées de faisceaux hertziens à visibilité directe, utilisant la modulation de fréquence. Les méthodes décrites sont limitées au cas de la transmission de signaux analogiques.

Ces méthodes d'essai sont générales et sont applicables à des faisceaux hertziens de grande ou petite capacité, mais il n'y a pas toujours lieu de spécifier ni de mesurer certaines des caractéristiques pour des faisceaux hertziens qui ont une capacité de 60 voies téléphoniques ou moins. Les essais à effectuer devront faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

Des méthodes de mesure pour les caractéristiques liées à un signal spécifique en bande de base, tel qu'un signal de téléphonie multivoie à multiplexage par répartition en fréquence ou un signal de modulation sonore d'un programme radiophonique, sont données dans les sections appropriées de la Publication 487-3 de la CEI: Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres, Troisième partie: Liaisons simulées.

2. Objet

La présente norme a pour objet de normaliser les conditions et méthodes de mesure à utiliser pour relever les caractéristiques des faisceaux hertziens et des équipements qui y sont utilisés, et rendre possible la comparaison des résultats de mesures effectuées par différents observateurs (contrôleurs). Elle donne le détail de méthodes sélectionnées pour effectuer des mesures permettant d'évaluer les propriétés essentielles d'un faisceau hertzien et des équipements qui y sont utilisés. Ces méthodes ne sont ni impératives ni limitatives; un choix de mesures peut être établi pour chaque cas particulier. Si nécessaire, des mesures supplémentaires peuvent être effectuées, mais elles devront, de préférence, être conduites en accord avec les normes établies par d'autres Comités d'Etudes ou Sous-Comités de la CEI ou par d'autres organismes internationaux.

Il n'est pas mentionné de valeurs limites admissibles des différentes grandeurs correspondant à un fonctionnement acceptable. Ces valeurs devront être données par le cahier des charges détaillé du matériel.

Les méthodes de mesure décrites dans la présente norme concernent les essaix de «type» et de «réception». Elles peuvent également être utilisées pour les essais de contrôle en usine.

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 EQUIPMENT USED IN TERRESTRIAL RADIO-RELAY SYSTEMS

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

---

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

The standard conditions of measurement and the methods of measuring the characteristics given in this standard are common to sub-systems of terrestrial line-of-sight radio-relay systems and to simulated radio-relay systems using frequency modulation. The tests described are limited to analogue transmission systems.

These test methods are general and are applicable to systems of large and small capacity, but it may be unnecessary to specify and to measure some of these characteristics for systems having a capacity of 60 telephone channels or less. The tests to be made should be agreed upon between the parties concerned.

Methods of measurement for parameters which are related to a specific baseband signal, such as frequency division multiplex telephony, television or sound-programme transmission, are given in the appropriate sections of IEC Publication 487-3: Methods of Measurement for Equipment Used in Terrestrial Radio-relay Systems, Part 3: Simulated Systems.

2. Object

The object of this standard is to standardize the conditions and methods of measurement to be used to ascertain the performance of terrestrial radio-relay systems and of the equipment used in such systems, and to facilitate the comparison of the results of measurements made by different observers. It contains details of selected methods of making measurements to enable the assessment of the essential properties of a terrestrial radio-relay system and of the equipment used in such systems. These methods are neither mandatory nor limiting; a choice of measurements can be made in each particular case. If necessary, additional measurements may be made but these should preferably be carried out in accordance with the standards laid down by other IEC Technical Committees or Sub-Committees or by other international bodies.

Limiting values of the various quantities for acceptable performance are not specified since these should be given in the detailed equipment specification.

The methods of measurement described in this standard are intended for "type" and "acceptance" tests and they may also be used for factory tests.

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

3. Termes et définitions

Les méthodes de mesure décrites dans la présente norme et dans les autres parties de la norme sont précédées de la définition de la grandeur à mesurer soit dans l'article considéré, soit dans un article séparé, afin de mettre en évidence la cohérence entre les diverses définitions.

Autant que possible, les définitions sont conformes à celles qui figurent dans le Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) de la CEI ou à celles qui sont utilisées par les autres Comités d'Etudes de la CEI ou par d'autres organismes internationaux. Lorsqu'il existe une différence, celle-ci est apparue comme étant nécessaire à une meilleure compréhension de la présente norme.

3.1 *Cahier des charges du matériel*

Tout document spécialement établi, qui décrit le comportement et les caractéristiques du matériel dans des conditions normales d'utilisation, ainsi que dans des conditions de dérangement type qui peuvent intervenir.

Note. — Pour les principes généraux et les méthodes d'essai à suivre pour s'assurer que l'équipement est conforme aux règles de sécurité dans les conditions normales d'utilisation et dans les conditions de dérangement type, la Publication 215 de la CEI: Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique, sera prise en considération.

3.2 *Faisceaux hertziens terrestres*

Dans le cadre de la présente norme, les éléments constituant un faisceau hertzien sont ceux qui sont indiqués dans la figure 1, page 94.

3.3 *Type*

Un type englobe des produits ayant des caractéristiques de construction analogues, fabriqués suivant les mêmes techniques, et dont les caractéristiques sont dans la gamme habituelle de la fabrication considérée.

Notes 1. — Il n'est pas nécessaire de tenir compte des dispositifs accessoires de montage, pour autant qu'ils n'ont pas d'influence sensible sur les résultats des essais.

2. — Par «caractéristiques», il faut entendre l'ensemble des points suivants:

a) caractéristiques électriques;

b) dimensions;

c) résistance aux contraintes climatiques et mécaniques.

3. — La liste des caractéristiques à mesurer et la gamme de variation admise pour chacune d'entre elles devront faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

3.4 *Essais de type*

Série complète d'essais à effectuer sur un certain nombre de spécimens identiques représentatifs du type, en vue de déterminer si un constructeur donné peut être considéré comme étant en mesure de fabriquer des matériels répondant au cahier des charges.

3.5 *Approbation de type*

Décision de l'autorité compétente, par exemple: organisme gouvernemental, l'acheteur lui-même ou son mandataire, par laquelle elle reconnaît qu'un constructeur donné peut être considéré comme étant en mesure de produire, en quantité suffisante, le type de matériel répondant au cahier des charges.

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

3. Terms and definitions

The methods of measurement described in this standard and in the other parts of this standard are preceded by the definition of the quantity to be measured, either in the relevant clause or in a separate clause in order to show the coherence between the various definitions.

As far as practicable, the definitions are in conformity with those given in the IEC International Electrotechnical Vocabulary (IEV), or used by other Technical Committees of the IEC and other international bodies. Where deviations exist, they appeared necessary for a better understanding of this standard.

3.1 *Detailed equipment specification*

Any document especially drawn up or provided, which describes the properties and the performance of an equipment under specified conditions of normal use, together with specified fault conditions which may arise.

Note. — For the general principles and the test methods to be followed to assess that the equipment conforms to the appropriate safety regulations under conditions of normal use and under specified fault conditions, reference should be made to IEC Publication 215: Safety Requirements for Radio Transmitting Equipment.

3.2 *Terrestrial radio-relay system*

For the purpose of this standard, the elements comprising a terrestrial radio-relay system are those shown in Figure 1, page 94.

3.3 *Type*

A type comprises products having similar design features and employing similar manufacturing techniques, and which fall within the manufacturer's usual range of characteristics.

Notes 1. — Mounting accessories can be ignored, provided that they have no significant effect on the test results.

2. — "Characteristics" cover the combinations of:
a) electrical ratings;
b) sizes;
c) behaviour under environmental stress.

3. — The list of characteristics and their limits should be agreed upon between purchaser and manufacturer.

3.4 *Type test*

The complete series of tests to be carried out on a number of specimens representative of the type, and which contribute to determining that a particular manufacturer can be considered capable of producing equipment meeting the specification.

3.5 *Type approval*

The decision by the proper authority, e.g. Government agency, the purchaser himself or his nominee, that a particular manufacturer can be considered capable of producing, in reasonable quantities, the type of equipment capable of meeting the specification.

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

3.6 *Essais de réception*

Essais effectués pour décider de l'acceptation d'un lot sur la base d'un accord entre constructeur et acheteur.

Cet accord doit couvrir:

a) la taille de l'échantillon;

b) le choix des essais;

c) les tolérances et exceptions.

Note. — Lorsque différentes méthodes d'essais conduisent à des résultats non concordants, il convient de retenir les méthodes préférées recommandées par la CEI.

3.7 *Essais de contrôle en usine*

Essais effectués par le constructeur pour s'assurer que ses produits répondent au cahier des charges.

4. Conditions de mesure

On doit éviter soigneusement toutes situations qui pourraient endommager le matériel.

Sauf spécification contraire, les mesures doivent être effectuées dans des conditions normalisées de tension de la source d'énergie, de température, de pression atmosphérique, d'humidité et de charge de sortie, comme indiqué plus loin. Après mise au point du matériel pour ces conditions, les réglages doivent rester constants pendant toutes les mesures, à l'exception de ceux qui doivent être modifiés avant ou pendant une période spécifiée de mesure.

5. Conditions normalisées d'essai

5.1 *Conditions normalisées concernant la source d'énergie*

Les mesures dans des conditions normalisées sont effectuées à la tension et à la fréquence nominales de la source d'énergie, spécifiées dans le cahier des charges du matériel. La tension doit être mesurée aux bornes d'alimentation du matériel soumis à l'essai.

Sauf spécification contraire, pendant les essais sur un sous-ensemble ou sur une liaison simulée, la tension et la fréquence de la source d'énergie ne doivent pas s'écarter des valeurs nominales de plus de $\pm 2\%$.

Sauf spécification contraire, les conditions normalisées concernant la source d'énergie comportent aussi les conditions supplémentaires indiquées dans l'article 6.

5.2 *Conditions atmosphériques normalisées*

Les mesures dans les conditions atmosphériques normalisées sont normalement effectuées conformément au paragraphe 5.2.1 ci-dessous. Au besoin, les résultats des mesures sont corrigés par le calcul pour être ramenés à la température de référence normalisée de 20 °C et à la pression atmosphérique de référence normalisée de $1{,}013 \times 10^5$ Pa (1 013 mbar), comme expliqué au paragraphe 5.2.2.

Si cette correction n'est pas possible, les mesures sont effectuées à l'un des ensembles de conditions d'arbitrage normalisées définis au paragraphe 5.2.3, de préférence à celui qui correspond à une température ambiante de 20 ± 1 °C.

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

3.6 *Acceptance tests*

Tests carried out to determine the acceptability of a consignment on the basis of an agreement between purchaser and manufacturer.

The agreement shall cover:

a) the size of the sample;

b) the selection of tests;

c) tolerances and exceptions.

Note. — When alternative test methods yield differing results, the preferred methods recommended by the IEC should be used.

3.7 *Factory tests*

Tests carried out by the manufacturer to ascertain whether his products meet the specification.

4. Conditions of measurement

Care shall be taken to avoid all conditions which may lead to the equipment being damaged.

Unless otherwise specified, the measurements shall be carried out under standard conditions with respect to power supply, temperature, air pressure, humidity and terminal load, as given below. After the equipment has been finally set up for these conditions, the settings shall be kept constant during all measurements, with the exception of those settings which must be varied before or during a specified measurement period.

5. Standard test conditions

5.1 *Standard conditions for the power supply*

Measurements under standard power supply conditions are carried out at the nominal voltage and the nominal frequency stated in the detailed equipment specification. The voltage shall be measured at the power supply terminals of the equipment under test.

During tests carried out on a sub-system or on a simulated system, the voltage and the frequency of the power supply shall not deviate from the nominal values by more than $\pm 2\%$, unless otherwise specified.

Unless otherwise specified, standard power supply conditions include the supplementary conditions given in Clause 6.

5.2 *Standard atmospheric conditions*

Measurements under standard atmospheric conditions are normally carried out in accordance with Sub-clause 5.2.1 below. If necessary, the results of the measurements should be corrected by calculation to the standard reference temperature of 20 °C and to the standard reference air pressure of 1.013×10^5 Pa (1 013 mbar) as explained in Sub-clause 5.2.2.

If this correction is not possible the measurements should be made at one of the standard referee conditions specified in Sub-clause 5.2.3 preferably at that corresponding to an ambient temperature of 20 ± 1 °C.

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

Note. — Les conditions atmosphériques normalisées des paragraphes 5.2.1, 5.2.2 et 5.2.3 sont conformes à celles qui figurent dans la Publication 68-1 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités et guide.

5.2.1 *Conditions normalisées d'essai*

Les mesures et les essais mécaniques, dont les résultats sont soit indépendants de la température et de la pression atmosphérique, soit corrigibles par le calcul pour être ramenés à la température de référence normalisée et à la pression atmosphérique de référence normalisée figurant au paragraphe 5.2.2, peuvent être normalement effectués à n'importe quelle combinaison de température, humidité et pression atmosphérique effectivement présentes, à condition de rester dans les limites suivantes:

— température: +15 °C à +35 °C;
— humidité relative: 45% à 75%;
— pression atmosphérique: $8{,}6 \times 10^4$ Pa à $1{,}06 \times 10^5$ Pa (860 mbar à 1 060 mbar).

Si les grandeurs à mesurer dépendent de la température, de l'humidité et de la pression atmosphérique et que la loi de dépendance soit inconnue, le paragraphe 5.2.3 s'applique.

5.2.2 *Conditions de référence normalisées*

Si les grandeurs à mesurer dépendent de la température et de la pression atmosphérique, ou de l'une de ces grandeurs, et que la loi de dépendance soit connue, les grandeurs devront être mesurées dans les conditions indiquées au paragraphe 5.2.1 et, le cas échéant, les valeurs obtenues devront être corrigées par le calcul pour être ramenées aux conditions atmosphériques suivantes:

— température: +20 °C;
— pression atmosphérique: $1{,}013 \times 10^5$ Pa (1 013 mbar).

Note. — Aucune exigence n'est indiquée pour l'humidité relative, étant donné qu'une correction par le calcul n'est généralement pas possible.

5.2.3 *Conditions d'arbitrage normalisées*

Si les grandeurs à mesurer dépendent de la température, de l'humidité et de la pression atmosphérique et que la loi de dépendance soit inconnue, les mesures devront être effectuées, après entente, à l'un des ensembles de conditions suivants:

Température	*Humidité relative*	*Pression atmosphérique*
+20 ± 1 °C	63% — 67%	$8{,}6 \times 10^4$ Pa — $1{,}06 \times 10^5$ Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+23 ± 1 °C	48% — 52%	$8{,}6 \times 10^4$ Pa — $1{,}06 \times 10^5$ Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+25 ± 1 °C	48% — 52%	$8{,}6 \times 10^4$ Pa — $1{,}06 \times 10^5$ Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+27 ± 1 °C	63% — 67%	$8{,}6 \times 10^4$ Pa — $1{,}06 \times 10^5$ Pa (860 mbar — 1 060 mbar)

Les mesures à une température qui diffère des valeurs ci-dessus peuvent être effectuées après entente entre constructeur et acheteur, auquel cas les limites convenables pour les valeurs caractéristiques doivent faire l'objet d'un accord entre les parties.

Le rapport d'essai doit indiquer les valeurs de température, d'humidité relative et de pression atmosphérique réellement présentes pendant les mesures.

Note. — Pour les équipements importants ou dans les salles d'essais, pour lesquels les limites de température, d'humidité relative et/ou de pression atmosphérique indiquées ci-dessus sont difficiles à maintenir, de plus larges tolérances peuvent être permises, ces tolérances devant faire l'objet d'un accord mutuel. Les conditions effectivement présentes devront être indiquées dans le rapport d'essais.

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

Note. — The standard atmospheric conditions stated in Sub-clauses 5.2.1, 5.2.2 and 5.2.3 are in conformity with those given in IEC Publication 68-1: Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General and Guidance.

5.2.1 *Standard testing conditions*

Measurements and mechanical tests, the results of which are either independent of temperature and air pressure, or can be corrected by calculation to the standard reference temperature and air pressure stated in Sub-clause 5.2.2, normally may be carried out under any existing combination of temperature, humidity and air pressure, provided they are within the following limits:

— temperature: +15 °C to +35 °C;
— relative humidity: 45% to 75%;
— air pressure: 8.6×10^4 Pa to 1.06×10^5 Pa (860 mbar to 1 060 mbar).

If the quantities to be measured depend on temperature, humidity and air pressure and the law of dependence is unknown, Sub-clause 5.2.3 applies.

5.2.2 *Standard reference conditions*

If the quantities to be measured depend on temperature and/or air pressure and the law of dependence is known, the values should be measured under the conditions given in Sub-clause 5.2.1 and, if necessary, corrected by calculation to the following reference values:

— temperature: +20 °C;
— air pressure: 1.013×10^5 Pa (1 013 mbar).

Note. — No requirements for relative humidity are given because correction by calculation is not generally possible.

5.2.3 *Standard referee conditions*

If the quantities to be measured depend on temperature, humidity and air pressure and the law of dependence is unknown, the measurement should be made, by mutual agreement, under one of the following sets of conditions:

Temperature	*Relative humidity*	*Air pressure*
+20 ± 1 °C	63% — 67%	8.6×10^4 Pa — 1.06×10^5 Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+23 ± 1 °C	48% — 52%	8.6×10^4 Pa — 1.06×10^5 Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+25 ± 1 °C	48% — 52%	8.6×10^4 Pa — 1.06×10^5 Pa (860 mbar — 1 060 mbar)
+27 ± 1 °C	63% — 67%	8.6×10^4 Pa — 1.06×10^5 Pa (860 mbar — 1 060 mbar)

Measurements at temperatures differing from the above table may be made by agreement between purchaser and manufacturer, in which case suitable limits for the characteristic values shall be agreed upon.

The test results shall give the actual value of temperature, relative humidity and air pressure during the measurements.

Note. — For large equipment or in test rooms where temperature, relative humidity and/or air pressure limits as indicated above are difficult to maintain, wider tolerances may be allowed, subject to mutual agreement. The actual values shall be given in the test results.

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

6. Conditions supplémentaires concernant la source d'énergie

Outre le fait qu'elle doit satisfaire aux clauses appropriées du cahier des charges, la source d'énergie utilisée pour les essais du matériel doit avoir une stabilité suffisante pour que celui-ci ne subisse pas de variations notables sous l'effet de modifications des caractéristiques de cette source.

En général, la condition mentionnée ci-dessus sera remplie si la source d'énergie satisfait aux paragraphes 6.1 et 6.2.

6.1 *Conditions concernant les sources de courant alternatif*

6.1.1 *Forme d'onde et impédance de la source*

Sauf spécification contraire, une source de courant alternatif, pratiquement sinusoïdale et d'impédance assez faible afin de n'avoir qu'une influence négligeable sur les caractéristiques du matériel en cours de fonctionnement, doit être utilisée pour alimenter celui-ci.

La forme d'onde d'une tension est considérée comme pratiquement sinusoïdale si la différence entre la valeur instantanée de la tension et la valeur instantanée de l'onde fondamentale ne dépasse pas 5% de l'amplitude de cette dernière en n'importe quel point de la courbe ($a - b \leqslant 0{,}05\ c$; voir figure 2, page 95).

Notes 1. — Ces conditions sont établies d'après les Publications 84 de la CEI: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure, et 119: Recommandations pour les cellules, éléments redresseurs et groupes redresseurs à semiconducteurs polycristallins.

2. — Dans le cas où le rapport de la charge de la source de courant alternatif à ses possibilités de débit en court-circuit est tel que l'impédance de cette source peut avoir une influence notable, les recommandations appropriées énoncées dans les articles 443, 444, 445 et 446 de la Publication 84 de la CEI devront être observées.

6.1.2 *Symétrie des systèmes polyphasés*

Les sources d'alimentation en courants polyphasés doivent présenter des tensions symétriques.

Les tensions d'un système polyphasé sont considérées comme symétriques si, considérant l'oscillation à la fréquence fondamentale, ni les composantes inverses, ni les composantes homopolaires ne dépassent 1% des composantes directes, quand l'équipement est en fonctionnement (voir figure 3, page 95).

Si un système polyphasé n'est pas parfaitement symétrique, mais reste dans ces limites, la moyenne arithmétique des tensions entre phases doit être prise comme valeur de la tension de source.

Note. — Ces conditions sont établies d'après les Publications 84, 119 (voir paragraphe 6.1.1, note 1) et 76 de la CEI: Transformateurs de puissance.

6.2 *Conditions concernant les sources de courant continu*

Les matériels destinés à être utilisés dans les faisceaux hertziens peuvent être alimentés par une source de courant continu lorsqu'ils sont à l'essai. Cette source de courant continu peut être:

a) une batterie, qui peut ou non être flottante;

b) un redresseur alimenté par un réseau à courant alternatif (voir paragraphe 6.1).

La source employée pour obtenir la tension continue d'essai ne devra pas alimenter d'autres matériels pendant 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

6. Supplementary conditions for the power supply

In addition to meeting the relevant sections of the equipment specification, the power supply used for testing the equipment shall be sufficiently stable so that no significant variations in the performance of the equipment under test will be introduced by changes in the characteristics of the power supply.

In general, the above conditions will be met if the power supply is in accordance with Sub-clauses 6.1 and 6.2.

6.1 *A.C. source conditions*

6.1.1 *Waveform and source impedance*

Unless otherwise specified, a substantially sinusoidal alternating voltage source of sufficiently low impedance to have negligible influence on the operation of the equipment shall be connected to the a.c. terminals of the equipment.

The waveform of a voltage is considered to be substantially sinusoidal if the largest deviation from the instantaneous value of the fundamental wave for any part of the curve does not exceed 5% of the amplitude of the fundamental wave ($a - b \leqslant 0.05\ c$; see Figure 2, page 95).

Notes 1. — These conditions are in accordance with IEC Publications 84: Recommendations for Mercury-arc Convertors, and 119: Recommendations for Polycrystalline Semiconductor Rectifier Stacks and Equipment.

2. — Where the ratio of the load to the short-circuit capacity of the a.c. supply is such that the source impedance is significant, the recommendations given in the appropriate parts of Clauses 443, 444, 445 and 446 of IEC Publication 84 should be observed.

6.1.2 *Symmetry of polyphase systems*

Polyphase supply sources shall be symmetrical with respect to voltages.

The polyphase system voltages are considered to be symmetrical if, with respect to the fundamental frequency, neither the negative sequence component nor the zero sequence component exceeds 1% of the positive sequence component when the equipment is in operation (see Figure 3, page 95).

If a polyphase system is not perfectly symmetrical but is within these limits, the arithmetic mean value of all phase-to-phase voltages shall be taken as the source voltage.

Note. — These conditions are in accordance with IEC Publications 84, 119 (see Sub-clause 6.1.1, Note 1) and 76: Power Transformers.

6.2 *D.C. source conditions*

Equipment intended for use in radio-relay systems may be powered from a d.c. source for test purposes. This d.c. source may be:

a) a battery, which may or may not be used on a floating charge;

b) a rectifier supply fed from a.c. mains (see Sub-clause 6.1).

The source used to obtain the d.c. test voltage should not be used to power other equipment during the test.

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

6.2.1 *Impédance et polarité de la source*

Sauf spécification contraire, la source de courant continu devra avoir une impédance interne assez faible pour avoir une influence négligeable sur le matériel à l'essai.

Un pôle de la source de courant continu, à spécifier, devra être mis à la terre.

6.2.2 *Bruit superposé à la tension continue d'essai*

6.2.2.1 *Considérations générales*

Le bruit se manifestant dans la source de courant continu et se superposant à la tension continue d'essai peut influer sur le fonctionnement du matériel à l'essai. Lorsque ce matériel est raccordé à la source de courant continu, le bruit apparaissant dans la tension d'essai peut provenir soit de la source de courant continu, soit du matériel à l'essai. Seul le bruit de la première origine est à prendre en considération pour la définition des conditions concernant la source de courant continu.

Le bruit dans la source de courant continu peut être d'une nature relativement continue ou transitoire, se produisant sporadiquement. Ces deux formes de bruit peuvent apparaître simultanément. Les bruits transitoires qui ne se reproduisent pas (par exemple, un bruit transitoire produit par l'ouverture d'un coupe-circuit à fusible ou d'un disjoncteur) ne sont pas pris en compte s'il n'en résulte aucun dommage pour le matériel à l'essai.

Comme le raccordement d'autres matériels à la source de courant continu en même temps que le matériel à l'essai pourrait introduire du bruit dans la tension d'essai, il est souhaitable de ne pas utiliser la source de courant continu pour alimenter plusieurs appareils à la fois.

Lorsque cela est requis, le bruit se manifestant dans la source de courant continu et se surimposant à la tension continue d'essai peut être vérifié en remplaçant le matériel à l'essai par une charge passive équivalente et en mesurant le niveau de bruit à travers cette charge.

Lorsqu'il est nécessaire d'opérer les mesures suivantes, les parties en cause doivent se mettre d'accord sur les valeurs maximales de bruit.

6.2.2.2 *Mesures sélectives du bruit superposé*

Les mesures sont faites en fonction de la fréquence, en utilisant un voltmètre sélectif ou l'appareil de mesure du C.I.S.P.R., au choix.

