

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-1-3

Première édition
First edition
1992-06

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé pour les systèmes de transmission
numérique en hyperfréquence**

Partie 1:

Mesures communes aux faisceaux hertziens
terrestres et aux stations terriennes de
télécommunications par satellite
Section 3: Caractéristiques de transmission

**Methods of measurement for equipment used in
digital microwave radio transmission systems**

Part 1:

Measurements common to terrestrial radio-relay
systems and satellite earth stations
Section 3: Transmission characteristics



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60835-1-3: 1992

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-1-3

Première édition
First edition
1992-06

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé pour les systèmes de transmission
numérique en hyperfréquence**

Partie 1:

Mesures communes aux faisceaux hertziens
terrestres et aux stations terriennes de
télécommunications par satellite
Section 3: Caractéristiques de transmission

**Methods of measurement for equipment used in
digital microwave radio transmission systems**

Part 1:

Measurements common to terrestrial radio-relay
systems and satellite earth stations
Section 3: Transmission characteristics

© IEC 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Caractéristique amplitude/fréquence	8
3 Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence	10
4 Conversion m.a./m.p. et compression de m.a.	16
5 Gain différentiel et phase différentielle	22
Figures	24
Annexe A – Bibliographie	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Amplitude/frequency characteristic	9
3 Group-delay/frequency characteristic	11
4 A.M.-to-p.m. conversion and a.m. compression	17
5 Differential gain and phase	23
Figures	24
Annex A – Bibliography	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ POUR LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE EN HYPERFRÉQUENCE

Partie 1: Mesures communes aux faisceaux hertziens terrestres et aux stations terriennes de télécommunications par satellite

Section 3: Caractéristiques de transmission

AVANT-PROPOS

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

La présente section de la Norme internationale CEI 835-1 a été établie par le Sous-Comité 12E: Faisceaux hertziens et systèmes fixes de télécommunication par satellite, du Comité d'Etudes n° 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cette section est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
12E(BC)121	12E(BC)131

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette section.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT USED
IN DIGITAL MICROWAVE RADIO TRANSMISSION SYSTEMS****Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay systems
and satellite earth stations****Section 3: Transmission characteristics**

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.

This section of International Standard IEC 835-1 has been prepared by Sub-Committee 12E: Radio relay and fixed satellite communications systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

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

DIS	Report on Voting
12E(CO)121	12E(CO)131

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

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Dans les articles qui suivent, le matériel à essayer est une partie d'un système de transmission numérique en hyperfréquence mettant en oeuvre une fréquence radioélectrique, telle qu'un amplificateur f.i. ou r.f., un filtre ou un ensemble d'émetteurs/récepteurs, entre la sortie du modulateur numérique et l'entrée du premier démodulateur numérique en aval. Les méthodes décrites sont applicables à des systèmes complets ou à des sous-systèmes. Il n'est pas fait de distinction relative aux gammes de fréquences, f.i. ou r.f.; ces méthodes de mesure sont donc applicables entre terminaux dans la même gamme de fréquences (f.i. ou r.f.) ou dans des gammes de fréquences différentes (de f.i. à r.f. ou de r.f. à f.i.).

Lorsque le matériel comprend des égaliseurs auto-adaptifs, ces derniers doivent, si possible, être rendus inopérants avant toute mesure décrite dans la présente section. Des méthodes de mesure appropriées aux égaliseurs auto-adaptifs sont décrites dans la CEI 835-2-8 (à l'étude).

INTRODUCTION

In the following clauses, the equipment under test is any carrier-frequency part of the digital microwave transmission system such as an i.f. or r.f. amplifier, a filter or a transmit-receive section between the output port of the digital modulator and the input port of the following digital demodulator. The methods described are applicable to complete systems or to sub-systems. No restrictions are made with respect to intermediate or radio frequency ranges so that measurements between terminals of the same frequency range (i.f. or r.f.) or different ranges (i.f. to r.f. or r.f. to i.f.) are possible using the methods of measurement described.