L'un des pôles de la source de courant continu est mis à la terre et l'entrée du voltmètre sélectif ou de l'appareil de mesure du C.I.S.P.R. est raccordée à l'autre pôle au moyen d'un condensateur dont l'impédance en série est inférieure au dixième de l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure à la fréquence la plus basse qui doit être mesurée. La tension de service de ce condensateur devra équivaloir à celle de la source de courant continu, plus une marge de sûreté appropriée.

L'appareil de mesure est raccordé à la source de courant continu au moyen de conducteurs aussi courts que possible en utilisant, de préférence, du câble coaxial. Veiller à éviter de court-circuiter la source de courant continu.

La gamme de fréquences à explorer devra comprendre la bande de base entière du matériel à l'essai.

La largeur de bande du voltmètre sélectif ou de l'appareil de mesure du C.I.S.P.R. doit être adaptée à la séparation des raies spectrales du bruit à mesurer. Pour les fréquences jusqu'à 10 kHz environ, une largeur de bande d'environ 10 Hz convient, étant donné que des raies

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

6.2.1 *Source impedance and polarity*

Unless otherwise specified, the d.c. source should have an internal impedance low enough to have negligible influence on the equipment under test.

One specified pole of the d.c. source should be earthed.

6.2.2 *Noise superimposed on the d.c. test voltage*

6.2.2.1 *General considerations*

Noise which arises in the d.c. source and is superimposed on the d.c. test voltage may affect the performance of the equipment under test. When equipment to be tested is connected to a d.c. source, the noise appearing on the d.c. test voltage may be introduced by the d.c. source itself or by the equipment under test. Only noise related to the d.c. source is of interest in defining the d.c. source conditions.

Noise present on the d.c. source may be of a relatively continuous nature or it may be transient, occurring sporadically. Both types of noise may be present simultaneously. Non-recurring transients (e.g., a transient caused by the opening of a fuse or a circuit-breaker) should be disregarded if no damage is caused to the equipment under test.

If other items of equipment are connected to the d.c. source simultaneously with the equipment under test, they could introduce noise on the d.c. test voltage. It is therefore desirable to avoid using the d.c. source to supply more than one item of equipment at a time.

When required, the level of the noise which arises in the d.c. source and is superimposed on the d.c. test voltage may be verified by substituting an equivalent passive load for the equipment under test and measuring the noise level across this load.

The following measurements apply only when a disagreement arises. In such a case, the maximum noise values shall be agreed upon between the parties concerned.

6.2.2.2 *Selective measurements of superimposed noise*

Measurements should be made as a function of frequency. A selective level meter or the C.I.S.P.R. measuring set may be used, as convenient.

One pole of the d.c. source should be earthed and the input of the selective level meter or C.I.S.P.R. measuring set should be connected to the other pole by means of a capacitor having series impedance which is less than one-tenth of the input impedance of the measuring instrument at the lowest frequency to be measured. The voltage rating of this capacitor should be that of the d.c. source plus an appropriate margin of safety.

The measuring instrument should be connected to the d.c. source using leads which are as short as possible, preferably using coaxial cable. Care needs to be taken to avoid short-circuiting the d.c. source.

The frequency range to be measured should include the entire baseband frequency of the equipment under test.

The bandwidth of the selective level meter or C.I.S.P.R. measuring set should be appropriate to the separation between the spectral lines of the noise to be measured. For frequencies up to about 10 kHz, a bandwidth of about 10 Hz is suitable, since spectral lines

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

spectrales espacées de 50 Hz ou 60 Hz peuvent être présentes. Pour les fréquences entre 10 kHz et 150 kHz, une largeur de bande de 200 Hz conviendra. Au-dessus de 150 kHz, des largeurs de bandes comprises entre 500 Hz et 6 kHz peuvent être utilisées.

Note. — Les détails des méthodes de mesure du C.I.S.P.R. figurent dans la Publication 16 du C.I.S.P.R.: Spécification du C.I.S.P.R. pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques.

6.2.2.3 *Mesures à large bande du bruit superposé*

Les mesures sont effectuées au moyen d'un oscilloscope dont la largeur de bande est au moins le double de la largeur de la bande de base. Il convient d'exprimer la valeur de la tension crête à crête du bruit superposé en pourcentage de la valeur nominale de la tension continue (par exemple 2%).

7. Mesures faites dans des conditions différentes des conditions normalisées d'essai

Si nécessaire, les caractéristiques du matériel pourront être déterminées au cours ou à l'issue d'une période pendant laquelle le matériel est soumis à des conditions de fonctionnement différentes des conditions normalisées d'essai spécifiées à l'article 5.

Dans ce cas, le niveau acceptable de dégradation des caractéristiques ainsi que les conditions dans lesquelles les essais devront être effectués (de préférence en accord avec les paragraphes appropriés ci-dessous) doivent figurer dans le cahier des charges du matériel.

7.1 *Mesures initiales dans les conditions normalisées d'essai*

Les caractéristiques doivent être évaluées d'abord dans les conditions normalisées d'essai; voir l'article 5.

Etant donné que ces caractéristiques peuvent dépendre de la température et de l'humidité, et que la loi de cette dépendance est généralement inconnue, les mesures sont habituellement effectuées à l'un des ensembles de conditions d'arbitrage normalisées spécifiées au paragraphe 5.2.3, de préférence à celui qui correspond à une température ambiante de $+20 \pm 1\,^{\circ}C$.

7.2 *Variation de tension de la source d'énergie dans le domaine spécifié*

7.2.1 *Définition*

Le domaine de tensions de la source d'énergie est le domaine des tensions d'alimentation pour lequel le matériel devra avoir un fonctionnement conforme à des caractéristiques spécifiées.

7.2.2 *Conditions d'essai*

Le matériel doit être mis en fonctionnement dans les conditions atmosphériques normalisées (voir paragraphe 5.2) et dans des conditions normalisées concernant la source d'énergie (voir paragraphe 5.1) à l'exception de la tension, qui doit être réglée successivement aux valeurs maximale et minimale indiquées dans le cahier des charges du matériel.

Il faut prendre soin de n'effectuer les mesures que lorsque l'équilibre thermique est atteint.

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

separated by 50 Hz or 60 Hz may be present. For frequencies between 10 kHz and 150 kHz, a bandwidth of 200 Hz would be appropriate. For frequencies higher than 150 kHz, bandwidths between 500 Hz and 6 kHz may be used.

Note. — For details of the C.I.S.P.R. measurement methods, see C.I.S.P.R. Publication 16: C.I.S.P.R. Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

6.2.2.3 *Wideband measurements of superimposed noise*

Measurements should be made using a wideband oscilloscope having a bandwidth equal to at least twice the baseband bandwidth. The peak-to-peak value of the superimposed noise voltage should be expressed as a percentage of the nominal value of the d.c. voltage (e.g. 2%).

7. Measurements under conditions deviating from standard test conditions

If required, the performance characteristics of the equipment may be determined during or after a period within which the equipment is subjected to conditions differing from the standard test conditions specified in Clause 5.

In such cases, the acceptable degradation in performance and the conditions under which the tests should be made (preferably in accordance with those of the following sub-clauses which are relevant) shall be given in the detailed equipment specification.

7.1 *Initial measurements under standard test conditions*

The performance characteristics shall first be evaluated under standard test conditions (see Clause 5).

As these characteristics may depend on temperature and humidity and the law of dependence is generally unknown, the measurements should be made at one of the standard referee conditions specified in Sub-clause 5.2.3, preferably at that corresponding to an ambient temperature of $+20 \pm 1\,^{\circ}C$.

7.2 *Variation of power supply voltage within the specified range*

7.2.1 *Definition*

The power supply voltage range is the range of voltages over which the equipment should operate with a specified performance.

7.2.2 *Test conditions*

The equipment shall be operated under standard atmospheric conditions (see Sub-clause 5.2) and standard power supply conditions (see Sub-clause 5.1), except for the voltage which shall be subsequently adjusted to the maximum and to the minimum values stated in the detailed equipment specification.

Care shall be taken to ensure that the measurement is made after thermal equilibrium has been reached.

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

7.3 *Variation de la température ambiante dans le domaine de températures spécifié*

7.3.1 *Définition*

L'expression «domaine de températures» se rapporte au domaine des températures ambiantes pour lequel le matériel devra avoir un fonctionnement conforme à des caractéristiques spécifiées.

7.3.2 *Conditions d'essai*

Le matériel doit être mis en fonctionnement dans les conditions normalisées concernant la source d'énergie, et la température doit être élevée et abaissée aux valeurs maximale et minimale indiquées dans le cahier des charges du matériel conformément aux stipulations de la Publication 68-2-2 de la C E I: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais — Essais B: Chaleur sèche, et, au besoin, de la Publication 68-2-1 de la C E I: Essais A: Froid.

7.4 *Humidité*

Lorsqu'il faut effectuer des essais dans des conditions d'humidité spécifiées, il convient que de tels essais le soient dans les conditions spécifiées dans la Publication 68-2-3 de la C E I: Essai Ca: Essai continu de chaleur humide.

7.5 *Autres conditions d'environnement*

Quand, après accord mutuel, il est décidé de déterminer les caractéristiques de fonctionnement du matériel dans d'autres conditions d'environnement que celles qui sont indiquées dans les paragraphes précédents (par exemple: vibrations, chocs, poussière ou sable ou les deux, etc.), les mesures peuvent être effectuées pendant, et/ou après l'exposition du matériel aux contraintes que l'on est convenu de lui appliquer dans les conditions choisies dans les parties appropriées de la Publication 68 de la C E I: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.

SECTION DEUX — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES

8. Généralités

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 d'intérêt général qui suivent.

La présence éventuelle, aux accès utilisés pour appliquer les signaux d'essai, de signaux parasites, y compris les harmoniques, ne devra pas être négligée. Ces signaux indésirables risquent de perturber le fonctionnement de l'appareillage de mesure, de la liaison simulée ou du sous-ensemble à l'essai. Il convient d'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, ils peuvent modifier les caractéristiques à fréquence radioélectrique à mesurer, par exemple en raison de la chaleur qu'ils produisent.

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

7.3 *Variation of ambient temperature within the specified temperature range*

7.3.1 *Definition*

The term "temperature range" refers to the range of ambient temperatures over which the equipment should operate with a specified performance.

7.3.2 *Test conditions*

The equipment shall be operated under standard power supply conditions and the temperature shall be raised and lowered to the maximum and minimum values specified in the detailed equipment specification, in accordance with the provisions of IEC Publication 68-2-2: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests — Tests B: Dry Heat, and if necessary IEC Publication 68-2-1: Tests A: Cold.

7.4 *Humidity*

When tests under specified conditions of humidity are required, they should be carried out under the conditions specified in IEC Publication 68-2-3: Test Ca: Damp Heat, Steady State.

7.5 *Other environmental conditions*

When, by mutual agreement, the performance of the equipment is to be determined under conditions other than those stated in the preceding sub-clauses, e.g. vibration, shock, dust and/or sand, etc., the measurements may be made during and/or after exposing the equipment to the agreed conditions selected from the appropriate parts of IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures.

SECTION TWO — MEASUREMENTS IN THE RADIO-FREQUENCY RANGE

8. General

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 described 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 itself or the simulated 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, they may modify the r.f. characteristics to be measured—for example by the generation of heat.

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

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

Dans les articles qui suivent, il ne sera fourni aucune indication sur les méthodes nécessaires pour protéger le dispositif de mesure contre les brouillages éventuels à fréquence radioélectrique. Lorsque la méthode de mesure fait appel à un balayage en fréquence, la bande passante du récepteur de mesure (amplificateur sélectif, détecteur d'amplitude et oscilloscope) devra être 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 des mesures exposées dans les articles ci-après, il est conseillé de fournir un schéma du montage réel d'essai — faisant apparaître les charges, les isolateurs, les filtres passe-bas et tous autres détails utiles — et de donner le numéro du type de chacun des appareils de mesure avec les puissances nominales des affaiblisseurs utilisés. La précision de mesure et les causes d'erreurs devront être indiquées. Toute ambiguïté méritant d'être relevée devra être consignée.

9. **Fréquence porteuse**

9.1 *Définition et considérations générales*

La fréquence porteuse est la fréquence dans le spectre du signal à fréquence radioélectrique qui est modulée par un signal d'information. La fréquence porteuse est normalement mesurée en l'absence de modulation et, si l'on utilise une dispersion d'énergie, on la rendra inopérante avant d'entreprendre les mesures.

Note. — La fréquence porteuse est la fréquence «f_n» ou «f'_n» figurant dans les recommandations du CCIR concernant les dispositions de canaux aux fréquences radioélectriques.

La fréquence porteuse peut être mesurée soit à la sortie de l'émetteur d'une station terminale, soit à la sortie de l'émetteur d'une station relais après sa transmission à travers un certain nombre de répéteurs de type «hétérodyne» d'une liaison simulée. Dans le dernier cas, on pourra observer différentes valeurs en fonction du nombre des changements de fréquence et des erreurs de fréquence des oscillateurs locaux.

9.2 *Méthode de mesure*

Le montage général de mesure d'une porteuse non modulée est représenté à la figure 4, page 96. Le filtre passe-bande n'est nécessaire qu'en présence de signaux parasites. L'affaiblisseur n'est nécessaire que si le domaine des niveaux à l'entrée du fréquencemètre ne couvre pas le domaine des niveaux concerné dans la mesure.

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.

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

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

In the following clauses no reference will be made to the methods required to protect 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 on 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 used—showing loads, isolators, low-pass filters, and other details—and to list the type numbers of the various instruments used and the power ratings of attenuators. The accuracy of the measurement and the sources of error should be stated and any noteworthy ambiguities which occur should be stated.

9. Carrier frequency

9.1 *Definition and general considerations*

The carrier frequency is that frequency in the r.f. signal spectrum which is modulated by an information signal. Carrier frequency is normally measured without modulation, and if energy dispersal is employed, it should be rendered inoperative before making measurements.

Note. — The carrier frequency is the frequency "f_n" or "f'_n" given in the CCIR recommendations on radio-frequency channel arrangements.

The frequency of the carrier may be measured either at the terminal station transmitter output or at a repeater station transmitter output after transmission through a number of heterodyne repeaters in a simulated system. In the latter case different values will be observed depending upon the number of frequency changes and upon the frequency errors of the local oscillators.

9.2 *Method of measurement*

The general arrangement for measuring unmodulated carrier frequency is shown in Figure 4, page 96. The band-pass filter is required only if spurious signals are present. The attenuator is only required if the range of the frequency meter does not cover the range of levels required.

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 provided, should be rendered inoperative.

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

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

En variante, on peut utiliser l'enregistreur pour enregistrer les indications du fréquencemètre numérique sur un certain nombre de coups. On peut considérer qu'un nombre minimal de 100 coups 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 qu'il 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.

Note. — La méthode ci-dessus peut également être 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 devra dépasser 100 périodes de la fréquence de modulation.

9.3 *Présentation des résultats*

Les résultats fournis par le fréquencemètre numérique devront être enregistrés manuellement ou automatiquement en fonction du temps. Le temps d'intégration du fréquencemètre devra être indiqué.

9.4 *Détails à spécifier*

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

a) la ou les fréquences porteuses;

b) les tolérances.

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

10.1 *Définition et considérations générales*

L'impédance (admittance) d'entrée ou de sortie des matériels utilisés dans les faisceaux hertziens terrestres 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.).

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

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

ou encore par:

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

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.):

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{r.o.s.} + 1}{\text{r.o.s.} - 1} \right) \text{ (dB)} \qquad (10\text{-}3)$$

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

Alternatively, the recorder may be used to record the indications of the digital frequency meter for a number of counts. One hundred counts are sufficient for practical purposes, but 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.

Note. — 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 on the modulating signal frequency and the frequency deviation. The averaging interval of the digital frequency meter should exceed 100 cycles of the modulating frequency.

9.3 *Presentation of results*

The readings of the digital frequency meter should be recorded manually or automatically as a function of time. The integrating time of the digital frequency meter should be stated.

9.4 *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.

10. Impedance (or admittance) measurements

10.1 *Definition and general considerations*

The input or output impedance (admittance) of equipment used in radio-relay 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.

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

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

or alternatively by:

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

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:

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{v.s.w.r.} + 1}{\text{v.s.w.r.} - 1} \right) \text{ (dB)} \qquad (10\text{-}3)$$

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

10.2 *Méthodes de mesure*

Les méthodes de mesure ci-après conviennent pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation de dispositifs linéaires. Des méthodes particulières 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 méthodes ne sont pas décrites ici.

Les mesures peuvent s'effectuer ou bien point par point, ou bien en utilisant un générateur à balayage de fréquence. La méthode de mesure point par point nécessite un grand nombre de mesures et demande beaucoup de temps. Avec l'une ou l'autre méthode, 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.

10.2.1 *Méthode point par point utilisant une ligne fendue*

Un montage type de mesure est représenté à la figure 5, page 96. Le matériel à l'essai devra avoir un comportement linéaire au niveau des fréquences radioélectriques nécessaire pour le fonctionnement de l'indicateur de r.o.s. Le générateur à fréquence radioélectrique est habituellement modulé en amplitude et un détecteur à diode accordable ou à large bande est monté dans la sonde mobile. L'indicateur du 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 dans toute la bande des fréquences radioélectriques à laquelle on s'intéresse.

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

Un montage type de mesure est représenté à la figure 6, page 97. Le générateur à balayage en fréquence est modulé en amplitude et la sonde mobile est munie d'un détecteur à diode à large bande. L'amplificateur à fréquence acoustique comporte un détecteur en sortie et est accordé sur la fréquence de modulation. Le dispositif de lecture du r.o.s. peut être un oscilloscope, de préférence du type à mémoire, ou un enregistreur X-Y. Le dispositif devra être étalonné au moyen de charges présentant des valeurs de désadaptation connues. Le balayage horizontal de l'oscilloscope correspond au balayage en fréquence du générateur. 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 devra 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.

10.2.3 *Méthode réflectométrique à balayage de fréquence*

Un montage type de mesure est représenté à la figure 7, page 97. 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 de ces fractions de puissances incidente et réfléchie.

Pour l'étalonnage, 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 correspond à un affaiblissement d'adaptation 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 ne seront pas horizontales et devront donc être dessinées sur la face avant du tube cathodique avec un marqueur effaçable: l'étalonnage devra être enregistré et inclus dans la présentation des

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

10.2 *Methods of measurement*

The following methods of measurement are valid for measuring the return-loss or v.s.w.r. 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 point-by-point or sweep-frequency methods. The point-by-point method requires a large number of 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.

10.2.1 *Slotted-line point-by-point method*

A typical test arrangement for the slotted-line point-by-point method is shown in Figure 5, page 96. The equipment under test should behave linearly at the r.f. 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 wide-band diode detector. The v.s.w.r. indicator is usually a selective voltmeter tuned to the modulation frequency, e.g. 1 kHz to 200 kHz, and measurements should be made over the entire r.f. band of interest.

10.2.2 *Slotted-line sweep-frequency method*

A typical test arrangement for the slotted-line sweep-frequency method is shown in Figure 6, page 97. The sweep generator is amplitude modulated and the moving probe contains a wideband diode detector. The audio 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 equipment should be calibrated by using loads having known values of mismatch. The 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.

10.2.3 *Reflectometer sweep-frequency method*

A typical arrangement for reflectometer sweep-frequency method is shown in Figure 7, page 97. Samples of both the incident and the reflected power are obtained using a 4-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 will not be horizontal and they should therefore be drawn on the face of the cathode ray tube with an erasable marker: the calibration should be recorded and included in the presentation of results.

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

résultats. En réglant le gain de l'oscilloscope, de grandes ou de petites variations de l'affaiblissement d'adaptation sur toute la bande de fréquence balayée peuvent ainsi être mesurées.

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 à 2 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.

10.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure devront être présentés sous 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, il devront 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».

En variante, on donnera le r.o.s. dans la gamme de fréquences requise.

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

10.4 *Détails à spécifier*

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

a) impédances nominales;

b) affaiblissement d'adaptation minimal toléré ou r.o.s. maximal;

c) gamme de fréquence.

11. Mesures de niveaux

11.1 *Définition et considérations générales*

Aux fréquences radioélectriques utilisées dans les faisceaux hertziens terrestres, le terme «niveau» se rapporte habituellement à la puissance. Pour les besoins de cette section, les définitions du niveau, du gain en puissance, du gain (ou de la perte) d'insertion ainsi que de l'isolement, sont les suivantes:

11.1.1 *Niveau d'entrée*

Le niveau d'entrée est défini comme la puissance délivrée au matériel à l'essai par un générateur dont l'impédance de sortie est adaptée à l'impédance d'entrée nominale Z_0 du matériel à l'essai.

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

11.1.2 *Niveau de sortie*

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

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

By adjusting the gain of the oscilloscope, large or small variations of return-loss over the entire swept-frequency band can readily be measured.

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, with 40 dB directivity the accuracy attainable when measuring a return loss of 26 dB is limited to 2 dB.

2. — Reflectometers enabling both amplitude and phase measurements to be made may be used to show the results on a Smith's Chart.

10.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented in the form of curves or photographs of the oscilloscope display together with the calibration, or as a copy of an X-Y plot.

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".

Alternatively the v.s.w.r. should be given over the frequency range required.

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

10.4 *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 or maximum v.s.w.r.;

c) frequency range.

11. Level measurement

11.1 *Definition and general considerations*

At the ratio frequencies used for terrestrial radio-relay systems the term "level" usually refers to power. For the purpose of this section, the definitions of level, power-gain, insertion-gain (or loss) and isolation are as follows.

11.1.1 *Input level*

Input level is defined as the power delivered to the equipment under test by a generator having an output impedance which is matched to the nominal input impedance Z_0 of the equipment under test.

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

11.1.2 *Output level*

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

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

11.1.3 *Gain en puissance*

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

Si le matériel à l'essai n'est pas linéaire, les conditions dans lesquelles on définit le gain en puissance doivent être précisées comme, par exemple, «gain en puissance à la saturation» ou «gain en puissance aux faibles niveaux». Si le gain en puissance, exprimé en décibels, est un nombre négatif, il est d'usage de changer son signe et de l'appeler alors «affaiblissement».

11.1.4 *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:

a) lorsque la charge est connectée directement à la source, soit P_1,

b) lorsque la charge est raccordée à la même source à travers le matériel à l'essai, soit P_2.

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

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \qquad (11\text{-}1)$$

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

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

L'isolement entre deux accès d'un matériel 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.

11.2 *Méthodes de mesure*

Les niveaux de puissance peuvent être mesurés à l'aide de wattmètres. L'impédance des têtes de mesure de puissance en hyperfréquence est proche de la valeur nominale; ces têtes 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 affaiblisseurs de précision et/ou des coupleurs directifs étalonnés d'une puissance nominale appropriée peuvent être utilisés afin d'étendre la gamme de mesure vers les puissances plus élevées, s'il en est besoin.

Au contraire, si 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 a été mesurée. Toutefois, il suffira, le plus souvent, de mesurer la puissance reçue dans le mode fondamental.

11.2.1 *Niveau d'entrée*

Le niveau du signal d'essai à l'entrée devra être établi à travers une charge d'impédance nominale Z_0. La sortie du générateur devra alors être directement raccordée à l'accès d'entrée du matériel à l'essai sans aucun réglage supplémentaire du niveau. L'affaiblissement d'adaptation de la charge servant au réglage du niveau par rapport à l'impédance nominale Z_0 devra 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 à travers une charge adaptée.

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

11.1.3 *Power gain*

The power gain of an equipment or sub-system is defined as the ratio, expressed in decibels, of output level to 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.

11.1.4 *Insertion gain*

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

a) when the load is connected directly to the source P_1, and

b) when the same load is connected to the same source via the equipment under test, P_2.

The insertion gain, expressed in decibels, is then:

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \qquad (11\text{-}1)$$

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 a loss.

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

The isolation between two ports of an equipment 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 the other port, when all ports are terminated by the nominal impedance.

11.2 *Methods of measurement*

Power levels may be measured by means of a power-meter. The 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 micro-watt to several watts. Precision attenuators and/or calibrated directional couplers of appropriate power rating may be used to extend the range upwards 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 the 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.

11.2.1 *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.

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

11.2.2 *Niveau de sortie*

11.2.2.1 *Mesures à bas niveau*

Un récepteur sensible et sélectif, muni d'un appareil de mesure du niveau de porteuse, est raccordé, au moyen d'un affaiblisseur 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 niveau du signal d'entrée.

Régler l'affaiblisseur afin d'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 affaiblisseur variable étalonné de précision — qui peut être externe ou interne au générateur — régler le niveau pour obtenir la même lecture que celle qui a été notée précédemment. La puissance de sortie du générateur, corrigée pour tenir compte de l'affaiblissement dû à l'affaiblisseur, est alors égale à la puissance de sortie à l'accès du dispositif à l'essai.

Au lieu d'un récepteur sélectif, on peut utiliser un analyseur de spectre.