When adaptive equalizers are employed they should be rendered inoperative, if possible, before carrying out any of the measurements described in this section. Methods of measurement for adaptive equalizers are described in IEC 835-2-8 (under consideration).

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ POUR LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE EN HYPERFRÉQUENCE

Partie 1: Mesures communes aux faisceaux hertziens terrestres et aux stations terriennes de télécommunications par satellite

Section 3: Caractéristiques de transmission

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 835-1 traite des méthodes de mesure des caractéristiques importantes pour la transmission numérique en hyperfréquence. La nécessité d'effectuer telle ou telle mesure et les valeurs limites des mesures dépendent, par exemple, du débit numérique et de la méthode de modulation.

2 Caractéristique amplitude/fréquence

2.1 Définition et généralités

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

La signification d'une mesure faite sur un matériel linéaire est différente de celle faite sur un matériel comprenant des éléments non linéaires. Par exemple, lorsque le matériel comprend un limiteur ou un amplificateur à commande automatique de gain (c.a.g.), la caractéristique amplitude/fréquence des étages précédant le limiteur apparaît comprimée; la commande automatique de gain doit donc être mise hors circuit avant d'effectuer la mesure.

2.2 Méthodes de mesure

Les mesures peuvent être effectuées point par point ou par balayage de fréquence. La figure 1 montre un exemple de montage de mesure dans ce dernier cas.

Lorsqu'on emploie la méthode par balayage, la fréquence de récurrence du balayage de la fréquence du générateur est normalement située dans la gamme de 10 Hz à 100 Hz, et le balayage est sinusoïdal. La fréquence centrale et la déviation de fréquence doivent être réglées à leurs valeurs nominales.

Le montage de mesure décrit à la figure 1 peut également être utilisé pour des mesures à distance; la tension de balayage horizontal de l'écran est alors recréé par la partie réceptrice du banc de mesure. La bande passante du détecteur d'enveloppe f.i. doit être au moins 50 à 100 fois plus grande que la fréquence de balayage choisie. L'axe Y doit être calibré en décibels, en des gammes différentes: quelques décibels seulement pour les mesures dans la bande passante, et plusieurs dizaines de décibels pour les mesures dans la bande atténuée d'un filtre. Les appareils du commerce du type analyseur de faisceau hertzien présentent normalement ces caractéristiques.

METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT USED IN DIGITAL MICROWAVE RADIO TRANSMISSION SYSTEMS

Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay systems and satellite earth stations

Section 3: Transmission characteristics

1 Scope

This section of IEC 835-1 deals with methods of measurement of the characteristics which may be of importance for the transmission performance of microwave systems with digital modulation. The need to carry out any particular measurement and the limits to be met depend, for example, on the bit rate and the method of modulation.

2 Amplitude/frequency characteristic

2.1 Definition and general considerations

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

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

2.2 Methods of measurement

Measurements may be made using either point-by-point or swept-frequency methods. For the latter case, an example of the measurement arrangement is shown in figure 1.

When using the sweep-frequency method, the repetition rate of the sweep-frequency within the generator is normally in the range of 10 Hz to 100 Hz with a sinusoidal waveform. The centre frequency and sweep deviation should be adjusted to the nominal values.

The test arrangement in figure 1 may also be used for end-to-end measurements, and the sweep voltage for the X-deflection of the display can be obtained from the receiver part. The i.f. bandwidth of the i.f. envelope detector should be at least 50 to 100 times the chosen sweep rate. The Y-axis should be calibrated in decibels in different ranges from only a few decibels for measurements in the pass-band, up to some tens of decibels for filter measurements in the stop-band. These features are normally to be found in test equipment of the link analyser type.

On mesure le niveau de sortie en fonction de la fréquence pour un même niveau d'entrée. La mesure peut être répétée pour quelques niveaux d'entrée, compris dans la gamme normale des niveaux d'entrée spécifiée pour le matériel.

On peut étendre la mesure aux fréquences situées de part et d'autre de la bande passante. Le signal est alors considérablement atténué et il devient donc nécessaire d'employer un voltmètre sélectif ou un mesureur de niveau sélectif pour éviter les erreurs dues aux harmoniques.

2.3 *Présentation des résultats*

2.3.1 *Caractéristique amplitude/fréquence*

Le résultat des mesures doit être présenté, de préférence, sous la forme d'un enregistrement XY ou d'une photographie de l'écran d'un oscilloscope comme indiqué à la figure 2. Les deux axes, horizontal et vertical, de l'oscilloscope doivent être calibrés.

Lorsque les résultats de mesure ne sont pas présentés sous forme graphique, ils doivent être donnés comme pour l'exemple suivant d'un sous-système en f.i.:

Caractéristique amplitude/fréquence comprise entre $-0,2$ dB et $+0,1$ dB, par référence au point à 70 MHz, de 60 MHz à 80 MHz.

2.3.2 *Ondulation*

Lorsque des ondulations sont facilement identifiables sur la caractéristique mesurée, on doit les exprimer en décibels crête à crête et les fréquences d'ondulation doivent être indiquées.

2.4 *Détails à spécifier*

Lorsque ces mesures sont exigées, les points suivants doivent être inclus dans le cahier des charges du matériel:

- a) limites permises de la variation d'amplitude;
- b) limites de fréquence;
- c) fréquence de référence;
- d) niveaux d'entrée;
- e) amplitudes crête à crête et fréquences des ondulations, si applicable.

3 *Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence*

3.1 *Définition et généralités*

Le temps de propagation de groupe d'un quadripôle est la dérivée première, par rapport à la pulsation, du déphasage entre les signaux d'entrée et de sortie, et est exprimé en secondes.

On mesure d'habitude la variation du temps de propagation de groupe, qui est la différence entre le temps de propagation de groupe défini ci-dessus et le temps de propagation de groupe à une fréquence de référence.

With a constant input level, the output level is determined as a function of the frequency. The measurements may be repeated for a restricted number of different input levels within the normal range of input levels specified for the equipment under test.

The measurement may be extended to include frequencies on either side of the pass-band. In such cases, the signal will be appreciably attenuated and it will be necessary therefore to use a selective voltmeter or selective level-meter to avoid errors caused by harmonics.

2.3 *Presentation of results*

2.3.1 *Amplitude/frequency characteristic*

The results of the measurements should be presented, preferably, as an XY-record or photograph of the oscilloscope display as shown in figure 2. Both the horizontal and the vertical scales of the oscilloscope display should be calibrated.

When the results of the measurements are not presented graphically, they should be given as in the following example for an i.f. sub-system:

Amplitude/frequency characteristic is within $-0,2$ dB to $+0,1$ dB with reference to 70 MHz, from 60 MHz to 80 MHz.

2.3.2 *Ripple components*

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

2.4 *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 limits;
- c) reference frequency;
- d) input levels;
- e) peak-to-peak amplitude and frequency of ripple components, if applicable.

3 **Group-delay/frequency characteristic**

3.1 *Definition and general considerations*

The group-delay/frequency characteristic of a network is the first derivative of the phase/angular frequency characteristic and is expressed in seconds.

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

La signification d'une mesure faite sur un matériel linéaire est différente de celle faite sur un matériel comprenant des étages non linéaires. Lorsque le matériel comprend un limiteur présentant un effet de conversion de modulation d'amplitude en modulation de phase, une distorsion « indirecte » apparaît: par exemple, une variation de la caractéristique amplitude/fréquence en aval du limiteur donne lieu à une variation apparente du temps de propagation de groupe.