11.2.2.2 *Mesures à haut niveau*

Raccorder un coupleur directif étalonné entre l'accès du dispositif à l'essai et une charge adaptée. La puissance est mesurée par un wattmètre raccordé au bras de mesure du coupleur. Si nécessaire, des affaiblisseurs étalonnés et des filtres appropriés (pour éliminer les signaux parasites, les harmoniques ou encore des porteuses non désirées) peuvent être insérés à la sortie de mesure du coupleur directif, avant l'appareil de mesure.

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

11.2.3 *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.

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 devront être chargés par leurs impédances nominales. Les niveaux des signaux indésirables éventuels doivent être négligeables.

Un montage type, pour la mesure du gain ou de l'affaiblissement d'insertion, en fonction de la fréquence, est indiqué à la figure 8, page 98.

Le dispositif de lecture peut être, soit un enregistreur X-Y, soit un oscilloscope double trace, représenté en traits interrompus sur la figure.

La tension de balayage est appliquée à l'amplificateur X du dispositif de lecture. Dans le cas d'un enregistreur X-Y, la vitesse de balayage devra être compatible avec la vitesse de déplacement de l'équipage mobile. Le signal à fréquence radioélectrique à la sortie du générateur est modulé en amplitude par un signal à basse fréquence, par exemple 1 kHz, en même temps que sa fréquence varie pour balayer la gamme de fréquence spécifiée.

La sortie du détecteur à fréquence radioélectrique est le signal à basse fréquence d'origine. Ce signal est alors amplifié et détecté par l'amplificateur-détecteur logarithmique à basse fréquence. (Un amplificateur logarithmique permet des lectures commodes pour de grandes

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

11.2.2 *Output-level*

11.2.2.1 *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 attenuation is reduced, the meter reading increases proportionally to 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 calibrated 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.

Alternatively a spectrum analyzer may be used instead of the receiver.

11.2.2.2 *High-level measurements*

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

11.2.3 *Gain, attenuation and isolation measurements*

Gain, attenuation and isolation can all be measured by means of a suitable level meter.

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 with all other ports terminated by their nominal impedances. The level of any unwanted signals should be negligible.

A typical arrangement for measuring insertion gain or loss as a function of frequency is shown in Figure 8, page 98.

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

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 a low-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 which is then amplified and detected by the low-frequency logarithmic amplifier-detector. (A logarithmic amplifier is preferred for convenience in displaying large insertion-loss variations.) The amplitude 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

variations de l'affaiblissement d'insertion et sera donc utilisé de préférence.) L'amplitude du signal à basse fréquence est en relation directe avec celle du signal à fréquence radioélectrique à l'entrée du détecteur à fréquence radioélectrique et donc avec le gain ou l'affaiblissement d'insertion; ce signal à basse fréquence est à son tour détecté et le produit de sa détection est appliqué à l'entrée de l'amplificateur Y de l'enregistreur ou à l'une des entrées Y de l'oscilloscope. Un détecteur supplémentaire peut être utilisé pour contrôler le niveau à fréquence radioélectrique à l'entrée du matériel à l'essai. Ce détecteur peut aussi être utilisé pour assurer la régulation automatique du niveau de sortie du générateur à balayage en fréquence et pour vérifier que le signal à l'entrée du matériel à l'essai reste constant avec la fréquence au moyen de la seconde entrée Y de l'oscilloscope.

Note. — L'enregistreur X-Y peut également 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 devra être étalonné en raccordant directement le coupleur de sortie au coupleur d'entrée comme indiqué par les points A et B à la figure 8, page 98. L'affaiblisseur variable de précision est réglé à diverses valeurs en vue d'établir un étalonnage du niveau, par exemple 0,1 dB, 0,2 dB, 0,3 dB, ou 1 dB, 2 dB, etc. Le générateur à balayage est réglé pour fournir des fréquences fixes connues et l'affaiblisseur variable de précision manœuvré de façon à obtenir un étalonnage du niveau à ces fréquences.

Le matériel à l'essai est alors raccordé entre les points A et B et l'affaiblisseur réglé à la plus basse valeur utilisée lors de l'étalonnage. Le gain (ou l'affaiblissement) d'insertion du matériel à l'essai est relevé en fonction de la fréquence.

Dans le montage d'essai de la figure 8, la puissance de sortie est mesurée au moyen d'un coupleur directif comme cela est expliqué au paragraphe 11.2.2.2. Pour les mesures de gain d'insertion mettant en jeu des puissances de sortie faibles, ou pour les mesures d'affaiblissement d'insertion, le coupleur et la charge adaptée peuvent être remplacés par un isolateur raccordé entre l'accès de sortie du matériel et l'affaiblisseur variable de précision à fréquence radioélectrique.

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 le gain (l'affaiblissement) d'insertion, signaux incident et réfléchi pour l'affaiblissement d'adaptation) à une fréquence intermédiaire basse, par exemple 20 kHz. Ils utilisent des mélangeurs linéaires sur une grande dynamique de niveaux, par exemple 70 dB. Les mélangeurs ont une réponse pratiquement uniforme sur toute la gamme allant de 10 MHz à 12 GHz environ.

Avec un tel appareillage de mesure, il est possible de mesurer les gains ou les affaiblissements avec une précision de 0,1 dB par 10 dB jusqu'à des valeurs élevées, par exemple 70 dB, et de relever des réponses en fréquence sur une zone étendue dans n'importe quelle plage de variation 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, enregistreur X-Y ou oscilloscope.

11.2.4 *Présentation des résultats*

Les valeurs de gain, d'affaiblissement ou de niveau à des fréquences spécifiées, devront être données en décibels ou en décibels par rapport à une puissance spécifiée, selon le cas approprié. Si les lignes de transmission à fréquence radioélectrique utilisées dans la mesure peuvent transmettre la puissance selon plusieurs modes de propagation, le mode ou les modes spécifiés auxquels s'appliquent les résultats devront être indiqués.

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

low-frequency signal is related to that of the r.f. signal at the r.f. detector and therefore can be related to the insertion gain (or loss); the detected low frequency input signal 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 the r.f. input level to the equipment under test. This detector may also be used to automatically control the output level of the r.f. generator and to verify that the input signal 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 in Figure 8, page 98. 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, or 1 dB, 2 dB, etc. The sweep generator is set to known fixed frequencies and the precision variable attenuator operated to establish a calibration of level at these frequencies.

The equipment under test is then connected between points A and B and the attenuator set to the lowest value used in the calibration procedure. The insertion gain (or loss) of the equipment under test is then plotted against frequency.

In the test arrangement of Figure 8, output power is measured using a directional coupler as explained in Sub-clause 11.2.2.2. For insertion gain measurements involving low output powers or for insertion loss measurements, the coupler and matched load may be replaced by an isolator connected between the equipment output port and the r.f. variable attenuator.

Commercial equipment is available to measure either insertion gain (or loss) or return-loss (modulus and angle) by the sweep-frequency method. This equipment heterodynes both signals (input signal and output signal for insertion gain (or loss) and incident and reflected signals for return-loss) to a low i.f., for example 20 kHz, using mixers which are linear over a wide dynamic range, for example 70 dB. 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 gain or loss with an accuracy of 0.1 dB/10 dB over a wide range, for example 70 dB, 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 realise the ultimate accuracy of the equipment. The result may be displayed as amplitudes against frequency by means of an X-Y recorder or an oscilloscope.

11.2.4 *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 specified mode or modes to which the results apply should be stated.

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

11.2.5 *Détails à spécifier*

Lorsque ces mesures sont exigées, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

a) niveaux;

b) gains et affaiblissements;

c) gammes de fréquences.

12. Caractéristique amplitude/fréquence

12.1 *Définition et considérations générales*

La caractéristique amplitude/fréquence est donnée par la courbe présentant 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.

La caractéristique amplitude/fréquence définie ci-dessus ne s'applique qu'aux réseaux linéaires ou quasi linéaires à l'exclusion des réseaux non linéaires.

12.2 *Méthode de mesure*

Il est préférable d'effectuer la mesure en utilisant la méthode de balayage en fréquence dans laquelle la sortie du générateur balayé en fréquence est appliquée à l'accès d'entrée du matériel à l'essai. L'accès de sortie du matériel à l'essai est raccordé soit à un détecteur à large bande ayant une caractéristique amplitude/fréquence plate, soit à un appareil de mesure de niveaux sélectifs à poursuite en fréquence.

En variante, on peut utiliser une méthode point par point.

Pour chacune des deux méthodes, des instruments adéquats sont commercialement disponibles.

12.3 *Présentation des résultats*

Dans le cas d'un balayage en fréquence, une photographie de la trace de l'oscilloscope ou une copie de la bande d'enregistrement de l'enregistreur X-Y devra être fournie. Si les résultats de mesure ne peuvent pas être donnés sous forme graphique, ils seront exprimés 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 mesures point par point seront soit présentés sous forme de tableaux, soit énoncés comme indiqué ci-dessus.

Quand, à partir de la caractéristique mesurée, des composantes d'ondulation peuvent être aisément identifiées, il convient que leurs amplitudes (en décibels crête à crête) et leurs périodes (en mégahertz) soient indiquées.

12.4 *Détails à spécifier*

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

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

11.2.5 *Details to be specified*

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

a) levels;
b) gains and losses;
c) frequency ranges.

12. Amplitude/frequency characteristic

12.1 *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.

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

12.2 *Method of measurement*

The measurement is preferably carried out using the sweep-frequency method in which the output of a sweep-frequency generator is applied to the input port of the equipment under test. The output port of the equipment under test is fed to either a wideband detector having a flat amplitude/frequency characteristic, or to a tracking selective level meter.

Alternatively the point-by-point method may be used.

For either method, suitable instruments are commercially available.

12.3 *Presentation of results*

For sweep-frequency measurements, a photograph of the display or a copy of the X-Y plot should be supplied. 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 periods (in megahertz) should be stated.

12.4 *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) variation d'amplitude tolérée pour la caractéristique;

b) pente tolérée pour la caractéristique;

c) limites en fréquence;

d) fréquence de référence.

13. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence

13.1 *Définition et considérations générales*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (13\text{-}1)$$

où:

$A(\omega)$ est la caractéristique amplitude/fréquence
$B(\omega)$ est 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 $B(\omega)$ par rapport à ω, soit:

$$\tau(\omega) = \frac{d\ B(\omega)}{d\ \omega} \qquad (13\text{-}2)$$

et 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, défini ci-dessus, et le temps de propagation de groupe à une fréquence de référence.

13.2 *Méthode de mesure*

On emploie un signal à fréquence radioélectrique 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 à fréquence intermédiaire similaire.

En effet, la mesure est faite à la fréquence intermédiaire comme indiqué dans l'article 21, mais elle nécessite des convertisseurs élévateur et abaisseur de fréquence linéaires et à large bande afin d'adapter le dispositif à fréquence radioélectrique à l'essai à la gamme de fréquences du générateur et du récepteur à fréquence intermédiaire.

Il est nécessaire d'effectuer deux mesures, l'une en raccordant directement le convertisseur élévateur au convertisseur abaisseur, sans insérer le matériel à l'essai, afin de déterminer le temps de propagation de groupe résiduel de l'appareillage de mesure, l'autre en insérant le matériel à l'essai, afin d'obtenir le temps de propagation de groupe total. Le temps de propagation de groupe du dispositif à l'essai est obtenu en soustrayant du temps de propagation de groupe total, le temps de propagation de groupe résiduel.

Les impédances des accès à fréquence radioélectrique des convertisseurs élévateur et abaisseur de fréquence devront 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 l'équivalent du dispositif à l'essai en longueur de ligne de transmission n'est pas inséré lors de l'étalonnage initial.

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) permitted amplitude slope;
c) frequency limits;
d) reference frequency.

13. Group-delay/frequency characteristic

13.1 *Definition and general considerations*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (13\text{-}1)$$

where:

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

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

$$\tau(\omega) = \frac{d\ B(\omega)}{d\ \omega} \qquad (13\text{-}2)$$

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 above and the group-delay at a reference frequency, is measured.

13.2 *Method of measurement*

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 21, 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 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.

The impedance of the r.f. ports of up-converters and down-converters should correspond closely to 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.

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

Les convertisseurs devront avoir un fonctionnement linéaire entre leurs accès à fréquence intermédiaire et à fréquence radioélectrique. De plus, un filtre passe-bande à fréquence radioélectrique doit être placé à la sortie du convertisseur élévateur afin que seule la bande latérale supérieure (ou inférieure) soit appliquée au dispositif à l'essai. Ce filtre passe-bande devra avoir lui-même une caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence plate, ou bien cette caractéristique devra être égalisée pour obtenir une réponse quasi constante au moyen d'égaliseurs appropriés. Dans certains cas, l'égaliseur peut être incorporé dans la partie à fréquence intermédiaire ou à fréquence radioélectrique du matériel à l'essai. Si le matériel à l'essai est un filtre passe-bande à fréquence radioélectrique, le filtre ci-dessus et l'égaliseur peuvent être omis.

Note. — En variante, on peut utiliser des méthodes basées sur l'emploi d'un voltmètre vectoriel ou d'un analyseur de réseau.

13.3 *Présentation des résultats*

La caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence doit être, de préférence, une reproduction de l'image tracée sur l'écran de l'oscilloscope, avec la fréquence en abscisse. La présentation devra être similaire à celle de la figure 20, page 104.

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

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

Quand, à partir de la caractéristique mesurée, des composantes d'ondulation peuvent aisément être identifiées, il convient que leurs amplitudes (en nanosecondes crête à crête) et leurs périodes (en mégahertz) soient indiquées.

13.4 *Détails à spécifier*

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

a) bande de fréquence requise en fréquence radioélectrique;

b) fréquence de modulation (de mesure);

c) variation maximale tolérée pour le temps de propagation de groupe dans la bande à fréquence radioélectrique requise;

d) pente maximale tolérée pour le temps de propagation de groupe dans la bande à fréquence radioélectrique requise.

14. Gain différentiel — Phase différentielle

14.1 *Considérations générales*

Dans les faisceaux hertziens de petite capacité, la mesure des caractéristiques «amplitude/fréquence» (voir article 12) et «temps de propagation de groupe/fréquence» (voir article 13), entre les accès à fréquence radioélectrique d'un matériel à l'essai, est généralement suffisante pour l'évaluation de la distorsion en bande de base introduite par ce matériel, et certains effets de non-linéarité, notamment la conversion m.a/m.p, peuvent être normalement négligés. Cependant, dans les faisceaux hertziens d'une capacité supérieure à 900 voies environ,

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

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. The r.f. band-pass filter should itself have either a flat-group delay/frequency characteristic or its group-delay characteristic should be equalized to a flat response by means of a suitable equalizer. In some cases the equalizer may be incorporated in the i.f. or r.f. part of the equipment under test. If the equipment under test is an r.f. band-pass filter, then the above filter and equalizer can be omitted.

Note. — Alternative methods using a vector-voltmeter or network analyzer may be used.

13.3 *Presentation of results*

The group-delay/frequency characteristic should be presented preferably as a reproduction of an oscilloscope display with frequency as the abscissa. The presentation should be similar to that in Figure 20, page 104.

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 values (in nanoseconds peak-to-peak) and their periods (in megahertz) should be stated.

13.4 *Details to be specified*

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

a) required r.f. bandwidth;

b) modulation (measuring) frequency;

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

d) permitted group-delay slope within the required r.f. bandwidth.

14. Differential gain and phase characteristics

14.1 *General considerations*

In low capacity radio-relay systems the measurement of the amplitude/frequency characteristic (see Clause 12) and the group-delay/frequency characteristic (see Clause 13) between terminals of any r.f. sub-system under test are generally sufficient to assess the baseband distortion introduced by the equipment and non-linear effects, namely a.m. to p.m. conversion, may normally be neglected. However, in radio-relay systems having a capacity higher than about 900 channels, the effects of non-linear distortion of the f.m. signal becomes

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

les distorsions non linéaires du signal modulé en fréquence prennent plus d'importance. C'est pourquoi, en plus de la caractéristique de temps de propagation de groupe, il peut être nécessaire de mesurer le gain et la phase différentiels.

Note. — Quand on utilise des espacements entre canaux radioélectriques inférieurs à ceux qui sont recommandés dans les recommandations du CCIR, il peut être nécessaire de mesurer le gain et la phase différentiels pour des faisceaux hertziens de capacité inférieure à la capacité mentionnée ci-dessus.

Le gain différentiel (*DG*) et la phase différentielle (*DP*) sont essentiellement définis pour des matériels ayant des accès d'entrée et de sortie en bande de base selon la définition donnée dans la Publication 487-1-4 de la CEI: Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres, Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et aux liaisons simulées. Section quatre — Mesures en bande de base. Cette définition fondamentale, qui met en jeu la transmission simultanée d'un signal d'essai de faible amplitude et de fréquence élevée en bande de base et d'un signal de balayage de grande amplitude à basse fréquence à travers le matériel à l'essai, peut être étendue à un matériel aux fréquences radioélectriques en adjoignant un convertisseur élévateur de fréquence à un modulateur de mesure à fréquence intermédiaire et un convertisseur abaisseur à un démodulateur de mesure à fréquence intermédiaire.

Au lieu d'un convertisseur élévateur de fréquence associé à un modulateur de mesure à fréquence intermédiaire, on peut utiliser un modulateur de mesure opérant directement en fréquence radioélectrique.

Ces éléments complémentaires devront avoir des distorsions de gain et de phase différentiels très inférieures à celles du matériel à l'essai. Les modulateurs et démodulateurs de fréquence intermédiaire sont définis dans la Publication 487-2-4 de la CEI: Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres, Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles. Section quatre — Modulateurs de fréquence, et la Publication 487-2-5 de la CEI: Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles. Section cinq — Démodulateurs de fréquence. Des convertisseurs élévateurs et abaisseurs appropriés pour l'exécution des mesures sont présentés au paragraphe suivant. La signification des réponses en *DG*/*DP*, le choix de la fréquence d'essai et l'étalonnage du matériel de mesure sont exposés dans la section trois, article 21. Ces considérations s'appliquent aussi aux mesures sur des sous-ensembles en fréquence radioélectrique.

La mesure du *DG* inclut normalement l'effet combiné de la conversion m.a./m.p. d'un réseau non linéaire et la pente du temps de propagation de groupe du réseau linéaire qui le précède. Il convient de se rappeler, par conséquent, que la réponse globale en *DG* ne peut pas être établie à partir des mesures du *DG* séparées sur chacun des sous-ensembles en série. Il est donc impératif, lorsque l'on effectue des mesures de *DG*/*DP* sur des sous-ensembles en fréquence radioélectrique, de mesurer le gain différentiel global des sous-ensembles mis en série lorsqu'ils présentent à la fois de la distorsion linéaire et non linéaire, par exemple l'ensemble d'un filtre de canal radioélectrique suivi d'un amplificateur de sortie.

Note. — Pour la mise en série d'un réseau linéaire et d'un réseau non linéaire, on trouvera des relations mathématiques entre les valeurs mesurées pour *DG*/*DP* et les caractéristiques des réseaux, dans la section trois, article 21. Ces relations sont, normalement, également valables pour des réseaux à fréquence radioélectrique mis en série. Cependant, dans le cas de types spéciaux d'amplificateurs (exemple: boucles à verrouillage de phase, amplificateurs diviseurs-multiplicateurs), les mesures de *DG*/*DP* peuvent n'être pas directement utilisables pour l'évaluation de la distorsion en bande de base introduite par le matériel à l'essai.

14.2 *Méthode de mesure*

Un dispositif simplifié pour la mesure de *DG*/*DP* aux fréquences radioélectriques est donné à la figure 9, page 99. Un analyseur de faisceau hertzien pour mesurer *DG*/*DP* aux fréquences intermédiaires est utilisé, comme décrit dans la section trois, article 21, mais des compléments

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

more important. Therefore in addition to measuring the group-delay characteristic, it may be necessary to measure the differential gain and phase.

Note. — When using carrier spacings less than those given in the CCIR recommendations it may be necessary to measure differential gain and phase on systems of lower capacity than stated above.

Differential gain (*DG*) and differential phase (*DP*) are primarily defined for equipment having baseband input and output terminals as given in IEC Publication 487-1-4: Methods of Measurement for Equipment Used in Terrestrial Radio-relay Systems, Part 1: Measurements Common to Sub-systems and Simulated Radio-relay Systems. Section Four — Measurements in the Baseband. This basic definition, involving the simultaneous transmission of a small amplitude high frequency test-signal and a large amplitude low-frequency sweep-signal through the equipment under test may be extended to r.f. equipment by the addition of an up-converter to an i.f. measurement modulator and by the addition of a down-converter to an i.f. measurement demodulator.

Instead of the up-converter and i.f. modulator, a direct r.f. measurement modulator may be used.

These additional items should have *DG* and *DP* distortions much lower than those of the equipment under test. I.F. measurement modulators and demodulators are defined in IEC Publication 487-2-4: Methods of Measurement for Equipment Used in Terrestrial Radio-relay Systems, Part 2: Measurements for Sub-systems. Section Four — Frequency Modulators, and IEC Publication 487-2-5: Part 2: Measurements for Sub-systems. Section Five — Frequency Demodulators. Up and down-converters for measurement purposes are discussed in the following sub-clause. The significance of the *DG* and *DP* responses, choice of test frequency and calibration of the test equipment are discussed in Section Three, Clause 21. These considerations also apply to measurements on r.f. sub-systems.

DG measurement normally includes the combined effect of the a.m. to p.m. conversion of a non-linear network and the group-delay slope of the preceding linear network. It should be remembered therefore, that the overall *DG* response cannot be assessed from individual *DG* measurements. It is thus mandatory, when making *DG* and *DP* measurements on r.f. sub-systems, to measure the overall differential gain and phase of cascade-connected sub-systems exhibiting both linear and non-linear distortion, for example a channel filter and an output amplifier.

Note. — For cascade-connected linear and non-linear networks, mathematical relationships between the measured *DG* and *DP* and the network parameters are given in Section Three, Clause 21. These relationships are normally also applicable to cascaded networks at r.f. However, in the case of special amplifier types (e.g. phase-locked loop, divider-multiplier amplifiers), the measured *DG* and *DP* characteristics may not be directly applicable for the assessment of the baseband distortion introduced by the equipment under test.

14.2 *Method of measurement*

A simplified arrangement for measuring *DG* and *DP* at r.f. is shown in Figure 9, page 99. A link analyzer suitable for measuring *DG* and *DP* at i.f. is used and described in Section Three, Clause 21. However, r.f. extensions are added in order to generate the test signal at r.f. and

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

aux fréquences radioélectriques sont ajoutés en vue de générer le signal d'essai à fréquence radioélectrique et de convertir le signal de sortie du matériel à fréquence radioélectrique à l'essai en signal à fréquence intermédiaire en vue de l'appliquer à l'entrée du récepteur à fréquence intermédiaire de l'analyseur de faisceau hertzien. Deux méthodes de génération du signal d'essai à fréquence radioélectrique sont possibles, comme indiqué aux figures 9*a)* et 9*b)*, page 99.

A la figure 9*a)*, un convertisseur élévateur à large bande, avec un oscillateur local accordable, est utilisé pour transposer le signal d'essai à fréquence intermédiaire en fréquence radioélectrique. Cette méthode ne peut s'employer que pour la mesure de réseaux à fréquence radioélectrique comprenant un filtre passe-bande d'entrée supprimant l'une des bandes latérales apparaissant en sortie du convertisseur élévateur (exemple: un filtre de canal radioélectrique d'un récepteur). Pour la mesure de réseaux à fréquence radioélectrique à large bande, on donne, à la figure 9*b)*, un autre dispositif dans lequel un générateur micro-ondes à fréquence balayable est employé pour produire directement le signal d'essai à fréquence radioélectrique. Les accès d'entrée pour la modulation en fréquence par des signaux extérieurs au générateur micro-ondes sont alimentés par les signaux d'essai et de balayage, en bande de base, de l'analyseur de faisceau hertzien. Le générateur comprend un modulateur de mesure en fréquence radioélectrique.

La conversion de la sortie à fréquence radioélectrique du matériel à l'essai en signal à fréquence intermédiaire est opérée au moyen d'un convertisseur abaisseur comprenant un mélangeur bas niveau à large bande et un oscillateur local accordable. Une commande automatique de fréquence est utilisée pour obtenir une fréquence intermédiaire convenable en vue de l'appliquer à la partie réceptrice de l'analyseur de faisceau hertzien.

Note. — Il convient que les caractéristiques à l'accès d'entrée pour la modulation en fréquence, par un signal extérieur, du générateur micro-ondes balayable en fréquence, soient dûment prises en compte pour assurer la validité de la mesure.

14.3 *Présentation des résultats*

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

On indiquera aussi la méthode de mesure, selon que l'on opérera suivant la figure 9*a)* ou la figure 9*b)*.

14.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence du signal d'essai en bande de base;

b) largeur de balayage;

c) maximum toléré pour la distorsion de gain différentiel (%) ou pour la distorsion de courbure équivalente (ns^2);

d) maximum toléré pour la distorsion de phase différentielle (degrés ou radians) ou pour la distorsion de temps de propagation de groupe équivalent (ns).

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

to convert the output from the r.f. equipment under test down to i.f. for application to the i.f. receiver of the link analyzer. Two alternative methods of generating an r.f. test signal are available as shown in Figures 9*a)* and 9*b)*, page 99.

In Figure 9*a)*, a broadband up-converter with a tunable local oscillator is used to heterodyne the i.f. test-signal to r.f. This method is only applicable for the measurement of r.f. networks incorporating a band-pass filter to suppress one of the sidebands appearing at the up-converter output (e.g. the channel filter of a radio receiver). For the measurement of broadband r.f. networks, an alternative arrangement is shown in Figure 9*b)* where a microwave sweep-frequency generator is used to generate the r.f. test-signal directly. External f.m. input ports are driven by the baseband sweep and test-signals of the link analyzer. The generator employs an r.f. measurement modulator.

Conversion of the r.f. output of the equipment under test to i.f. is achieved with a down-converter which incorporates a wideband low-level mixer and a tunable local oscillator. An automatic frequency control circuit is used to ensure the correct intermediate frequency for application to the receive part of the link analyzer.

Note. — The characteristics of the external f.m. input port of the sweep-frequency generator need to be taken into account in order to ensure the validity of the measurement.

14.3 *Presentation of results*

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

The method of measurement, i.e. according to Figure 9*a)* or Figure 9*b)* should be stated.

14.4 *Details to be specified*

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

a) test-signal frequency;

b) sweep width;

c) permitted maximum differential gain distortion (%) or equivalent curvature distortion (ns^2);

d) permitted maximum differential phase distortion (degrees or radians), or equivalent group-delay distortion (ns).

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

15. Signaux parasites (y compris les harmoniques)

15.1 *Définitions et considérations générales*

Les signaux parasites sont des signaux indésirables. Ils peuvent être mesurés à la sortie du matériel à l'essai, un signal pouvant être ou non présent à l'entrée.

Les harmoniques sont des signaux dont la fréquence est un multiple entier, n, de celle du signal utile, n étant supérieur à 1.

Un signal non modulé est utilisé pour fournir un niveau de référence, auquel les niveaux des signaux parasites peuvent être comparés.

15.2 *Méthode de mesure*

La méthode de mesure est différente selon que l'on désire mesurer les signaux parasites dans la bande, ou hors bande, et selon qu'il s'agit de mesurer des harmoniques.

15.2.1 *Signaux parasites dans la bande et harmoniques*

La figure 10, page 100, montre un montage de mesure approprié. Au lieu de l'analyseur de spectre, on peut utiliser un appareil de mesure de niveaux 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 pour amener la puissance de sortie à un niveau suffisant pour l'analyseur de spectre, mais il convient de 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 admettre une dynamique de niveaux d'au moins 70 dB; on devra tenir compte de tout défaut d'uniformité de sa caractéristique amplitude/fréquence.

Dans les cas où la porteuse à fréquence radioélectrique tend à surcharger l'analyseur de spectre, le dispositif de mesure de la figure 11, page 100, peut être utilisé pour mesurer les signaux parasites dans la bande, à condition de disposer de filtres appropriés et de tenir compte de leurs affaiblissements.

Note. — Pour la mesure des harmoniques, l'impédance d'entrée de l'analyseur de spectre ou de l'appareil de mesure de niveaux sélectif aux fréquences harmoniques devra être nominalement la même que l'impédance de sortie du matériel à l'essai. Si le circuit de sortie du matériel à l'essai est un guide d'ondes, des transducteurs de mode appropriés seront nécessaires.

15.2.2 *Signaux parasites hors bande*

Le dispositif de mesure des signaux parasites hors bande, non compris les harmoniques, est illustré à la figure 11. La largeur de bande du filtre passe-bande devra être inférieure à la largeur de bande nominale du matériel à l'essai. Le filtre passe-bande devra être accordé sur la fréquence de sortie spécifiée et présenter un affaiblissement d'adaptation négligeable aux fréquences hors bande.

Les considérations du paragraphe 15.2.1 restent valables pour cette mesure, sauf que l'analyseur de spectre est étalonné en introduisant un court-circuit efficace à l'accès A du circulateur. Il convient de vérifier qu'après avoir raccordé le filtre passe-bande et la charge normalisée à l'accès A du circulateur, l'amplitude de la raie de la porteuse sur l'analyseur de spectre est réduite d'au moins 30 dB.

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

15. Spurious signals (including harmonics)

15.1 *Definitions and general considerations*

Spurious signals are unwanted signals. They may be measured at the output of an equipment under test whether or not an input signal is present.

Harmonics are signals having a frequency "n" times that of the wanted signal where "n" is an integer greater than 1.

An unmodulated carrier signal is used to establish a reference level against which the levels of spurious signals can be compared.

15.2 *Method of measurement*

The method of measurement depends upon whether the spurious signals are in-band or out-of-band and whether harmonics are to be measured.

15.2.1 *In-band spurious signals and harmonics*

A suitable measuring arrangement is shown in Figure 10, page 100, 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 excessive input signal levels since significant intermodulation products may be produced 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 its amplitude/frequency characteristic.

In cases where the r.f. carrier tends to overload the spectrum analyzer, the test arrangement shown in Figure 11, page 100, may be used for measuring in-band spurious signals, provided that appropriate filters are available and their losses are taken into account.

Note. — For measuring harmonics the input impedance of the spectrum analyzer or selective level meter at harmonic frequencies should be nominally the same as the output impedance of the equipment under test. If the output circuit of the equipment under test is a waveguide, suitable mode-transducers will be required.

15.2.2 *Out-of-band spurious signals*

The arrangement for measuring out-of-band spurious signals, excluding harmonics, is shown in Figure 11. The bandwidth of the band-pass filter should be less than the nominal bandwidth of the equipment under test. The band-pass filter should be tuned to the specified output frequency and should have a negligible return loss at out-of-band frequencies.

For this measurement, the considerations of Sub-clause 15.2.1 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 port A of the circulator, the carrier response shown on the spectrum analyzer is reduced by at least 30 dB.

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

15.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure doivent être, de préférence, présentés sous la forme d'une photographie prise sur l'écran de l'analyseur de spectre avec des échelles verticale et horizontale étalonnées de façon appropriée.

Si un appareil de mesure de niveaux sélectif est utilisé, les fréquences et niveaux des signaux parasites devront être énoncés.

La bande passante de l'analyseur de spectre ou de l'appareil de mesure de niveaux sélectif devra être indiquée.

Note. — Si l'on mesure des harmoniques au moyen de transformateurs de mode, les caractéristiques de ces derniers seront aussi mentionnées dans la présentation des résultats.

15.4 *Détails à spécifier*

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

a) niveau et fréquence de la porteuse non modulée de référence;

b) gamme des fréquences dans la bande et hors bande dans laquelle on doit mesurer les signaux parasites;

c) niveau maximal admissible pour les signaux parasites;

d) bande passante de l'analyseur de spectre ou de l'appareil de mesure de niveaux sélectif à utiliser.

SECTION TROIS — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DES FRÉQUENCES INTERMÉDIAIRES

16. Affaiblissement d'adaptation

16.1 *Définition et considérations générales*

Dans les faisceaux hertziens l'on s'intéresse essentiellement à la mesure de l'affaiblissement d'adaptation plutôt qu'à celle de l'impédance ou du coefficient de réflexion.

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \qquad (16\text{-}1)$$

L'affaiblissement d'adaptation est aussi donné par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \qquad (16\text{-}2)$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \qquad (16\text{-}3)$$

Note. — Pour satisfaire aux recommandations de la référence 3, l'impédance nominale Z_0 aux fréquences intermédiaires devra être une impédance résistive de 75 Ω (dissymétrique).

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

15.3 *Presentation of results*

The results of the measurement should be presented preferably as a photograph of the spectrum analyzer display with appropriate vertical and horizontal calibration.

If a selective level meter is used, the frequencies and levels of the spurious signals should be given.

The bandwidth of the spectrum analyzer or selective level meter should be stated.

Note. — When harmonics are measured via mode-transducers, the characteristics of the transducers should be stated.

15.4 *Details to be specified*

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

a) level and frequency of the unmodulated reference carrier;
b) range of in-band and out-of-band frequencies in which the spurious signals are to be measured;
c) permitted level of spurious signals;
d) bandwidth of the spectrum analyzer or selective level meter to be used.

SECTION THREE — MEASUREMENTS IN THE INTERMEDIATE-FREQUENCY RANGE

16. **Return loss**

16.1 *Definition and general considerations*

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

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \qquad (16\text{-}1)$$

Alternatively, the return loss is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \qquad (16\text{-}2)$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \qquad (16\text{-}3)$$

Note. — To accord with reference 3, the nominal impedance Z_0 of the intermediate-frequency circuit should be 75 Ω resistive (unbalanced).

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

16.2 *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 à la figure 12, page 101. Il n'est ni impératif ni limitatif. Toute autre méthode susceptible de fournir la précision requise (± 1 dB) peut être également utilisée.

La méthode est destinée à la mesure de l'affaiblissement d'adaptation d'un élément linéaire passif, par exemple l'impédance d'entrée d'un équipement à fréquence intermédiaire. Elle peut également être employée pour mesurer l'affaiblissement d'adaptation en sortie du 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, atténuateurs, 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.

16.3 *Considérations générales sur le matériel de mesure*

16.3.1 *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 cadence de répétition du balayage de fréquence (f_s) peut être choisie dans la gamme de 10 Hz à 100 Hz, à condition que la définition du matériel de mesure soit adéquate. Cela implique que la bande passante de la section réceptrice, comprenant l'amplificateur sélectif, le détecteur d'amplitude et l'oscilloscope, soit égale à environ 50 à 100 fois la cadence de répétition du balayage.

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

16.3.2 *Pont de mesure*

Dans une gamme spécifiée 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 13, page 101, donne un exemple d'un pont de ce genre.

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.

16.3.3 *Amplificateur sélectif*

L'emploi d'un amplificateur sélectif est recommandé parce que des composantes aux harmoniques de la fréquence de mesure pourraient entacher l'exactitude des résultats. Cela provient de ce que la puissance réfléchie est fréquemment du même ordre de grandeur que celle des harmoniques.

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

16.2 *Method of measurement of return loss*

Measurements may be made either using a point-by-point method or by using a sweep frequency method. For the latter case, an example is shown in Figure 12, page 101, but it is neither mandatory nor limiting and any alternative method capable of providing the required accuracy (typically ±1 dB) may be used.

The method is intended for measuring the return loss of a linear passive device, for example the input impedance of the i.f. equipment. It may also be used for measuring the return loss at the output of the equipment (source impedance) provided that no signal is present and that the circuit under test can be considered to be 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 output connectors of the measuring equipment, may be checked using the same method.

16.3 *General considerations of the measuring equipment*

16.3.1 *Sweep frequency generator*

The generator section 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') at which the selective amplifier operates.

The repetition rate of the sweep frequency (f_s) may be chosen from the range 10 Hz to 100 Hz, provided that the resolution of the measuring equipment is adequate. This requirement implies that the pass-band of the receiver section, i.e. the selective amplifier, amplitude detector and oscilloscope, is about 50 to 100 times the repetition rate of the frequency sweep.

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

16.3.2 *Measuring bridge*

Over a specified range of signal levels, the voltage at the output of the bridge must be proportional to the magnitude of the reflection coefficient of the impedance under test. An example of such a bridge network is shown in Figure 13, page 101.

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

Suitable isolating transformers may be used so that the measuring equipment or the equipment under test, or both, may be earthed.

16.3.3 *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.

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

16.3.4 *Sensibilité du récepteur*

Le niveau minimal détectable par le récepteur devra être inférieur de 20 dB au moins au niveau minimal attendu de signal à la sortie du pont dans les conditions spécifiées au paragraphe 16.4.2.

16.4 *Mode opératoire*

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

16.4.1 *Etalonnage pour l'affaiblissement d'adaptation nul*

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

Le bras de mesure du pont est mis soit en circuit ouvert, soit en court-circuit. L'affaiblisseur situé à l'entrée de l'amplificateur sélectif est alors réglé de façon à obtenir un niveau approprié en courant continu à la sortie du détecteur d'amplitude.

Ce niveau en courant continu est comparé avec le niveau de référence en courant continu au moyen de l'oscilloscope et du commutateur électronique ainsi qu'il est indiqué à la figure 12, page 101. Les deux traces apparaissant à l'oscilloscope coïncident lorsque les deux niveaux sont égaux. La valeur correspondante de l'affaiblisseur est alors notée.

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

Une impédance de référence de 75 Ω (Z_0) est insérée dans le 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 est notée soit lorsque la coïncidence des traces se produit, soit lorsqu'on atteint la limite de sensibilité du récepteur. Cette valeur détermine la valeur maximale d'affaiblissement d'adaptation qui peut être mesurée avec une précision donnée. Des valeurs d'affaiblissement d'adaptation jusqu'à 20 dB inférieures à la valeur ainsi obtenue peuvent être mesurées avec une précision de ± 1 dB. Par exemple, lorsque cette valeur est de 50 dB, des valeurs d'affaiblissement d'adaptation jusqu'à 30 dB peuvent être mesurées à ± 1 dB près.

16.4.3 *Mesure*

L'impédance inconnue (Z) est reliée au pont, et l'atténuateur calibré est 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 le réglage de l'atténuateur et celui obtenu au paragraphe 16.4.1, pour un affaiblissement d'adaptation nul, est égale à l'affaiblissement d'adaptation de l'impédance (Z).

16.4.4 *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 de l'impédance 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

16.3.4 *Receiver sensitivity*

The minimum level detectable by the receiver should be at least 20 dB below the minimum level expected from the bridge under the conditions specified in Sub-clause 16.4.2.

16.4 *Measuring procedure*

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

16.4.1 *Calibration for zero return loss*

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

The test arm of the bridge is left either open-circuit or short-circuit. 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 12, page 101. When the two traces appearing on the oscilloscope coincide, the two d.c. levels are equal. The setting of the attenuator is then noted.

16.4.2 *Checking the balance of the measuring bridge*

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

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

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

16.4.3 *Measurement*

The unknown impedance (Z) is connected to the bridge and the calibrated attenuator 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 16.4.1, for zero return loss, is equal to the return loss of the impedance (Z).

16.4.4 *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.

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

16.4.5 *Présentation des résultats*

Les résultats des mesures doivent être, 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 qui est représentée à la figure 14, page 102, ou avec une telle échelle inversée.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas représentés graphiquement, ils devront être exprimés comme dans l'exemple suivant:

«Affaiblissement d'adaptation meilleur que 26 dB entre 60 MHz et 80 MHz.»

16.4.6 *Détails à spécifier*

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

a) valeurs limites pour l'affaiblissement d'adaptation;

b) limites de la bande de fréquences à explorer.

17. Niveaux d'entrée et de sortie

17.1 *Définition et considérations générales*

Le niveau d'entrée est défini comme la tension efficace développée aux bornes d'une charge résistive de valeur nominale, ou comme la puissance fournie à cette charge, par un générateur ayant une résistance interne de valeur nominale.

Note. — Lorsque le matériel a une entrée résistive qui diffère de la valeur nominale, la tension réelle développée aux bornes d'entrée peut s'écarter quelque peu de la tension d'entrée définie ci-dessus.

Le niveau de sortie du matériel à l'essai est défini comme la tension efficace développée aux bornes d'une charge résistive de valeur nominale ou comme la puissance fournie à cette charge.

17.2 *Méthode de mesure*

La tension à appliquer à l'entrée du matériel à l'essai est tout d'abord déteminée en connectant le générateur de signal à une charge d'impédance égale à l'impédance nominale du matériel à l'essai, puis en réglant la tension à sa valeur spécifiée. Ce générateur est ensuite raccordé aux bornes d'entrée du matériel. Le niveau de sortie est mesuré aux bornes de sortie du matériel à l'essai lorsque celles-ci sont chargées par une impédance de valeur nominale.

Les niveaux d'entrée et de sortie sont mesurés à l'aide d'un voltmètre ou d'un appareil de mesure de niveau dont l'échelle est étalonnée en tension efficace ou en décibels par rapport à 1 mW pour un signal d'entrée sinusoïdal.

Les mesures doivent être effectuées à la valeur centrale nominale de la fréquence intermédiaire.

L'impédance d'entrée de l'appareil de mesure doit être la même que l'impédance nominale du circuit à l'essai, par exemple 75 Ω. L'affaiblissement d'adaptation de l'impédance d'entrée peut être vérifié à l'aide de la méthode décrite dans l'article 16 et devra être meilleur que 30 dB si une précision de $\pm 0{,}3$ dB est demandée.

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

16.4.5 *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 14, page 102, or with this scale inverted.

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."

16.4.6 *Details to be specified*

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

a) return loss limits;

b) frequency band limits.

17. Input and output levels

17.1 *Definition and general considerations*

The input level is defined as the r.m.s. voltage developed across, or as the power delivered to a resistive termination of nominal value from a generator having an output resistance of nominal value.

Note. — When the equipment does not have a resistive input of nominal value, the actual voltage developed across the input terminals of the equipment may differ somewhat from the input voltage as defined above.

The output level of the equipment under test is defined as the r.m.s. voltage developed across, or the power delivered to, a resistive termination of nominal value.

17.2 *Method of measurement*

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

The input and output levels are measured with a voltmeter or level meter, the scale of which is calibrated in r.m.s. voltage or in decibels relative to 1 mW for a sinusoidal input signal.

The measurements should be made at the nominal centre value of the intermediate frequency.

The input impedance of the measuring instrument shall be the same as the nominal impedance of the circuit, for example 75 Ω. The return loss of the input impedance may be checked by using the method described in Clause 16 and should be better than 30 dB if an accuracy of ±0.3 dB is required.

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

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

On peut utiliser aussi un appareil de mesure de puissance. 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 $\pm 0{,}3$ dB).

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

17.3 *Présentation des résultats*

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

17.4 *Détails à spécifier*

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

a) niveau du signal d'essai;

b) fréquence du signal d'essai;

c) impédance nominale.

18. Caractéristique amplitude/fréquence

18.1 *Définition et considérations générales*

La caractéristique amplitude/fréquence est donnée par la courbe représentant, en fonction de la fréquence, le rapport exprimé en décibels entre le niveau de sortie et un niveau de référence, et cela pour une valeur constante du niveau d'entrée.

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

La signification de la mesure n'est pas la même selon qu'elle est effectuée sur un équipement fonctionnant en régime linéaire, ou sur un équipement comprenant des éléments non linéaires. Lorsque le matériel comporte, par exemple, un limiteur ou un amplificateur avec commande automatique de gain, 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.

18.2 *Méthodes 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 15, page 102, montre un exemple de montage des appareils de mesure utilisés.

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

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

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

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

17.3 *Presentation of results*

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

17.4 *Details to be specified*

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

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

18. Amplitude/frequency characteristic

18.1 *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.

Note. — The reference level is usually the output level at the nominal centre value of the 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 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 are embedded within the equipment such that it is not possible to separate the linear and non-linear parts. More sophisticated measuring techniques are under consideration for these cases.

18.2 *Method of measurement*

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

For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in Figure 15, page 102.

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

18.2.1 *Considérations générales sur le matériel de mesure*

Dans le cas d'emploi d'une méthode à balayage de fréquence, l'article 16.3.1 s'applique en ce qui concerne la cadence de répétition du balayage, la forme d'onde du signal de balayage et la bande passante du détecteur et de l'oscilloscope.

Il faudra prendre soin de s'assurer que les résultats des mesures ne sont pas affectés 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, atténuateurs et autres accessoires utilisés pour les mesures sur le matériel à essayer.

18.2.2 *Mode opératoire*

Avec un niveau d'entrée constant, le niveau de sortie est déterminé en fonction de la fréquence (f) dans les limites de la bande passante du matériel soit en employant la méthode décrite au paragraphe 17.2, soit conformément aux principes indiqués ci-dessus.

Les mesures peuvent être répétées avec un nombre restreint de valeurs différentes du niveau d'entrée, à l'intérieur de la gamme normale des niveaux d'entrée spécifiée pour le matériel considéré.

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

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

18.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de ces mesures doivent être, de préférence, présentés sous la forme d'une courbe ou d'une photographie du tracé de l'oscilloscope, conformément aux indications de la figure 16, page 102.

Lorsque les résultats sont traduits en chiffres, l'énoncé doit en être formulé comme dans l'exemple suivant:

> «La caractéristique amplitude/fréquence intermédiaire est comprise entre +0,2 dB et −0,1 dB par rapport à 70 MHz, entre 60 MHz et 80 MHz.»

Cela signifie que la différence entre la valeur maximale de l'ordonnée de la figure 16 et celle de l'ordonnée à 70 MHz n'excède pas 0,2 dB et que la différence entre cette dernière et la valeur minimale de l'ordonnée n'excède pas 0,1 dB.

18.4 *Détails à spécifier*

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

a) limites tolérées de la variation d'amplitude;

b) limites de la bande de fréquences à explorer;

c) fréquence de référence.

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

18.2.1 *General considerations of the measuring equipment*

When using a 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 16.3.1.

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

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

18.2.2 *Measurement 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 17.2, 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.

The measurements may be extended to include the 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 precautions. Appropriate measuring methods are under consideration.

18.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented preferably as a curve or photograph of the oscilloscope display as shown in Figure 16, page 102.

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

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

This means that the difference between the maximum value of the ordinate in Figure 16 and the ordinate at 70 MHz does not exceed 0.2 dB and the difference between the latter and the minimum value of the ordinate does not exceed 0.1 dB.

18.4 *Details to be specified*

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

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

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

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

19.1 *Définition*

La caractéristique statique de la commande automatique de gain 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 dans les mêmes unités, à la valeur centrale nominale de la fréquence intermédiaire.

19.2 *Méthode de mesure*

La mesure est effectuée, pour divers niveaux d'entrée, conformément à la méthode indiquée au paragraphe 17.2 à l'aide d'un générateur et d'un décibelmètre sélectif dont les échelles sont étalonnées en décibels par rapport à 1 mW (voir figure 17, page 103).

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

19.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de ces mesures doivent être, de préférence, présentés sous la forme d'une courbe semblable à celle qui est représentée à la figure 18, page 103.

Lorsque les résultats sont traduits en chiffres, ils devront être exprimés comme dans l'exemple suivant:

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

20. Caractéristique de temps de propagation de groupe/fréquence

20.1 *Définition et considérations générales*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (20\text{-}1)$$

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

$$\tau(\omega) = \frac{d\, B(\omega)}{d\, \omega} \qquad (20\text{-}2)$$

qui s'exprime en secondes.

La variation du temps de propagation de groupe est définie comme la différence entre le temps de propagation de groupe, défini ci-dessus, 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 équipement fonctionnant en régime linéaire, ou sur un équipement comprenant des éléments non linéaires. Lorsque le matériel comporte, par exemple, un limiteur présentant des effets de conversion amplitude/phase, la caractéristique «temps de propagation de groupe/fréquence» des étages précédant un tel limiteur apparaîtra modifiée.

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

19. Static a.g.c. characteristic

19.1 *Definition*

The static characteristic of the automatic gain control 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 centre value of the intermediate frequency.

19.2 *Method of measurement*

The measurement is made for various input levels in accordance with the method given in Sub-clause 17.2 by using a signal generator and a selective level meter, the scales of which are calibrated in decibels relative to 1 mW (see Figure 17, page 103).

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

19.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented preferably as a graph as shown in Figure 18, page 103.

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

> "The variation in 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."

20. Group-delay/frequency characteristic

20.1 *Definition and general considerations*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (20\text{-}1)$$

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

$$\tau(\omega) = \frac{d\, B(\omega)}{d\, \omega} \qquad (20\text{-}2)$$

and is expressed in seconds.

The group-delay variation is defined as the difference between the group delay as stated above and the group delay at a reference 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 exhibiting amplitude to phase conversion effects, the group-delay/frequency characteristic of the stages preceding the limiter will appear to be changed.

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

Dans certains cas, les éléments sélectifs sont implantés dans le matériel de telle façon que l'on ne peut séparer les parties linéaires et non linéaires.

20.2 *Méthodes 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 du matériel de mesure est indiqué à la figure 19, page 104.

20.2.1 *Conditions générales sur le matériel de mesure*

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

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

b) La modulation d'amplitude synchrone engendrée par le modulateur de fréquence doit avoir 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 doit pas être sensible à la modulation d'amplitude synchrone. Les démodulateurs du type «suiveur de fréquence» conviennent à cet effet.

c) Le discriminateur de phase ne doit pas être sensible à la modulation d'amplitude du signal d'essai en bande de base, synchrone avec la fréquence de balayage.

Lorsque les conditions énumérées ci-dessus sont remplies, la tension de sortie (V) du discriminateur de phase de la figure 19 est liée au temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ du réseau en essai par:

$$V = k\,\mu\,\tau(\omega) \qquad (20\text{-}3)$$

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

Notes 1. — Le même discriminateur de phase peut être utilisé (figure 19) pour mesurer la différentielle de la phase ($\mu\tau$), en plus des variations du temps de propagation de groupe (τ). Si l'on utilise une fréquence d'essai de 0,277 778 MHz, la tension de sortie du discriminateur 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 *a)* énoncée plus haut. Mais des valeurs très basses de f_t (par exemple 10 kHz) ne devront pas être employées afin que les mesures ne soient pas affectées par un niveau de bruit excessif.

2. — Dans les faisceaux hertziens à très grande capacité, par exemple supérieure ou égale à 1 800 voies, les caractéristiques du temps de propagation de groupe peuvent être considérablement influencées par la conversion amplitude/phase des éléments non linéaires, tels que les amplificateurs à tube à ondes progressives, les limiteurs, les convertisseurs de fréquence, etc. Dans de tels cas, la chaîne de mesure devra commencer et finir par des limiteurs faisant partie du matériel à l'essai.

20.2.2 *Méthode de mesure*

Dans la méthode préférée illustrée à la figure 19, un signal de balayage ayant une fréquence (f_s) et un signal d'essai en bande de base ayant une fréquence (f_t) supérieure à f_s sont injectés à l'entrée (ou aux entrées) en bande de base d'un modulateur de fréquence de haute qualité qui émet un signal à fréquence intermédiaire, modulé en fréquence avec un indice de modulation élevé par le signal de balayage (f_s) et avec un indice de modulation faible par le signal en bande de base (f_t).

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

In some cases, the frequency-selective networks are embedded within the equipment so that it is not possible to separate the linear and non-linear parts.

20.2 *Methods of measurement*

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

For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in Figure 19, page 104.

20.2.1 *General considerations of the measuring equipment*

The following conditions should be met by the test equipment:

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

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

c) The phase detector shall be insensitive to amplitude modulation of the baseband test signal which is synchronous with the sweep frequency.

When the above conditions are fulfilled, the output voltage (V) from the phase detector (Figure 19) is related to the group delay $\tau(\omega)$ of the network under test as follows:

$$V = k \mu \tau(\omega) \qquad (20\text{-}3)$$

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

Notes 1. — The same phase detector (Figure 19) may be used to measure the phase difference ($\mu\tau$) in addition to group-delay variation (τ). If a test frequency of 0.277 778 MHz is used, the output voltage from the detector for a 1° phase difference will be the same as for 10 ns group-delay variation. Other test frequencies satisfying condition *a)* above are acceptable, but very low values for f_t (e.g. 10 kHz) should not be used in order to avoid the effects of excessive noise.

2. — In very high capacity radio-relay equipment (e.g. 1 800 channels or more) the group-delay characteristics may be considerably influenced by the a.m./p.m. conversion of non-linear networks, such as travelling-wave tube amplifiers, limiters, converters, etc. In these cases, the measurement chain should begin and end between the limiters which are part of the equipment under test.

20.2.2 *Measuring procedure*

In the preferred method shown in Figure 19, a sweep signal having a frequency (f_s), and a baseband test signal having a frequency (f_t) higher than f_s, are fed to the baseband input(s) of a high-quality frequency modulator which generates an i.f. signal, frequency-modulated at a high-modulation index by the sweep signal, and at a low-modulation index by the baseband test signal.

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

Le signal à fréquence intermédiaire modulé est injecté dans le réseau à l'essai puis démodulé par un démodulateur de haute qualité qui redonne le signal d'essai en bande de base (f_0). Lorsque la fréquence porteuse à fréquence intermédiaire du modulateur de fréquence balaie toute la largeur de bande à fréquence intermédiaire, le signal d'essai en bande de base après démodulation subit des variations de phase et d'amplitude. Le signal sortant du discriminateur de phase est proportionnel au temps de propagation de groupe.

20.3 *Présentation des résultats*

Les résultats des mesures doivent être, de préférence, présentés sous la forme d'une courbe ou d'une photographie du tracé de l'oscilloscope ainsi qu'il est indiqué à la figure 20, page 104.

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

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

20.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence du signal d'essai (f_0);

b) bande de fréquences intermédiaires;

c) limites de variations du temps de propagation de groupe.

21. Gain et phase différentiels

21.1 *Considérations générales*

Dans les faisceaux hertziens de petite capacité, la mesure des caractéristiques «amplitude/fréquence» et «temps de propagation de groupe/fréquence» entre les accès en fréquence intermédiaire d'un matériel à l'essai, est généralement suffisante pour l'évaluation de la distorsion en bande de base introduite par ce matériel et certains effets de non-linéarité, notamment la conversion m.a./m.p., peuvent être normalement négligés. Cependant, dans les faisceaux hertziens d'une capacité supérieure à 900 voies environ, les distorsions non linéaires sur le signal modulé en fréquence prennent plus d'importance.

C'est pourquoi, en plus de la caractéristique de temps de propagation de groupe, il peut aussi être nécessaire de mesurer le gain et la phase différentiels.

Note. — Quand on utilise des espacements entre canaux radioélectriques inférieurs à ceux qui sont recommandés dans les recommandations du CCIR, il peut être nécessaire de mesurer le gain différentiel pour des faisceaux hertziens de capacité inférieure à la capacité mentionnée ci-dessus.

Le gain différentiel (*DG*) et la phase différentielle (*DP*) sont essentiellement définis pour des matériels ayant des accès d'entrée et de sortie en bande de base selon la définition donnée dans la section quatre. Cette définition fondamentale, qui met en jeu la transmission simultanée d'un signal d'essai de faible amplitude et de fréquence élevée en bande de base et d'un signal de balayage de grande amplitude à basse fréquence à travers le matériel à l'essai, peut être étendue au matériel à fréquence intermédiaire en utilisant un modulateur et un démodulateur «de mesure» tels qu'ils sont définis dans les Publications 487-2-4 et 487-2-5 de la CEI.

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

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

20.3 *Presentation of results*

The results of the measurements should be presented preferably as a curve or photograph of the oscilloscope display as shown in Figure 20, page 104.

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

"Total group-delay variation is 2.5 ns within the frequency range 60 MHz to 80 MHz."

20.4 *Details to be specified*

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

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

21. Differential gain and phase characteristics

21.1 *General considerations*

In low capacity radio-relay systems the measurement of the amplitude/frequency characteristic and the group-delay/frequency characteristic between i.f. terminals of an equipment test is generally sufficient to assess the baseband distortion introduced by the equipment and non-linear effects, namely a.m. to p.m. conversion, may normally be neglected. However, in radio-relay systems having a capacity higher than about 900 channels the non-linear distortions of the f.m. signal becomes more important.

Therefore, in addition to the group-delay characteristic it may also be necessary to measure the differential gain and phase.

Note. — When using carrier spacings less than those given in the CCIR recommendations, it may be necessary to measure differential gain and phase systems of lower capacity than stated above.

Differential gain (*DG*) and differential phase (*DP*) are primarily defined for equipment having baseband input and output terminals as given in Section Four. This basic definition, involving the simultaneous transmission of a small amplitude high frequency test-signal and a large amplitude low frequency sweep-signal through the equipment under test may be extended to i.f. equipment by using a measurement modulator and demodulator, as defined in IEC Publications 487-2-4 and 487-2-5.

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

Des modulateurs et démodulateurs de mesure qui peuvent être considérés comme «idéaux» pour les besoins pratiques, c'est-à-dire qui ont une distorsion *DG/DP* très inférieure à celle du matériel à l'essai, sont incorporés dans des matériels de mesure du type «analyseur de faisceau hertzien», disponibles commercialement.

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

Pour obtenir une meilleure évaluation de l'influence des diverses caractéristiques du matériel à l'essai et de leurs variations en fonction de la fréquence sur les résultats des mesures, il peut être utile de connaître les relations entre le gain et la phase différentiels et ces caractéristiques, notamment les caractéristiques amplitude/fréquence et temps de propagation de groupe/fréquence ainsi que le coefficient de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase.

Si le matériel à l'essai comprend un réseau linéaire dont la fonction de transfert dépend de la fréquence, suivi d'un réseau non linéaire mettant en jeu une conversion m.a./m.p., les relations correspondantes sont données dans l'annexe A.

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

Ces conclusions peuvent être résumées comme suit.

21.1.2 *Signification des résultats obtenus en DG et en DP*

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

21.1.3 *Choix de la fréquence d'essai*

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

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

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

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

21.1.1 *Dependence of differential gain and phase upon the parameters of the equipment under test and upon the test frequency*

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

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

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

These conclusions may be summarized as follows.

21.1.2 *Significance of the DG and DP responses*

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

21.1.3 *Choice of the test frequency*

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

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

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

21.1.4 *Etalonnage du matériel de mesure*

L'étalonnage du matériel de mesure, en nanosecondes, indépendant de la fréquence d'essai, correspond à une pratique courante dans les analyseurs de faisceaux hertziens lorsque des fréquences d'essai suffisamment basses, jusqu'à 500 kHz environ, sont utilisées. Cependant, au-dessus de 500 kHz l'habitude est d'employer l'étalonnage en degrés ou en radians pour la phase différentielle. On gardera présent à l'esprit que, quel que soit l'étalonnage, la caractéristique mesurée est toujours la phase différentielle (voir figure 21, page 105).

Pour des paires de réseaux linéaires et non linéaires, les grandeurs ci-dessus dépendent à la fois des contributions des parties linéaires et non linéaires et sont appelées «courbure équivalente», mesurée en nanosecondes élevées au carré, et «temps de propagation de groupe équivalent», mesuré en nanosecondes.

21.2 *Méthode de mesure*

Un dispositif simplifié pour la mesure de *DG*/*DP*, en fréquence intermédiaire, est indiqué à la figure 21. Le matériel à l'essai est raccordé à un modulateur de mesure, modulé en fréquence à la fois par le signal d'essai et le signal de balayage. La sortie du matériel à l'essai est raccordée à un démodulateur de mesure. Le signal d'essai est extrait au moyen d'un filtre passe-bande accordé sur la fréquence d'essai. La modulation d'amplitude et la modulation de phase du signal d'essai en sortie, dues à la seule distorsion du matériel à l'essai, sont détectées par des détecteurs d'enveloppe et de phase qui fournissent, respectivement, les signaux *DG* et *DP* à l'amplificateur de commande de déplacement vertical du spot du tube cathodique. Le déplacement horizontal est généré à partir du signal de balayage démodulé prélevé, à travers un filtre passe-bas, à la sortie du démodulateur de mesure.

Notes 1. — Les éléments compris dans les rectangles en trait interrompu de la figure 21 font partie de matériels de mesure disponibles dans le commerce, souvent appelés «analyseurs de faisceaux hertziens». Ces matériels fournissent, normalement, des possibilités supplémentaires permettant l'étalonnage des axes verticaux et horizontaux de la représentation oscilloscopique.

2. — Dans la position de mesure de *DP*, du commutateur de la figure 21 cette figure présente le même dispositif que celui qui est décrit dans l'article 20 pour la mesure du temps de propagation de groupe. Cependant, dans le dispositif de l'article 20, la déflexion horizontale provient directement du signal de balayage fourni par le générateur de balayage lui-même. Cette méthode n'est pas utilisée dans les «analyseurs de faisceaux hertzien» car elle ne permettrait pas d'effectuer des mesures lorsque les parties «émettrice» et «réceptrice» du matériel de mesure sont situées dans des stations hertziennes séparées.

21.3 *Présentation des résultats*

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

21.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence du signal d'essai;

b) largeur de balayage;

c) maximum toléré pour la distorsion de gain différentiel (%) (ou pour la distorsion de courbure équivalente (ns^2));

d) maximum toléré pour la distorsion de phase différentielle (degrés ou radians) ou pour la distorsion de temps de propagation de groupe équivalent (ns).

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

21.1.4 *Calibration of the test equipment*

The calibration of the test equipment, in nanoseconds, independently of the test frequency, is a well-established practice in link analyzer type instruments when using sufficiently low test-frequencies up to approximately 500 kHz. However, above 500 kHz, it is customary to use differential phase calibration in degrees or radians. It should be borne in mind that, whatever the calibration, the measured parameter is always the differential phase (see Figure 21, page 105).

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

21.2 *Method of measurement*

A simplified arrangement for measuring *DG* and *DP* at i.f. is shown in Figure 21. The equipment under test is driven by a measurement modulator which is frequency-modulated by both the sweep-signal and the test signal. The output of the equipment is demodulated by a measurement demodulator, and the test signal component is extracted by a band-pass filter tuned to the test-signal frequency. The amplitude and phase modulation of the output test-signal due only to the distortion of the equipment under test, are detected by envelope and phase detectors which provide the *DG* and *DP* signals respectively for vertical deflection of the c.r.t. display. The horizontal deflection is generated by the demodulated sweep-signal taken from a low-pass filter fed by the measurement demodulator.

Notes 1. — Commercial test equipment, frequently called "link analyzers", provide the items within the dashed lines shown in Figure 21. Such test equipment normally includes additional facilities for calibrating the vertical and horizontal axes of the display.

2. — In the switch position for measuring *DP*, Figure 21 presents essentially the same arrangement as described in Clause 20 for measurement of group-delay. However, in the arrangement given in Clause 20 the horizontal deflection is derived directly from the sweep-signal of the transmitter part. This method is not used in "link analyzer" instruments as it would not allow measurements when transmitter and receiver parts of the test equipment are located at separate stations.

21.3 *Presentation of results*

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

21.4 *Details to be specified*

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

a) test-signal frequency;

b) sweep width;

c) permitted differential gain distortion (%) (or equivalent curvature distortion (ns^2));

d) permitted differential phase distortion (degrees or radians) or equivalent group-delay distortion (ns).

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

22. Fréquence porteuse

22.1 *Méthode de mesure*

La mesure de la fréquence porteuse est effectuée en raccordant un fréquencemètre-compteur à l'accès de sortie à fréquence intermédiaire et en lisant la fréquence à partir de l'affichage du compteur. On devra allouer un temps suffisant au matériel à l'essai pour atteindre les conditions d'équilibre thermique.

On peut, ou bien faire une seule mesure avec une durée d'intégration assez longue (exemple: 10 s), ou bien, en variante, on peut relever plusieurs comptages sur des temps d'intégration courts et calculer leur valeur moyenne. Tous les signaux modulants en bande de base, y compris le signal pilote et les sous-porteuses «son» éventuelles, devront être éliminés en vue de mesurer la fréquence de la porteuse en l'absence de modulation.

Note. — Dans le cas de mesures à la sortie du récepteur, mettant en jeu un ou plusieurs bonds radioélectriques, on vérifiera que les oscillateurs de substitution à fréquence intermédiaire ne sont pas en service.

22.2 *Présentation des résultats*

Les résultats doivent être, de préférence, présentés en mentionnant les lectures du compteur ainsi que sa précision de mesure et la durée d'intégration. Quand on utilise plusieurs lectures du compteur, on les rappellera dans un tableau comprenant aussi la valeur moyenne calculée.

22.3 *Détails à spécifier*

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

a) valeur nominale de la fréquence porteuse;

b) partie du faisceau hertzien impliquée dans la mesure et accès auquel on doit opérer cette dernière;

c) tolérance sur la fréquence porteuse en accord avec le point *b)*.

23. Harmoniques et signaux indésirables

23.1 *Méthode de mesure*

La mesure des signaux harmoniques et des signaux indésirables est effectuée en raccordant un analyseur de spectre à l'accès à fréquence intermédiaire spécifié et en relevant les fréquences et les niveaux de ces signaux à partir de l'étalonnage de l'analyseur. En variante, on peut utiliser un appareil de mesure de niveaux sélectif. Tous les signaux modulants en bande de base, y compris le pilote de continuité et les sous-porteuses «son», devront être éliminés afin d'éviter de masquer les harmoniques et les signaux indésirables que l'on recherche.

23.2 *Présentation des résultats*

Les résultats doivent être, de préférence, présentés sous forme d'une photographie de l'écran de l'analyseur de spectre, avec son étalonnage, ou bien à l'aide d'un tableau des niveaux relatifs et des fréquences de tous les harmoniques et signaux indésirables mesurés.

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

22. Carrier frequency

22.1 *Method of measurement*

Measurement of carrier frequency is carried out by connecting a frequency counter to the i.f. port in question, and reading the frequency from the counter display. Sufficient time should be allowed for the equipment under test to reach thermal equilibrium.

Either a single measurement with long averaging time (e.g. 10 s) is made, or alternatively, several counter readings with short averaging time may be taken, and the average of these readings calculated. All baseband modulating signals including the pilot signal and any television sound sub-carrier signals, should be removed in order to measure the unmodulated carrier frequency.

Note. — In the case of one-hop or of multi-hop measurements at the receiver output port, it should be verified that i.f. substitution oscillators are not operating.

22.2 *Presentation of results*

Results should be presented by stating the counter reading, together with the counter accuracy and averaging time. When several counter readings are taken these should be tabulated, together with the calculated average value.

22.3 *Details to be specified*

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

a) nominal value of the carrier frequency;

b) the part of the radio-relay equipment to be measured and the port at which the measurement is to be made;

c) tolerance of the carrier frequency in accordance with Item *b)*.

23. Harmonic and spurious signals

23.1 *Method of measurement*

The measurement of harmonic and spurious signals is carried out by connecting a spectrum analyzer to the specified i.f. port and reading the frequencies and levels of these signals from the calibrated display. Alternatively, a selective level meter may be used. Any baseband modulating signals, including the pilot and television sound sub-carriers, should be removed in order to avoid masking the harmonic and spurious signals.

23.2 *Presentation of results*

Results should be presented by a photograph of the calibrated spectrum analyzer display, or by tabulating the relative levels and frequencies of all measured harmonic and spurious signals.

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

23.3 *Détails à spécifier*

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

a) niveau relatif maximal toléré pour les signaux indésirables;

b) niveau relatif maximal toléré pour les harmoniques;

c) gamme de fréquences (exemple: jusqu'à trois fois la fréquence intermédiaire);

d) partie du faisceau hertzien impliquée dans la mesure et accès auquel on doit effectuer cette dernière;

e) niveaux d'entrée à fréquence intermédiaire à utiliser.

SECTION QUATRE — MESURES EFFECTUÉES DANS LA BANDE DE BASE

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

24.1 *Affaiblissement d'adaptation*

24.1.1 *Définition et considérations générales*

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

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \qquad (24\text{-}1)$$

L'affaiblissement d'adaptation est aussi donné par:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \qquad (24\text{-}2)$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \qquad (24\text{-}3)$$

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

24.1.2 *Méthodes de mesure de l'affaiblissement d'adaptation*

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

La méthode décrite peut être employée pour des mesures point par point, comme indiqué à la figure 22, page 105. Si le matériel à l'essai et l'appareil de mesure de niveaux sélectif ont, tous les deux, une borne à la terre, ce qui correspond au cas habituel, il faudra isoler de la

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

23.3 *Details to be specified*

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

a) permitted relative level of spurious signals;
b) permitted relative level of harmonic signals;
c) frequency range (e.g. up to three times the i.f.);
d) the part of the radio-relay equipment to be measured and the port at which the measurement is to be made;
e) input i.f. levels to be used.

SECTION FOUR — MEASUREMENTS IN THE BASEBAND

24. **Linear input and output properties**

24.1 *Return loss*

24.1.1 *Definition and general considerations*

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

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

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \qquad (24\text{-}1)$$

Alternatively, the return loss is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \qquad (24\text{-}2)$$

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

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \qquad (24\text{-}3)$$

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

24.1.2 *Method of measurement*

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

The method to be described may be used for point-by-point measurements as shown in Figure 22, page 105. If both the equipment under test and the selective level meter have one terminal earthed, as is usually the case, then it is necessary that the test oscillator has both

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

masse les deux bornes du générateur du signal d'essai. Aux fréquences supérieures à 1 kHz environ, cela peut être réalisé au moyen d'un transformateur qui, dans beaucoup de cas, se trouve incorporé dans le pont de mesure ou dans le générateur. Aux fréquences inférieures à 1 kHz, on effectue souvent une mesure de l'impédance complexe Z à partir de laquelle on calcule l'affaiblissement d'adaptation.

La méthode décrite ci-dessous peut être utilisée aussi pour des mesures avec balayage en fréquence. Le montage de mesure est représenté à la figure 23, page 106. Pour les mesures en bande de base, il est courant d'employer un banc de mesure spécialisé comprenant un générateur avec balayage de fréquence, un appareil de mesure de niveaux sélectif à accord en fréquence contrôlé par le balayage et un pont de mesure de l'affaiblissement d'adaptation (le même que le pont utilisé dans les mesures point par point).

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

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

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

Etalonnage pour l'affaiblissement d'adaptation

Se reporter aux figures 22, page 105, et 23. Un court-circuit S_c est raccordé au pont, à la place du matériel en essai, afin de produire un affaiblissement d'adaptation de 0 dB. La lecture de l'appareil de mesure de niveaux sélectif est notée (figure 22), ou on trace une ligne d'étalonnage effaçable sur l'écran de l'oscilloscope (figure 23).

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

Vérification de l'équilibre du pont

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

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

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

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

24.1.3 *Mesure de l'affaiblissement d'adaptation*

Raccorder le matériel à l'essai comme indiqué à la figure 22 ou à la figure 23.

Dans la mesure point par point (figure 22), régler l'affaiblisseur d'entrée de l'appareil de mesure de niveaux sélectif jusqu'à obtenir la même lecture que dans le cas du court-circuit. L'affaiblissement d'adaptation est la différence entre les valeurs de l'affaiblisseur respectivement dans le cas du court-circuit et dans le cas du matériel en essai.

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

terminals isolated from earth. At frequencies above about 1 kHz, this may be accomplished by means of a transformer, which in many cases is incorporated within the measuring bridge or within the test oscillator. At lower frequencies, a measurement of complex impedance Z is often made and the return loss then calculated from the results obtained.

The method also may be used for sweep-frequency measurements as shown in Figure 23, page 106. For measurements at baseband frequencies it is customary to use a complete measuring set consisting of a sweep-frequency generator, a sweep-controlled selective level meter and a return-loss bridge (the same bridge as used for point-by-point measurements).

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

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

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

Calibration

Referring to Figures 22, page 105, and 23 a short circuit S_c is connected in place of the equipment under test thereby creating a return loss of 0 dB. The reading of the selective level meter is noted (Figure 22) or an erasable calibration line is drawn on the face of the oscilloscope (Figure 23).

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

Checking the balance of the bridge

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

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

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

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

24.1.3 *Measurement*

The equipment under test is connected as shown in Figures 22 or 23.

In the point-by-point measurement (Figure 22), the input attenuator of the selective level meter is adjusted until the reading is the same as for a short circuit. The return loss is given by the difference between the attenuator settings for the short circuit and for the equipment under test.

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

Dans les mesures avec balayage de fréquence (figure 23, page 106), régler l'affaiblisseur jusqu'à ce que le point de la trace oscilloscopique représentant l'affaiblissement d'adaptation le plus faible de la bande balayée coïncide avec la ligne d'étalonnage. L'affaiblissement d'adaptation au point le plus mauvais est la différence entre les valeurs de l'affaiblisseur pour le court-circuit et pour le matériel en essai.

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

24.1.4 *Présentation des résultats*

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

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

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

24.1.5 *Détails à spécifier*

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

a) impédance nominale Z_0;

b) limites de la bande de fréquences;

c) limites admises pour l'affaiblissement d'adaptation.

24.2 *Niveau d'entrée*

24.2.1 *Définition et considérations générales*

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

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

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

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

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

For sweep-frequency measurements (Figure 23, page 106), the attenuator is adjusted until the point on the oscilloscope trace representing the worst return loss within the swept band coincides with the calibration line. The return loss at the worst point is then given by the difference between the attenuator settings for the short circuit and for the equipment under test.

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

24.1.4 *Presentation of results*

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

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

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

24.1.5 *Details to be specified*

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

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

24.2 *Input level*

24.2.1 *Definition and general considerations*

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

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

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

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

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

24.2.2 *Méthode de mesure*

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

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

24.2.3 *Présentation des résultats*

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

24.2.4 *Détails à spécifier*

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

a) impédance d'entrée nominale Z_0;

b) niveau d'entrée avec sa tolérance;

c) forme d'onde du signal appliqué.

24.3 *Niveau de sortie*

24.3.1 *Définition*

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

24.3.2 *Méthode de mesure*

La sortie de l'équipement à l'essai est raccordée à une charge d'impédance normalisée. La tension, ou la puissance, est mesurée conformément au paragraphe 24.2.2.

24.3.3 *Présentation des résultats*

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

24.3.4 *Détails à spécifier*

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

a) impédance de charge Z_0;

b) niveau de sortie avec sa tolérance.

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

24.2.2 *Method of measurement*

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

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

24.2.3 *Presentation of results*

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

24.2.4 *Details to be specified*

The following should be included in the detailed equipment specification:

a) nominal input impedance Z_0;

b) nominal input level and tolerance;

c) the applied waveform.

24.3 *Output level*

24.3.1 *Definition*

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

24.3.2 *Method of measurement*

The output port of the equipment under test is connected to a standard impedance termination and the output level is measured in accordance with Sub-clause 24.2.2.

24.3.3 *Presentation of results*

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

24.3.4 *Details to be specified*

The following should be included in the detailed equipment specification:

a) nominal output impedance Z_0;

b) nominal output level and tolerance.

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

25. Propriétés de transfert linéaires

Les mesures décrites dans cet article sont seulement prévues pour les propriétés de transfert en bande de base qui sont pratiquement indépendantes du niveau du signal dans le domaine normal de fonctionnement. Les propriétés de transfert qui dépendent du niveau du signal en bande de base sont examinées à l'article 26.

25.1 *Gain (affaiblissement) en bande de base*

25.1.1 *Définition*

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

25.1.2 *Méthode de mesure*

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

Le gain en bande de base est mesuré à une fréquence spécifiée, qui peut être celle à laquelle les déviations de fréquence avec et sans préaccentuation sont égales. Dans le cas de la télévision, il est possible de mesurer le gain en employant des formes d'onde non sinusoïdales, telles que celles des signaux d'essai indiqués aux figures 7 ou 13 de la Publication 487-3-3 de la CEI: Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé dans les faisceaux hertziens terrestres, Troisième partie: Liaisons simulées, Section trois — Mesures concernant la transmission de la télévision monochrome ou en couleur.

25.1.3 *Présentation des résultats*

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

25.1.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence ou forme d'onde appliquée;

b) gain en bande de base exigé, avec la tolérance correspondante.

25.2 *Caractéristique amplitude/fréquence*

25.2.1 *Définition*

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

25.2.2 *Méthode de mesure*

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

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

25. Linear transfer properties

The measurements described in this clause are intended only for baseband transfer properties which are substantially independent of baseband signal level within the normal operating range. Transfer properties which are dependent upon baseband signal level are given in Clause 26.

25.1 *Baseband gain or loss*

25.1.1 *Definition*

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

25.1.2 *Method of measurement*

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

The baseband gain is measured at a specified frequency, which may be that at which the deviations measured with and without pre-emphasis are equal. For television systems, the gain may be measured with a non-sinusoidal waveform, such as the test signal shown in Figures 7 or 13 of IEC Publication 487-3-3: Methods of Measurement for Equipment Used in Terrestrial Radio-relay Systems, Part 3: Simulated Systems, Section Three — Measurements for Monochrome and Colour Television Transmission.

25.1.3 *Presentation of results*

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

25.1.4 *Details to be specified*

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

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

25.2 *Amplitude/frequency characteristic*

25.2.1 *Definition*

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

25.2.2 *Method of measurement*

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

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

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

La figure 24, page 106, montre un dispositif de mesure typique pour le relevé, point par point, de la caractéristique amplitude/fréquence. Ce dispositif peut aussi être utilisé pour les mesures de gain ou d'affaiblissement. Avant de commencer la mesure, l'affaiblisseur n° 1 est réglé à une valeur d'affaiblissement légèrement supérieure au gain du matériel à l'essai; le commutateur S est placé alors alternativement sur les positions A et B, l'affaiblisseur n° 2 étant réglé de telle sorte que la lecture sur l'appareil de mesure de niveaux soit la même dans les deux positions. Le gain ou l'affaiblissement de l'appareil à l'essai est obtenu à partir des lectures de l'affaiblissement introduit par l'affaiblisseur variable n° 2.

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

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

25.2.3 *Présentation des résultats*

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

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

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

25.2.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence de référence (par exemple 100 kHz);

b) limites de la bande de fréquences;

c) limites de variation admises pour l'amplitude.

25.3 *Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence*

25.3.1 *Définition et considérations générales*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (25\text{-}1)$$

où:

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

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

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

Figure 24, page 106, shows a typical arrangement for measuring the baseband amplitude/frequency characteristic by the point-by-point method and which may also be used for gain or loss measurement. Before making the measurement, attenuator No. 1 is set to a value slightly greater than the gain of the equipment under test; the switch S is then set to the A and B positions alternately and attenuator No. 2 adjusted so that the level meter reads the same value in either position. The gain or loss of the equipment under test is obtained from the readings of attenuator No. 2.

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

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

25.2.3 *Presentation of results*

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

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

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

25.2.4 *Details to be specified*

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

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

25.3 *Group-delay/frequency characteristic*

25.3.1 *Definition and general considerations*

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

$$H(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{-jB(\omega)} \qquad (25\text{-}1)$$

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

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

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

$$\tau(\omega) = \frac{\mathrm{d}\ B(\omega)}{\mathrm{d}\ \omega} \qquad (25\text{-}2)$$

il est exprimé en secondes.

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

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

25.3.2 *Méthode de mesure*

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

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

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

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

25.3.3 *Présentation des résultats*

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

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

25.3.4 *Détails à spécifier*

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

a) limites de fréquence de la bande de base;

b) variations maximales du temps de propagation de groupe.

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

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

$$\tau(\omega) = \frac{\mathrm{d}\, B(\omega)}{\mathrm{d}\, \omega} \qquad (25\text{-}2)$$

and is expressed in seconds.

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

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

25.3.2 *Method of measurement*

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

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

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

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

25.3.3 *Presentation of results*

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

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

25.3.4 *Details to be specified*

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

a) baseband frequency limits;

b) permitted group-delay variation.

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

26. Propriétés de transfert non linéaires

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

26.1 *Gain différentiel/distorsion de non-linéarité en amplitude*

26.1.1 *Définition et considérations générales*

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

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

$$DG(x) = \frac{A(x)}{A_0} - 1 \qquad (26\text{-}1)$$

où:

$DG(x)$ est le gain différentiel
x est la valeur instantanée du signal de balayage à l'entrée
$A(x)$ est l'amplitude du signal d'essai en sortie en fonction de x
A_0 est l'amplitude du signal d'essai en sortie sans balayage (le signal de balayage est nul)

Pour un matériel en essai idéal sans distorsion, le gain différentiel est nul, mais pour les matériels rencontrés en pratique, la fonction $DG(x)$ présentera des variations. Ces matériels sont caractérisés par leur distorsion de gain différentiel/leur distorsion de non-linéarité en amplitude (DG) qui est la différence entre les valeurs extrémales données par l'équation (26-1) et est exprimée, d'habitude, en pourcentage comme suit:

$$DG = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_0} \times 100\% \qquad (26\text{-}2)$$

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

26.1.2 *Méthode de mesure*

Un dispositif de mesure typique est illustré à la figure 25, page 107. Il contient aussi les parties nécessaires à la mesure de la phase différentielle. Pour le gain différentiel/non-linéarité en amplitude, le commutateur doit être aiguillé sur le détecteur d'amplitude.

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

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

26. Non-linear transfer properties

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

26.1 *Differential gain/non-linearity*

26.1.1 *Definition and general considerations*

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

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

$$DG(x) = \frac{A(x)}{A_0} - 1 \qquad (26\text{-}1)$$

where:

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

For an ideal equipment under test with no distortion, the differential gain/non-linearity is zero but for practical equipment, the above function will show variations. The practical equipment is characterized by its differential gain/non-linearity distortion (DG) which is the difference between extreme values of equation (26-1) and is usually expressed as a percentage as follows:

$$DG = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_0} \times 100\% \qquad (26\text{-}2)$$

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

26.1.2 *Method of measurement*

A typical measuring arrangement containing also the necessary part for measuring differential phase is given in Figure 25, page 107. For measuring differential gain/non-linearity, the switch should be set to select the a.m. detector.

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

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

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

Le choix de la fréquence du signal d'essai, qui est toujours beaucoup plus élevée que celle du signal de balayage, dépend des parties du matériel en essai dont il s'agit d'évaluer la contribution au gain différentiel. Quand on veut seulement évaluer la contribution à la distorsion de non-linéarité en amplitude des circuits en bande de base du modulateur/démodulateur, on choisit une fréquence relativement basse en bande de base (par exemple entre 50 kHz et 500 kHz). Le résultat obtenu est alors appelé «distorsion de non-linéarité en amplitude». Cependant, lorsqu'on veut évaluer à la fois l'ensemble des distorsions imputables aux parties traversées par des porteuses modulées et aux circuits en bande de base, on emploie un signal d'essai de fréquence relativement élevée en bande de base (entre 1 MHz et 5 MHz, par exemple). La fonction mesurée est appelée, dans ce cas, «gain différentiel».

26.1.3 *Présentation des résultats*

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

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

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

26.1.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence du signal d'essai;

b) fréquence du signal de balayage;

c) amplitude de balayage en volts crête à crête ou largeur de balayage en mégahertz crête à crête;

d) maximum permis pour la distorsion de gain différentiel/non-linéarité en amplitude, en pourcentage.

26.2 *Phase différentielle/temps de propagation de groupe*

26.2.1 *Définition et considérations générales*

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

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

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

The choice of frequency for the test-signal, which is always much higher than that of the sweep-signal, depends upon which section of the equipment under test is to be assessed. When only the non-linearity contribution of the baseband section of the modulator/demodulator is to be assessed, a relatively low frequency (e.g. between 50 kHz and 500 kHz) is chosen and the function then measured is called non-linearity. However, when the contribution of the carrier section as well as that of the baseband section is to be assessed, a relatively high-frequency test-signal (e.g. in the range 1 MHz to 5 MHz) is used and the function then measured is called differential gain.

26.1.3 *Presentation of results*

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

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

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

26.1.4 *Details to be specified*

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

a) frequency of the test-signal;

b) frequency of the sweep-signal;

c) sweep amplitude in volts peak-to-peak or the sweep width in megahertz peak-to-peak;

d) permitted maximum differential gain/non-linearity distortion in per cent.

26.2 *Differential phase/group delay*

26.2.1 *Definition and general considerations*

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

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

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

$$DP(x) = \phi(x) - \phi_0 \qquad (26\text{-}3)$$

où:

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

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

$$DP = \phi_{max} - \phi_{min} \text{ degrés} \qquad (26\text{-}4)$$

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

Le temps de propagation de groupe est proportionnel au rapport de la phase différentielle à la fréquence du signal d'essai. L'étalonnage de la phase différentielle en degrés est plus spécialement utilisé lorsque la fréquence du signal d'essai est relativement élevée dans la bande de base, égale à quelques mégahertz, par exemple.

26.2.2 *Méthode de mesure*

Un dispositif de mesure typique est illustré à la figure 25, page 107. Il contient aussi les parties nécessaires à la mesure du gain différentiel/non-linéarité en amplitude. Pour la phase différentielle, le commutateur doit être aiguillé sur le détecteur de phase.

L'entrée en bande de base du matériel à l'essai est excitée par un signal composite comprenant un signal d'essai sinusoïdal superposé à un signal de balayage à variation lente. A la sortie en bande de base du matériel à l'essai, le signal d'essai est séparé et appliqué à un détecteur de phase. La sortie du détecteur de phase, qui est proportionnelle à la variation de phase du signal d'essai, est employée pour produire la déflexion verticale du spot de l'oscilloscope. La déflexion horizontale est obtenue soit directement à partir du signal de balayage, soit, si le matériel à l'essai comprend des parties à fréquence intermédiaire/fréquence radioélectrique, par démodulation en fréquence du signal à fréquence intermédiaire.

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

26.2.3 *Présentation des résultats*

Il est recommandé de présenter les résultats de mesure de la phase différentielle sous la forme d'une photographie de la fonction déployée sur l'écran de l'oscilloscope. Les deux axes doivent être convenablement étalonnés. L'axe horizontal doit être étalonné en tension du signal de balayage. Lorsque des modulateurs et démodulateurs sont inclus dans le matériel à l'essai, on l'étalonnera en écart de fréquence.

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

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

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

$$DP(x) = \phi(x) - \phi_0 \qquad (26\text{-}3)$$

where:

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

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

$$DP = \phi_{max} - \phi_{min} \text{ degrees} \qquad (26\text{-}4)$$

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

Group delay is proportional to the ratio of differential phase to the test-signal frequency. Differential phase calibration (degrees) is used primarily when employing a relatively high test-signal frequency, for example a few megahertz.

26.2.2 *Method of measurement*

A typical measuring arrangement containing also the necessary part for measuring differential gain non-linearity is shown in Figure 25, page 107. For measuring differential phase, the switch should be set to select the p.m. detector.

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

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

26.2.3 *Presentation of results*

Differential phase distortion should be presented preferably as a photograph of the function displayed by the oscilloscope. Both axes should be appropriately calibrated: the horizontal axis should be calibrated either in sweep voltage or, when modulators and demodulators are included in the equipment under test, in frequency deviation.

Alternatively the distortion, expressed in degrees, between the extreme values of the function together with the sweep limits in volts or megahertz may be given.

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

26.2.4 *Détails à spécifier*

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

a) fréquence du signal d'essai;

b) fréquence du signal de balayage;

c) amplitude de balayage en volts crête à crête ou largeur de balayage en mégahertz crête à crête;

d) maximum toléré pour la distorsion de phase différentielle en degrés.

27. **Références**

1) Recommandation 380-3 du CCIR (vol. IX): *Interconnexion aux fréquences de la bande de base des faisceaux hertziens de téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence.*

2) Recommandation 567-1 du CCIR (vol. XII): *Qualité de transmission des circuits de télévision destinés à être utilisés dans les communications internationales.*

3) Recommandation 403-3 du CCIR (vol. IX): *Caractéristiques aux fréquences intermédiaires pour l'interconnexion de faisceaux hertziens analogiques.*

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

26.2.4 *Details to be specified*

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

a) frequency of the test-signal;
b) frequency of the sweep-signal;
c) sweep amplitude in volts peak-to-peak or the sweep width in megahertz peak-to-peak;

d) permitted maximum differential phase distortion in degrees.

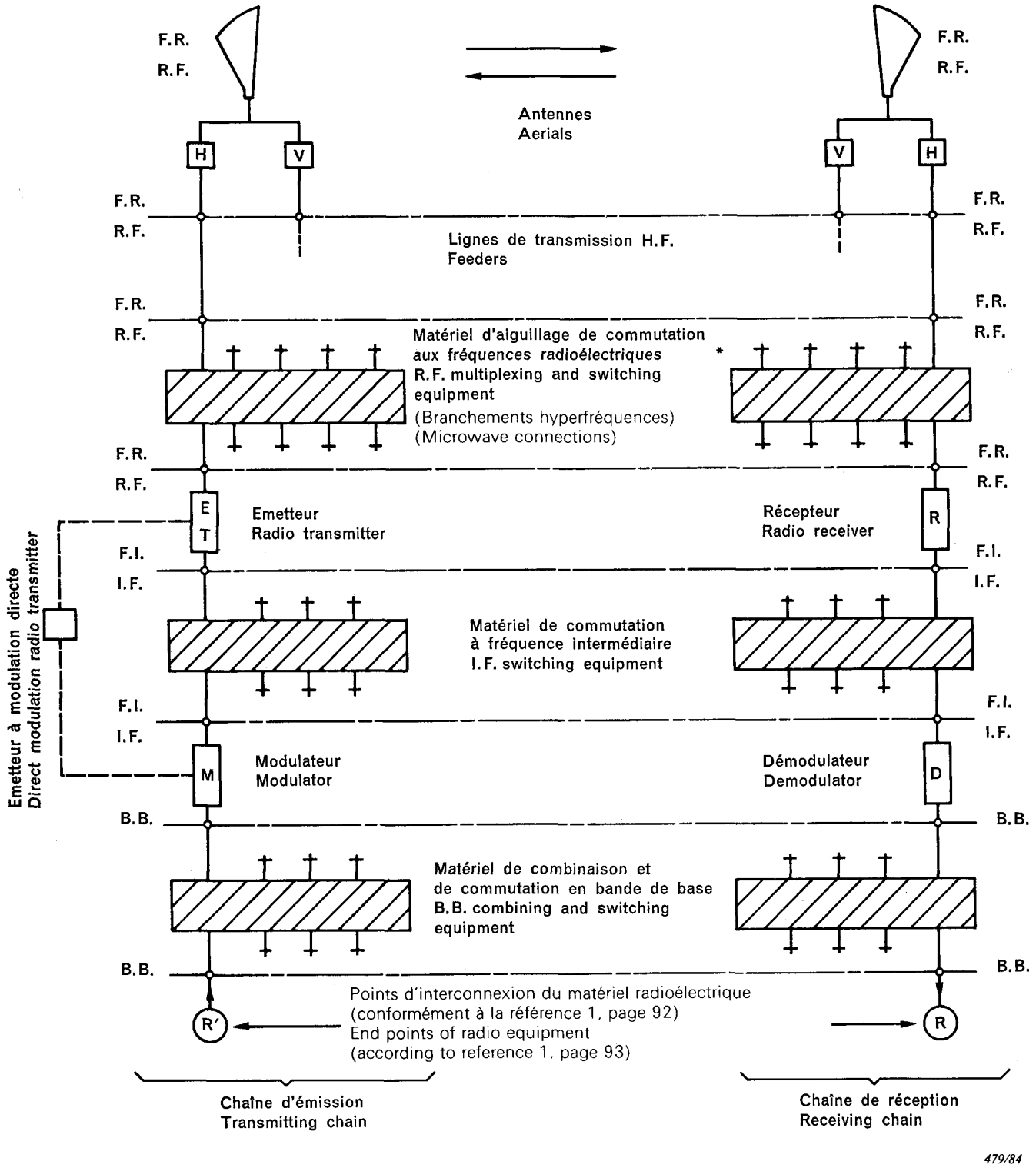
27. References

1) CCIR Recommendation 380-3 (Vol. IX): *Interconnection at baseband frequencies for radio-relay systems for telephony using frequency-division multiplex.*

2) CCIR Recommendation 567-1 (Vol. XII): *Transmission performance of television circuits designed for use in international connections.*

3) CCIR Recommendation 403-3 (Vol. IX): *Intermediate-frequency characteristics for the interconnection of analogue radio-relay systems.*

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

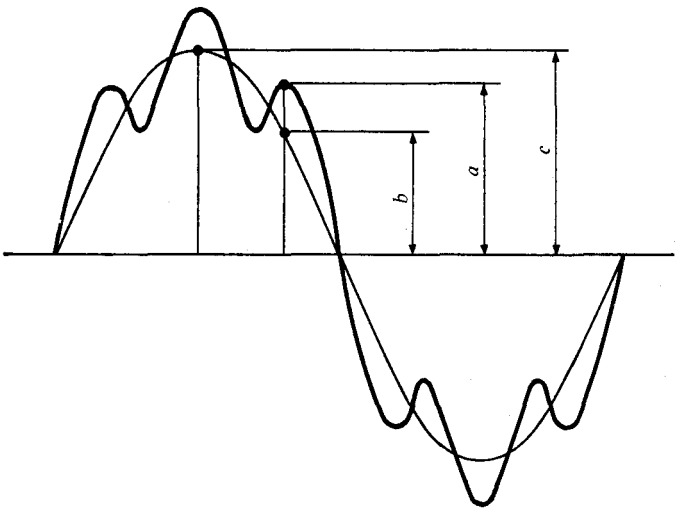


* Les termes employés dans cette figure sont expliqués dans les articles appropriés de la présente norme.

* The terms used in this figure are specifically explained in the relevant clauses of this standard.

FIG. 1. — Association type des matériels de radiocommunications dans les faisceaux hertziens terrestres.
Typical combination of radiocommunication equipment used in terrestrial radio-relay systems.

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



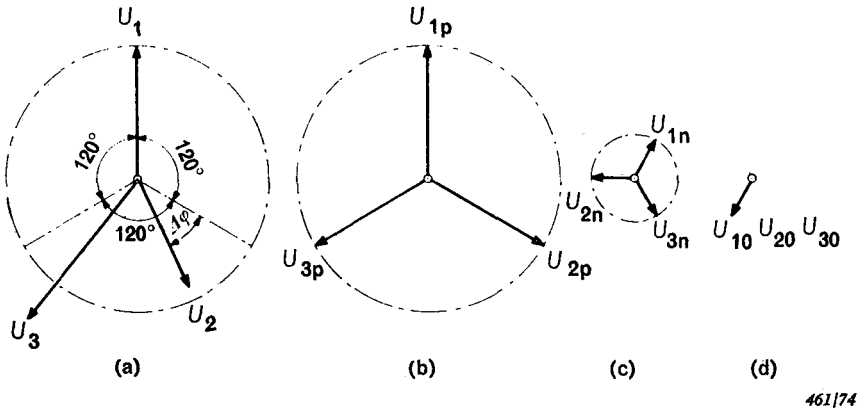
où:

a est la valeur instantanée de la tension
b est la valeur instantanée de l'onde fondamentale
c est l'amplitude de l'onde fondamentale

where:

a is the instantaneous value of the voltage
b is the instantaneous value of the fundamental wave
c is the amplitude of the fundamental wave

FIG. 2. — Forme d'onde de la tension de la source d'énergie en courant alternatif.
Voltage waveform of the a.c. power supply.



(a) Système non symétrique
(b) Système à composantes directes
(c) Système à composantes inverses
(d) Système à composantes homopolaires

(a) Non-symmetrical system
(b) Positive-sequence system
(c) Negative-sequence system
(d) Zero-sequence system

Note. — Tout système triphasé non symétrique peut être considéré comme la superposition de trois systèmes symétriques: un système à composantes directes, un système à composantes inverses et un système à composantes homopolaires (en phase). Il existe une relation spécifique entre les composantes de ces trois systèmes symétriques et le déséquilibre d'amplitude et de phase du système non symétrique d'origine.
Par exemple, en prenant le cas où la composante inverse et la composante homopolaire sont toutes les deux égales à la valeur a% de la composante directe, la composante la plus grande du système non symétrique dépasse la plus petite de moins de 3 a%. Le décalage de phase $\Delta\varphi$ est alors inférieur à 1,72 a degrés.
Ces valeurs approximatives sont valables quand a est inférieur à 5%.

Note. — Any non-symmetrical three-phase system may be considered as a superposition of three symmetrical systems: a positive sequence system, a negative-sequence system and a zero-sequence (in phase) system.
There is a specific relation between the components of these symmetrical systems and the amplitude and phase angle unbalance of the original non-symmetrical system.
Considering, for example, the case where the negative-sequence component and the zero-sequence component both are a% of the positive-sequence component, the largest component of the non-symmetrical system exceeds the smallest by less than 3 a%, the phase angle unbalance $\Delta\varphi$ being less than 1.72 a degrees.
These approximate values are valid when a is less than 5%.

FIG. 3. — Déséquilibre d'un système triphasé.
Unbalance of a three-phase system.

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

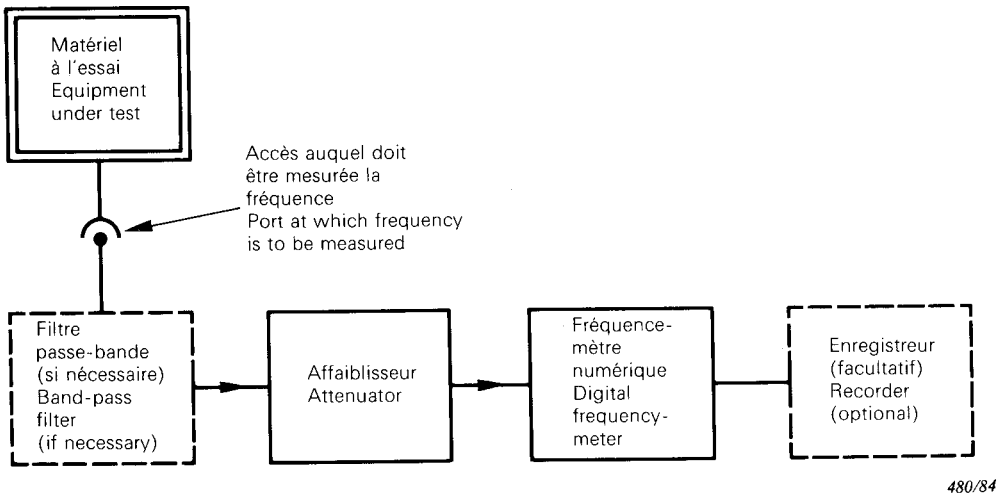


FIG. 4. — Montage pour la mesure de la fréquence d'une porteuse r.f. non modulée.
Arrangement for measuring the frequency of an un-modulated r.f. carrier.

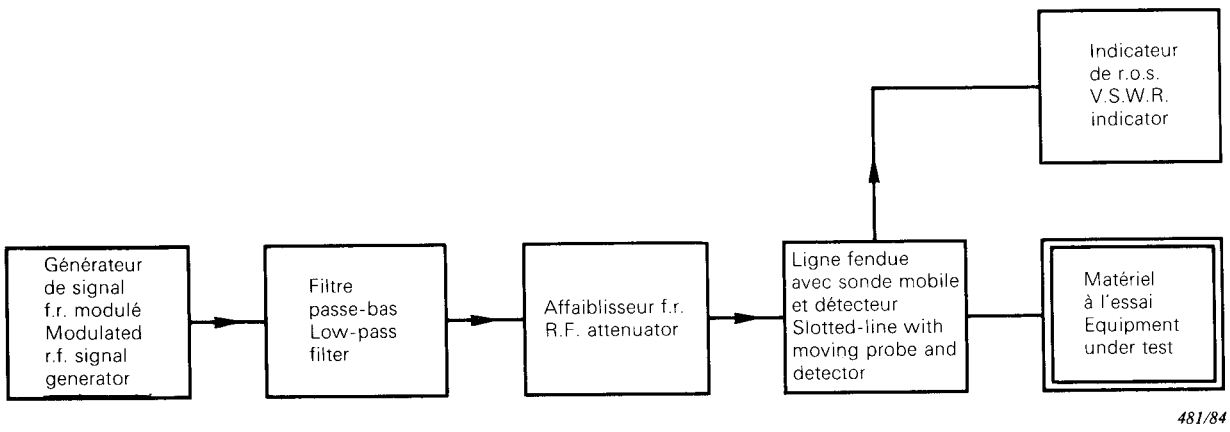


FIG. 5. — Montage type pour la mesure du r.o.s. point par point au moyen d'une ligne fendue.
Typical arrangement for point-by-point slotted-line v.s.w.r. measurements.

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

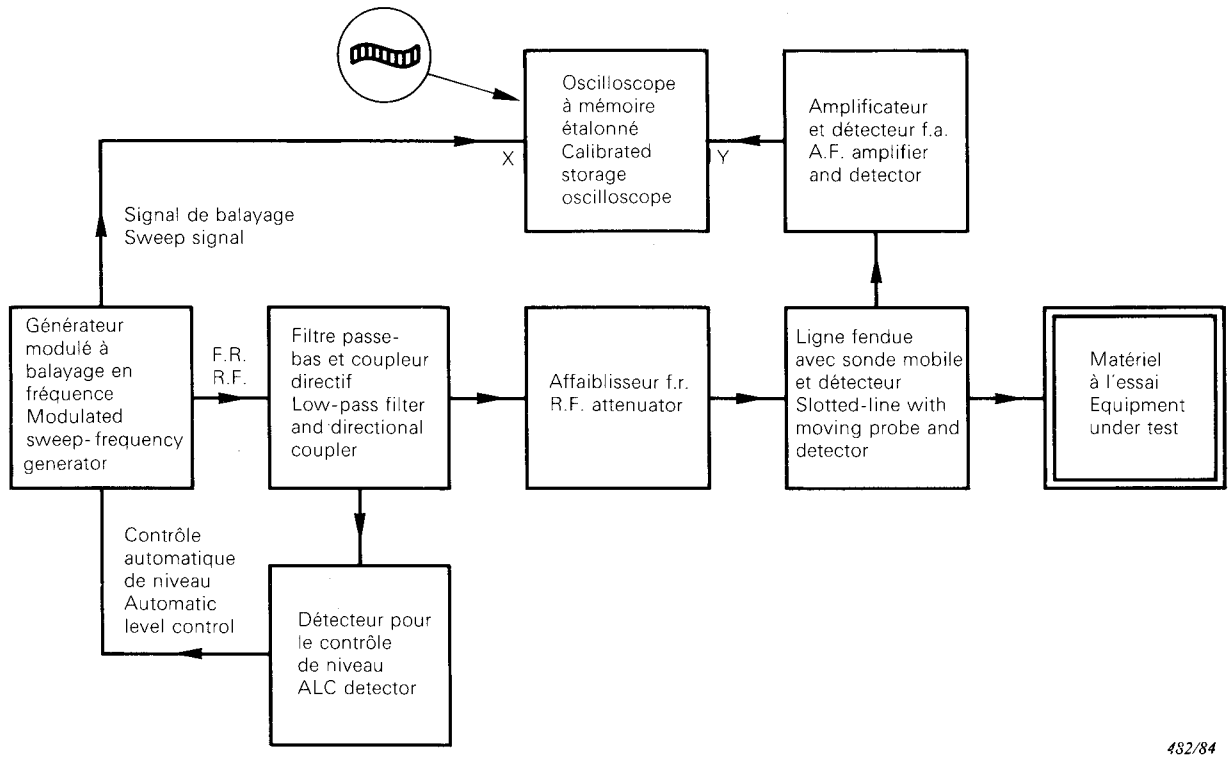


FIG. 6. — Montage type pour la mesure du r.o.s. au moyen d'une ligne fendue avec balayage en fréquence.
Typical arrangement for sweep-frequency slotted-line v.s.w.r. measurements.

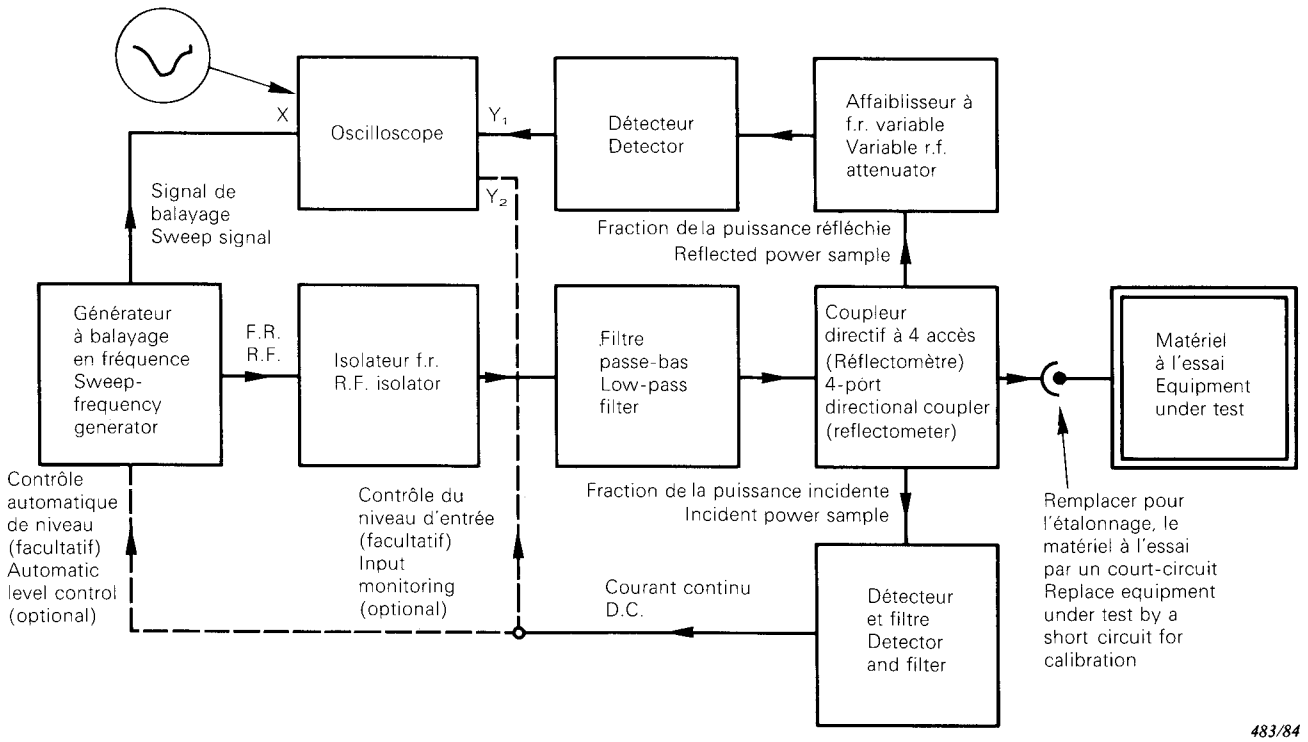


FIG. 7. — Montage type pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation par la méthode réflectométrique.
Typical arrangement for measuring return loss using a reflectometer.

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

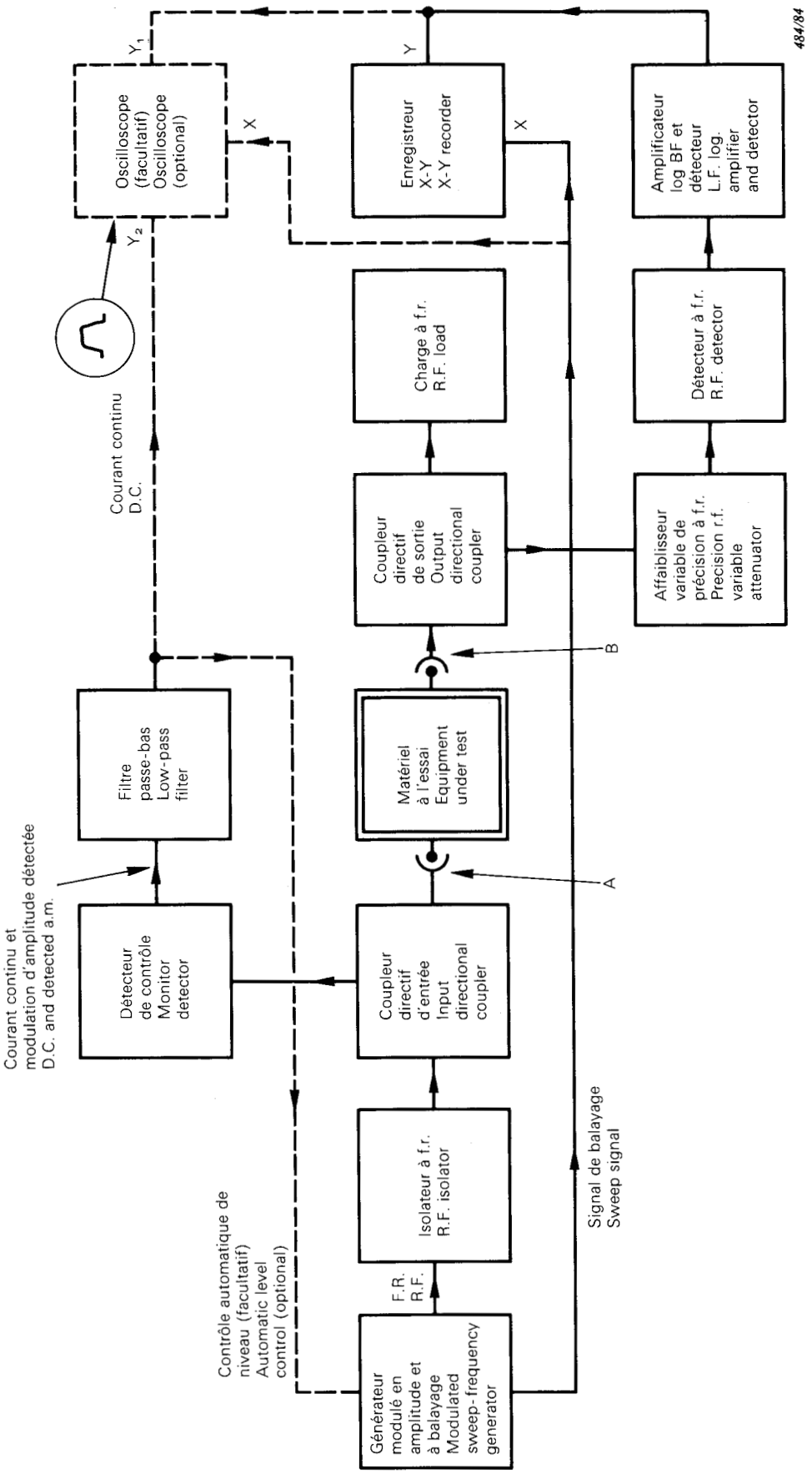
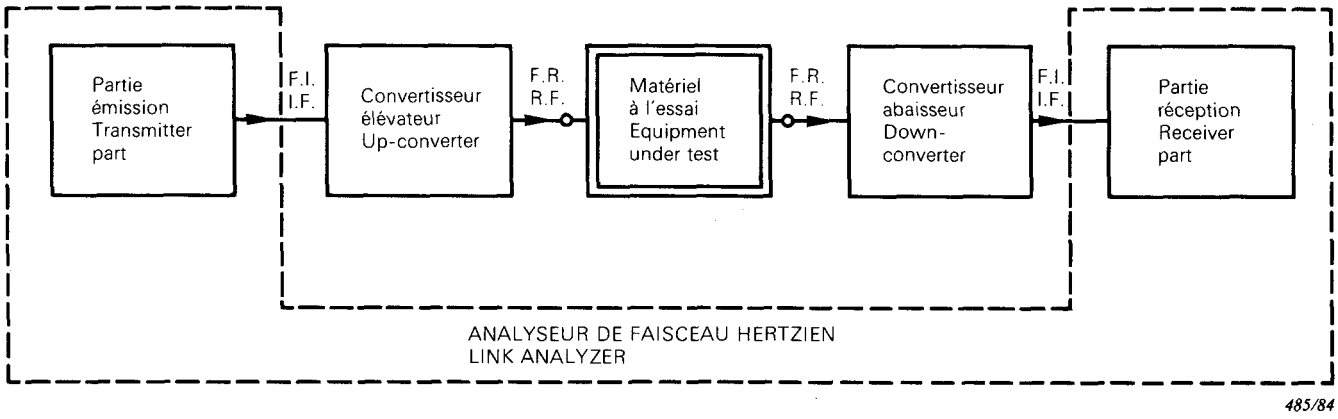


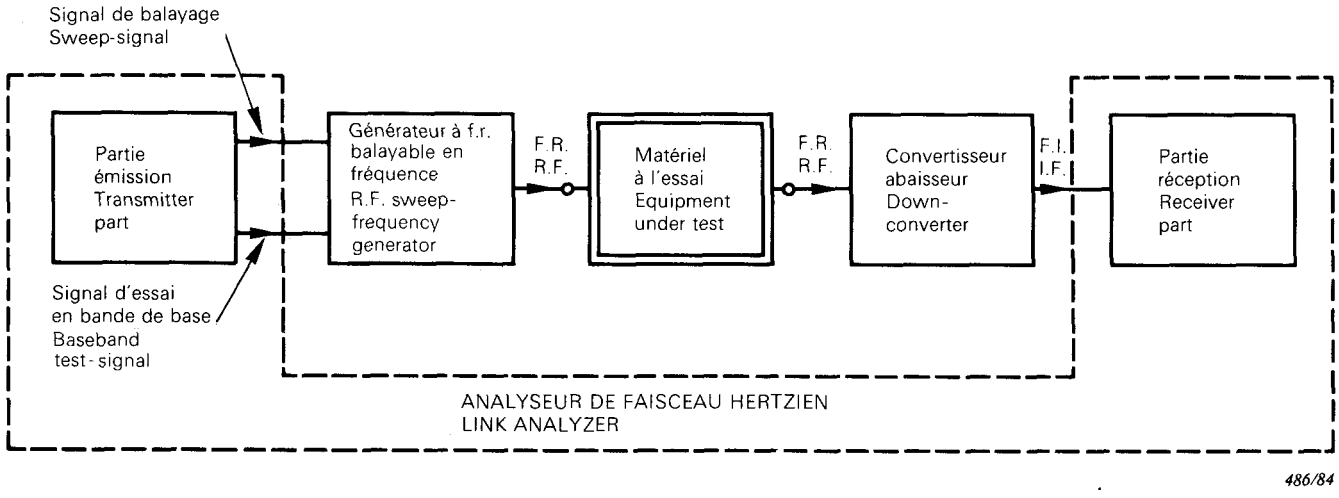
FIG. 8. — Montage type pour la mesure du gain ou de l'affaiblissement d'insertion aux fréquences radioélectriques.
Typical arrangement for measuring insertion gain or loss at r.f.

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

Not for Resale



a) Signal d'essai à fréquence radioélectrique obtenu par transposition d'un signal à fréquence intermédiaire.
R.F. test signal obtained by the up-conversion of an i.f. signal.



b) Signal d'essai à fréquence radioélectrique obtenu au moyen d'un générateur à fréquence radioélectrique balayable en fréquence.
R.F. test signal obtained using a sweep-frequency generator.

FIG. 9. — Dispositif simplifié pour la mesure du gain et de la phase différentiels d'un matériel aux fréquences radioélectriques.
Simplified arrangement for measuring the differential gain and phase of r.f. equipment.

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

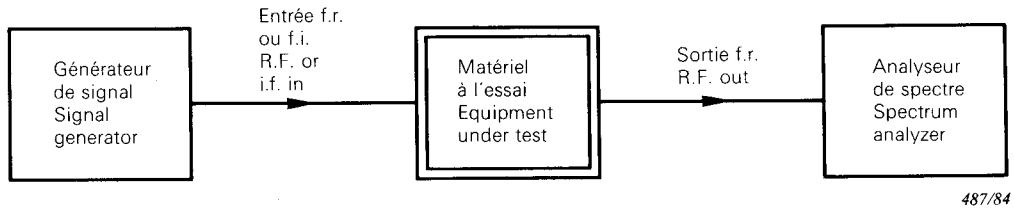


FIG. 10. — Montage type pour la mesure des signaux parasites dans la bande et pour la mesure des harmoniques.
Typical arrangement for measuring r.f. in-band spurious signals and harmonics.

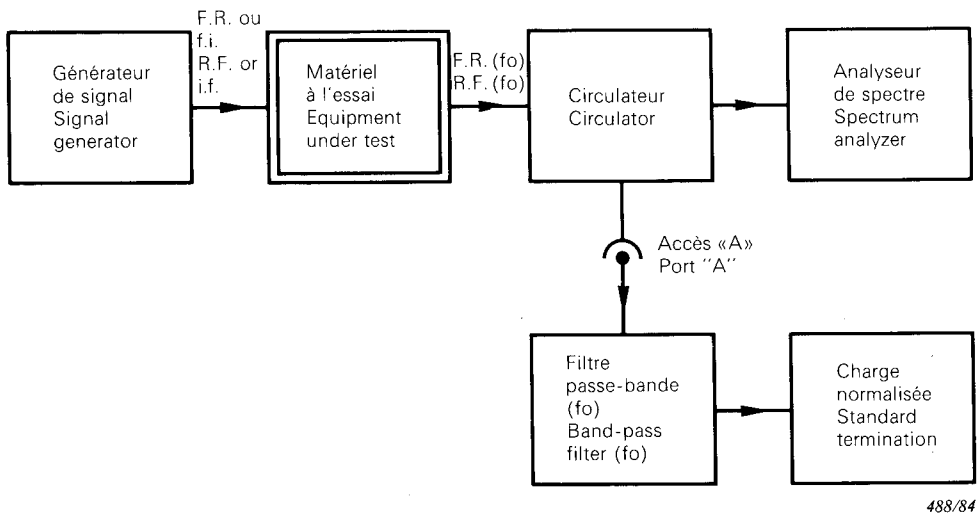


FIG. 11. — Montage type pour la mesure des signaux parasites hors bande à l'exclusion des harmoniques.
Typical arrangement for measuring r.f. out-of-band spurious signals, excluding harmonics.

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

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

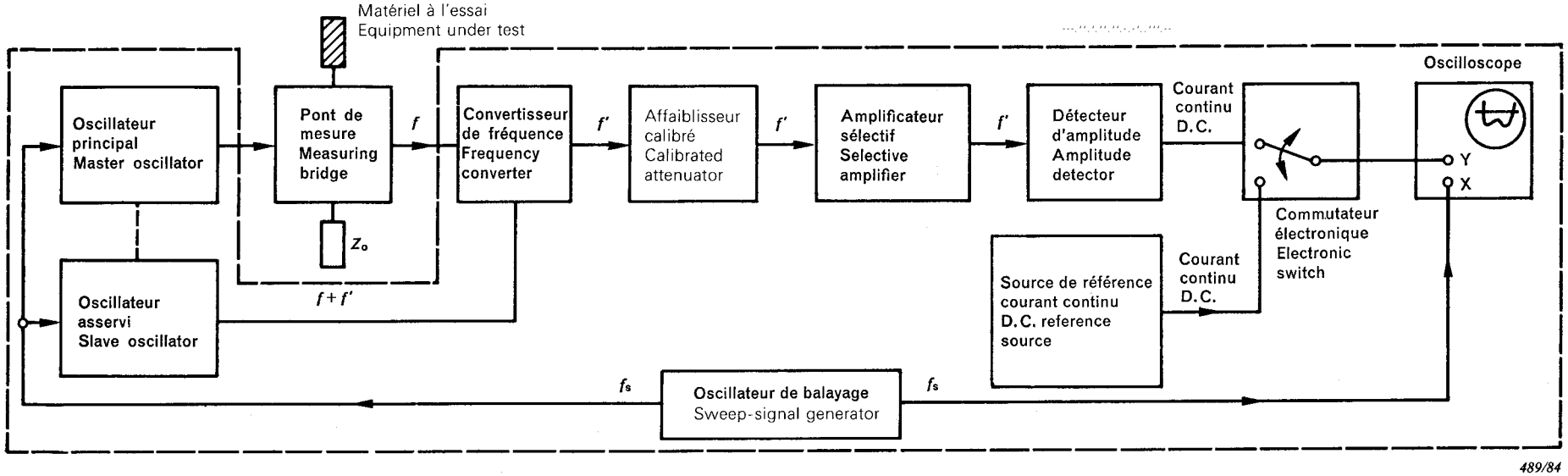
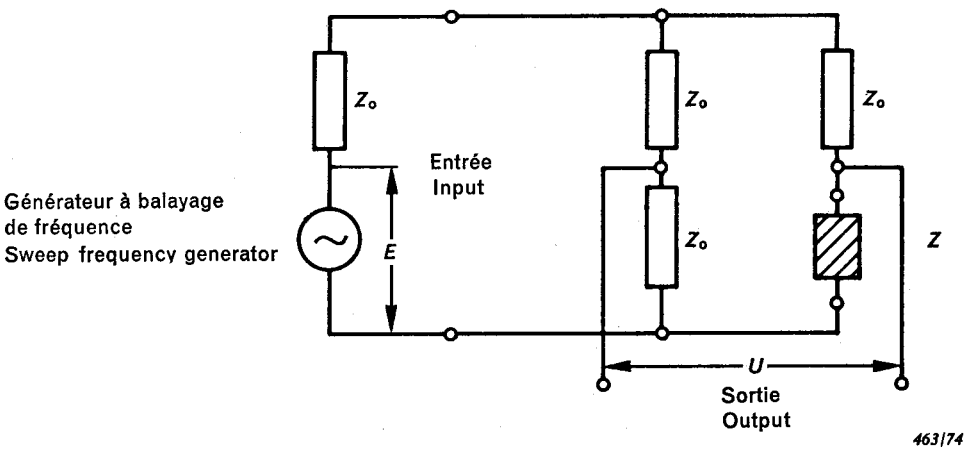


FIG. 12. — Montage de l'appareillage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Arrangement of test equipment for measuring return loss.

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

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

2. — Z_0 est ordinairement égale à 75 Ω.



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

Note 1. — The instrument used to measure the output voltage (U) must have an input impedance of Z_0.

2. — Z_0 is usually 75 Ω.

FIG. 13. — Réseau en pont pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Bridge network for measuring return loss.

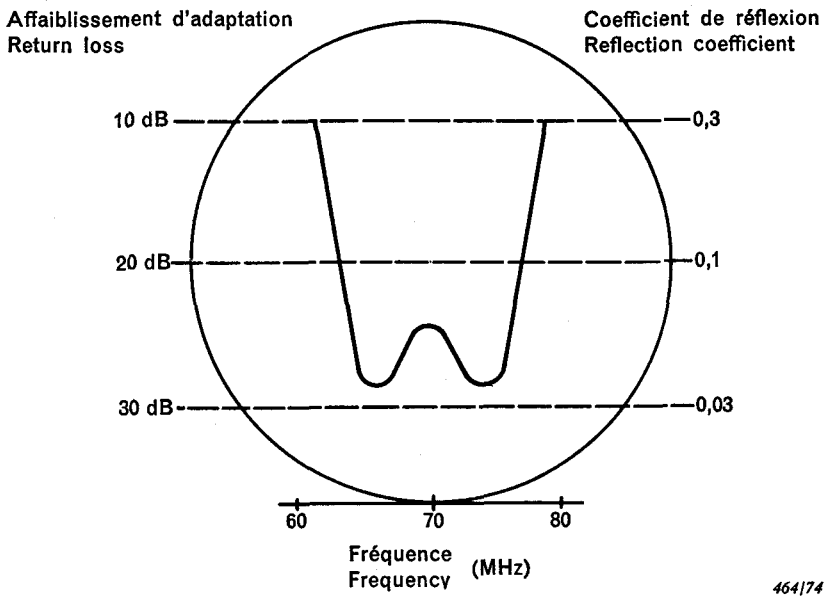


FIG. 14. — Exemple de trace sur l'oscilloscope dans une mesure de l'affaiblissement d'adaptation.
Example of oscilloscope display of a return loss measurement.

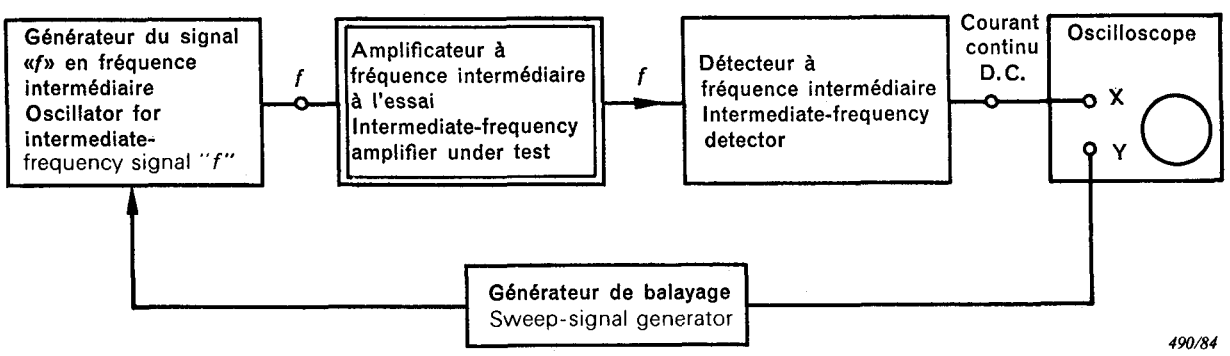


FIG. 15. — Montage pour la mesure de la caractéristique amplitude/fréquence.
Amplitude/frequency characteristic measuring arrangement.

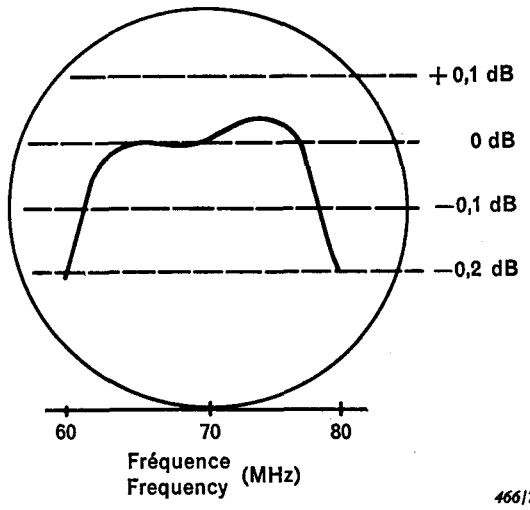


FIG. 16. — Exemple de trace sur l'oscilloscope pour la caractéristique amplitude/fréquence.
Example of oscilloscope display of an amplitude/frequency characteristic.

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

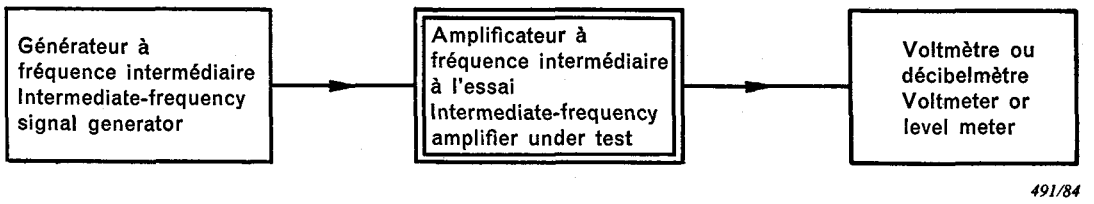


FIG. 17. — Montage pour la mesure de la caractéristique statique de la commande automatique de gain.
Arrangement of test equipment for measuring the a.g.c. static characteristic.

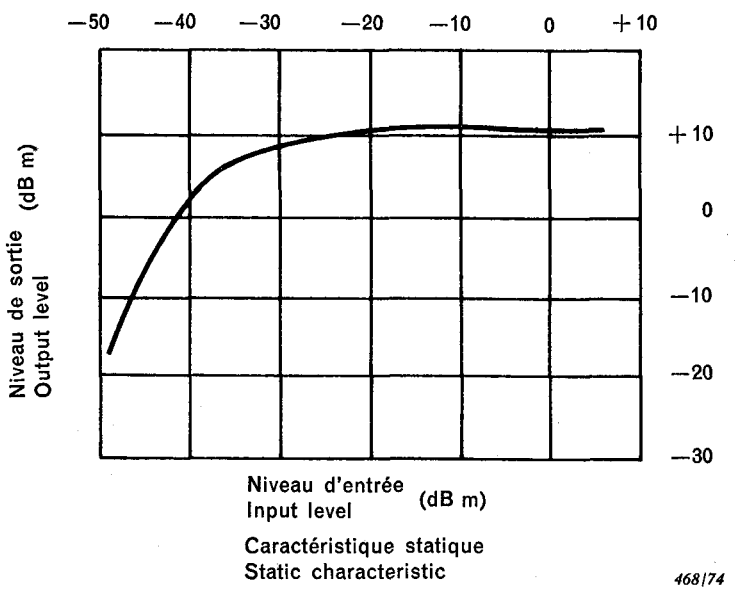


FIG. 18. — Exemple de graphique représentant la caractéristique statique de la commande automatique de gain.
Example of graph showing the a.g.c. static characteristic.

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

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

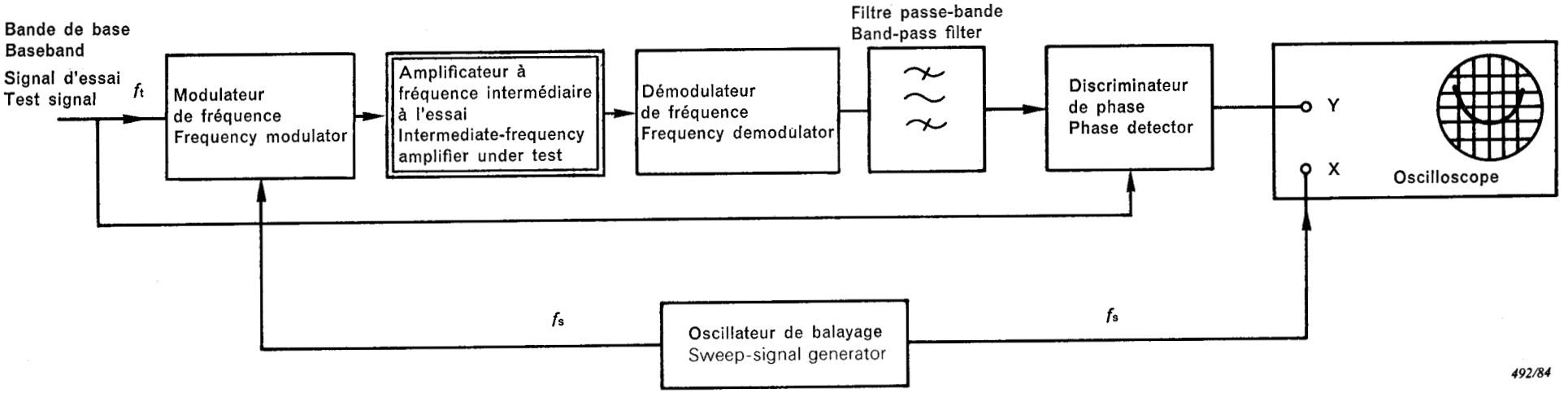


FIG. 19. — Montage de mesure de la variation du temps de propagation de groupe.
Arrangement of equipment for measuring group delay.

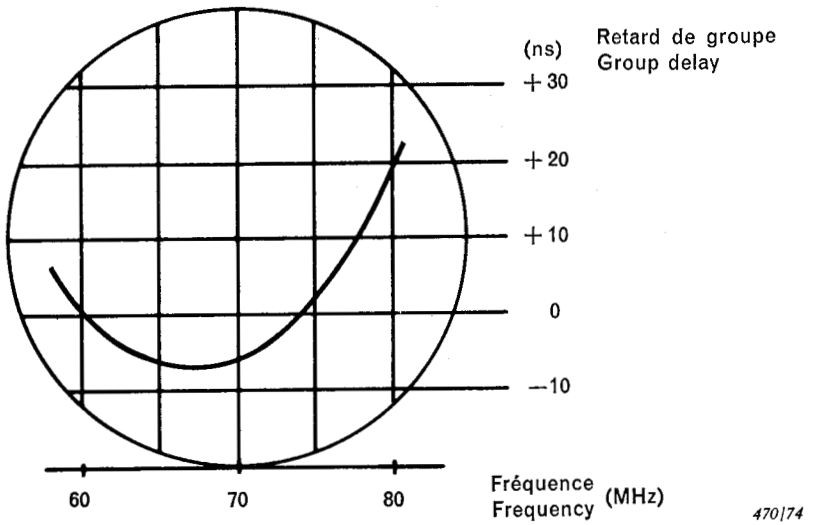


FIG. 20. — Exemple de trace sur l'oscilloscope dans une mesure de la variation du temps de propagation de groupe.
Example of oscilloscope display of group-delay frequency characteristic.

487-1 © CEI 1984

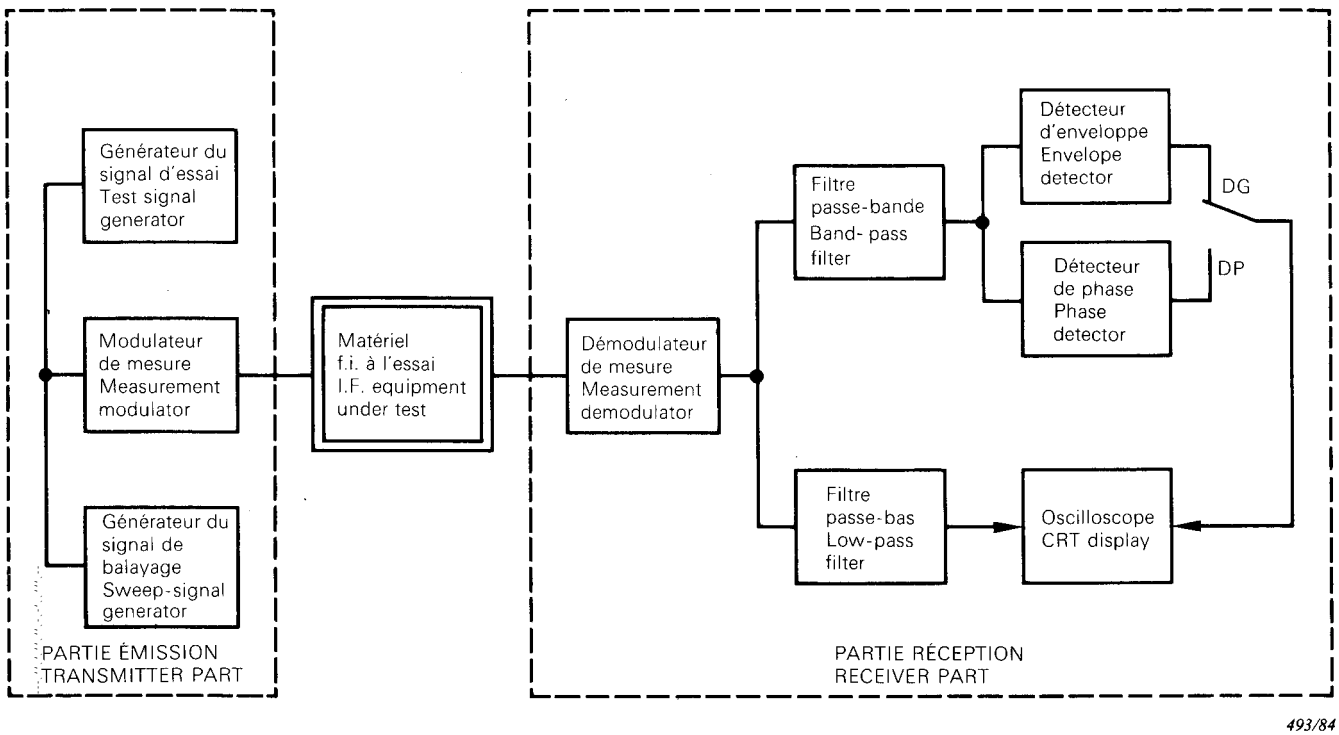


FIG. 21. — Dispositif pour la mesure du gain et de la phase différentiels d'un matériel à fréquence intermédiaire.
Simplified arrangement for measuring the differential gain and phase of i.f. equipment.

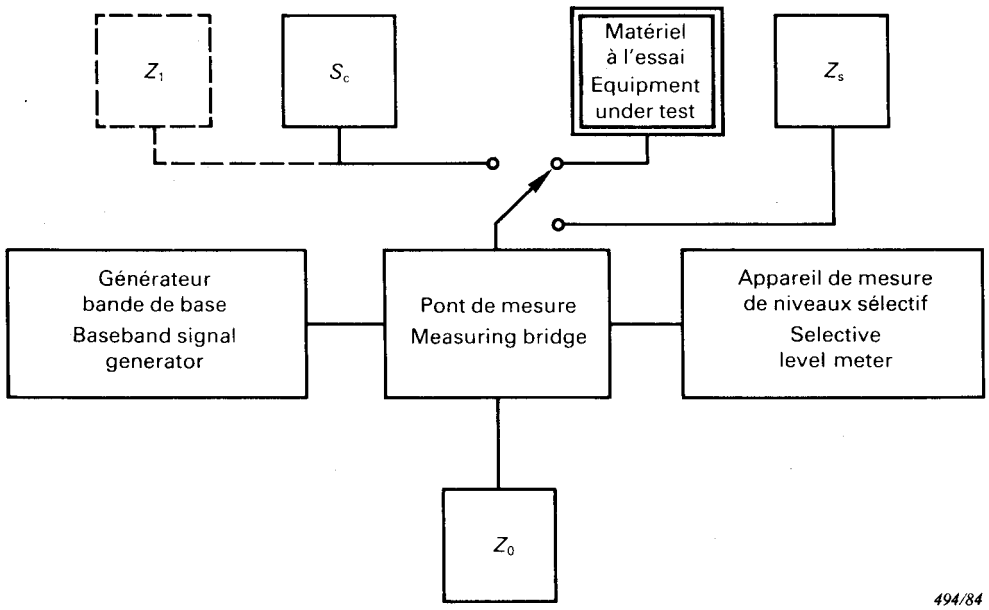


FIG. 22. — Dispositif pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation par une méthode point par point.
Arrangement for measuring return loss by the point-by-point method.

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

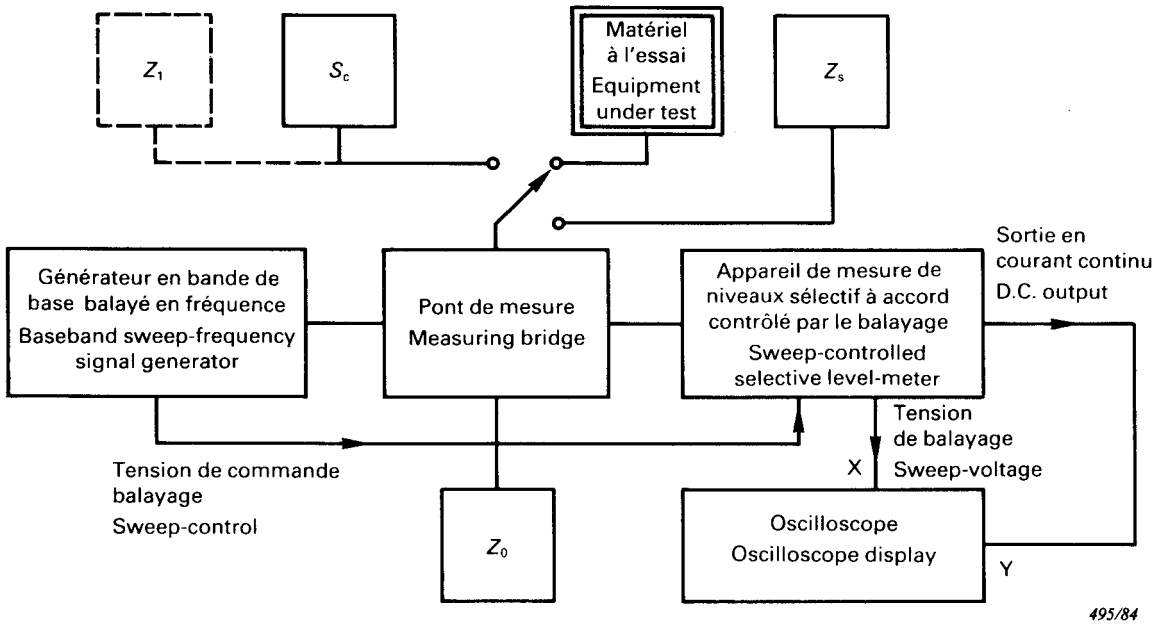


FIG. 23. — Dispositif pour la mesure de l'affaiblissement d'adaptation par une méthode à balayage en fréquence.
Arrangement for measuring return loss by the sweep-frequency method.

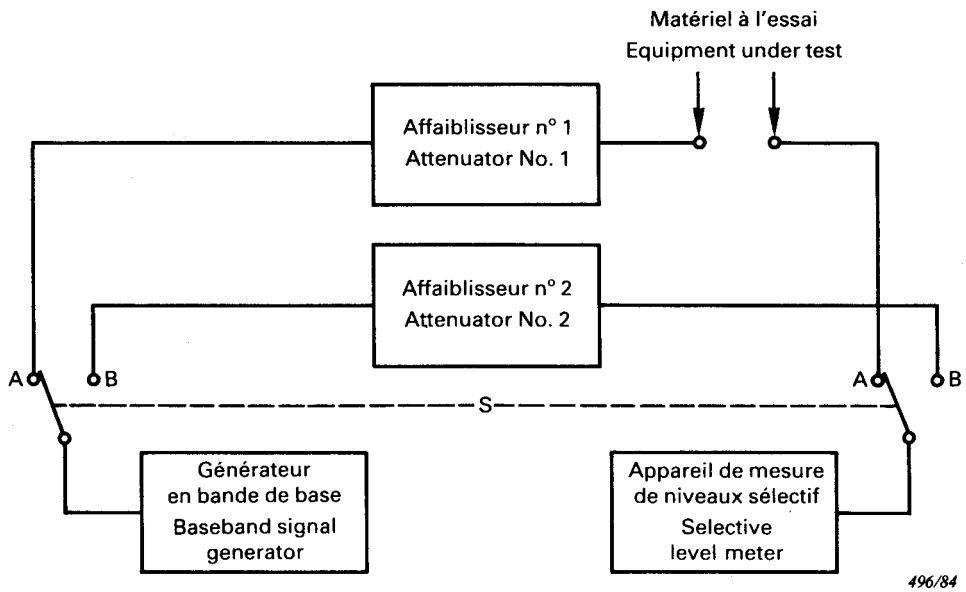


FIG. 24. — Dispositif pour la mesure de la caractéristique amplitude/fréquence.
Arrangement for measuring the amplitude/frequency characteristic.

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

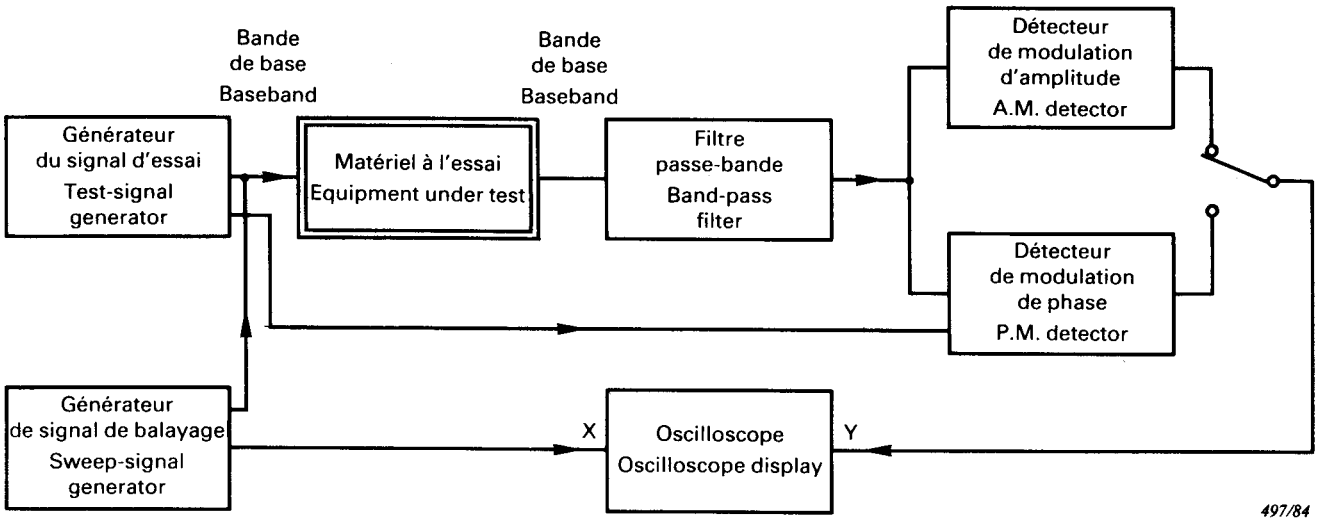


FIG. 25. — Dispositif pour la mesure du gain différentiel/de la non-linéarité en amplitude et pour la mesure de la phase différentielle.
Arrangement for measuring differential gain/non-linearity and differential phase distortion.

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

ANNEXE A

GAIN ET PHASE DIFFÉRENTIELS — RELATIONS MATHÉMATIQUES (article 21)

Pour une mise en série d'un réseau linéaire ayant des caractéristiques «amplitude/fréquence» et «temps de propagation de groupe/fréquence» et d'un réseau non linéaire présentant de la conversion amplitude/phase, le gain différentiel (*DG*) et la phase différentielle (*DP*) sont donnés par les équations suivantes:

$$DG(\omega_c) = [0{,}002\, f_m^2]\, [\gamma(\omega_c) - 24{,}1\, k\tau'(\omega_c)]$$
$$DP(\omega_c) = [0{,}36\, f_m]\, [\tau(\omega_c) + 2{,}78\, ka'(\omega_c)]$$

où:

$DG(\omega_c)$ est le gain différentiel exprimé en pourcentage (%)
$DP(\omega_c)$ est la phase différentielle exprimée en degrés
ω_c est l'écart de fréquence par rapport au centre de bande
f_m est la fréquence d'essai en mégahertz
$\gamma(\omega_c)$ est la courbure de la caractéristique du réseau linéaire en ns^2
$\tau(\omega_c)$ est le temps de propagation de groupe du réseau linéaire en nanosecondes
$\tau'(\omega_c)$ est la pente du temps de propagation de groupe du réseau linéaire en ns/MHz
$a'(\omega_c)$ est la pente de gain du réseau linéaire en dB/MHz
k est la conversion modulation d'amplitude/modulation de phase du réseau non linéaire en degrés/dB: k est pris positif si un accroissement de l'amplitude provoque un accroissement du retard de phase.

Note. — Par définition,

$$\gamma(\omega_c) = \frac{d^2\, a(\omega_c)}{d\, \omega_c^2}$$
$$\tau(\omega_c) = \frac{d\, \phi(\omega_c)}{d\, \omega_c}$$

où:

$a(\omega_c)$ est la caractéristique amplitude/fréquence
$\phi(\omega_c)$ est la caractéristique phase/fréquence

Ces équations sont valables pour des fréquences d'essai suffisamment basses pour éviter les effets de moyenne entre les deux bandes latérales du signal d'essai et pour une conversion m.a./m.p. indépendante de la fréquence porteuse balayée. On voit que les fonctions *DG*/*DP* sont exprimées par le produit de deux facteurs. Le premier facteur est une caractéristique du matériel de mesure, à savoir la fréquence d'essai. Le second facteur dépend du matériel à l'essai et est la somme de deux termes, le premier dérivant de la réponse en fréquence du réseau linéaire (réponse directe), le second de l'effet combiné de la réponse en fréquence du réseau linéaire et de la conversion m.a./m.p. du réseau non linéaire (réponse «couplée»).

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

APPENDIX A

DIFFERENTIAL GAIN AND PHASE CHARACTERISTICS — MATHEMATICAL RELATIONSHIPS (Clause 21)

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

$$DG(\omega_c) = [0.002\, f_m{}^2]\, [\gamma(\omega_c) - 24.1\, k\tau'(\omega_c)]$$
$$DP(\omega_c) = [0.36\, f_m]\, [\tau(\omega_c) + 2.78\, ka'(\omega_c)]$$

where:

$DG(\omega_c)$ is the differential gain characteristic in per cent
$DP(\omega_c)$ is the differential phase characteristic in degrees
ω_c is the frequency deviation from band centre
f_m is the test frequency in megahertz
$\gamma(\omega_c)$ is the curvature characteristic of the linear network in ns^2
$\tau(\omega_c)$ is the group-delay characteristic of the linear network in ns
$\tau'(\omega_c)$ is the group-delay slope characteristic of the linear network in ns/MHz
$a'(\omega_c)$ is the amplitude-slope characteristic of the linear network in dB/MHz
k is the a.m. to p.m. conversion coefficient of the non-linear network in degrees/dB: k is taken to be positive if an increasing amplitude produces an increase in phase lag

Note. — By definition,

$$\gamma(\omega_c) = \frac{d^2\, a(\omega_c)}{d\, \omega_c{}^2}$$
$$\tau(\omega_c) = \frac{d\, \phi(\omega_c)}{d\, \omega_c}$$

where:
$a(\omega_c)$ is the amplitude/frequency characteristic
$\phi(\omega_c)$ is the phase/frequency characteristic

These equations are valid for test-frequencies which are small enough to avoid the averaging effect between the two test-signal sidebands, and for an a.m. to p.m. conversion which is independent of the swept carrier frequency. It is seen that the *DG* and *DP* functions are expressed as products of two factors. The first factor is a parameter of the measuring equipment, namely the test-frequency. The second factor is governed by the equipment under test and is the sum of two terms, the first of which derives from the frequency response of the linear network ("direct response"), and the second from the combined effect of the linear network frequency response and the non-linear network a.m. to p.m. conversion ("coupled response").

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

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