3.2 Méthode de mesure

Lorsqu'on emploie la méthode recommandée indiquée à la figure 1, un signal de balayage de fréquence f_s comprise entre 10 Hz et 100 Hz et un signal d'essai en bande de base de fréquence f_t (inférieure à 1 MHz mais supérieure à f_s), sont appliqués à l'entrée ou aux entrées d'un modulateur d'essai de haute qualité qui fournit un signal f.i. modulé en fréquence, avec un fort indice de modulation par le signal de balayage et un faible indice de modulation par le signal d'essai en bande de base.

Le signal f.i. modulé en fréquence est appliqué au matériel à l'essai et est démodulé par un démodulateur d'essai de haute qualité qui retrouve le signal d'essai en bande de base (f_t). Comme le signal f.i. est balayé sur la bande passante f.i., le signal d'essai en bande de base démodulé est affecté de variations d'amplitude et de phase. Le signal de sortie du démodulateur de phase est proportionnel au temps de propagation de groupe f.i. Pour effectuer des mesures en r.f., des convertisseurs de fréquence de f.i. à r.f. et de r.f. à f.i. présentant des distorsions négligeables doivent être insérés entre les accès f.i. de l'appareil de mesure et les accès r.f. du matériel à l'essai.

Il convient de respecter les conditions suivantes:

- a) L'indice de modulation et la fréquence du signal d'essai (f_t) devront être suffisamment faibles pour qu'on puisse admettre que la variation du temps de propagation de groupe est linéaire dans la bande occupée par le spectre de modulation.
- b) La modulation d'amplitude synchrone du générateur devra être négligeable pour éviter les effets de la conversion amplitude/phase. Le démodulateur devra être insensible à cette modulation d'amplitude synchrone; les démodulateurs du type à poursuite de fréquence conviennent bien à cet égard.
- c) Le détecteur de phase devra être insensible à la modulation d'amplitude synchrone avec la fréquence de balayage et devra fonctionner sans référence de phase externe.
- d) Le modulateur de fréquence de mesure et le démodulateur de fréquence de mesure de la figure 1 devront présenter un temps de propagation de groupe suffisamment constant.

Lorsque les conditions indiquées ci-dessus sont remplies, la tension de sortie (V) du détecteur de phase (figure 1) est liée au temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ par la relation:

$$V = k\mu \tau(\omega) \quad (3-1)$$

où k est une constante représentant la pente du détecteur de phase (en V/rad) et

$$\mu = 2\pi \cdot f_t$$

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

3.2 Method of measurement

In the preferred method shown in figure 1, a sweep-signal having a frequency f_s between 10 Hz and 100 Hz and a baseband test-signal having a frequency f_t (below 1 MHz but higher than f_s), are fed to the baseband input(s) of a high-quality (test) modulator which generates a frequency-modulated i.f. signal at a high modulation index by the sweep-signal, and at a low modulation index by the baseband test signal.

The modulated i.f. signal is fed to the equipment under test and is then demodulated by a high-quality (test) 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. For testing r.f. equipment, up-and-down converters with negligible inherent distortion are used between the i.f. ports of the measuring equipment and the r.f. port of the equipment under test.

The following conditions should apply:

- a) The modulation index and test signal frequency (f_t) should be small enough to ensure that the corresponding spectrum occupies a bandwidth within which the group-delay characteristics of the network under test can be approximated by a straight line.
- b) Synchronous amplitude modulation generated by the modulator should be negligible in order to avoid amplitude to phase conversion effects. The demodulator should be insensitive to synchronous amplitude modulation and demodulators of the frequency-following type are well suited to this purpose.
- c) The phase detector should be insensitive to amplitude modulation which is synchronous with the sweep frequency and should not require a reference phase input signal.
- d) The measurement frequency-modulator and the measurement frequency-demodulator shown in figure 1 should be designed for a sufficiently constant group-delay response.

When the above conditions are fulfilled, the output voltage (V) from the phase detector (figure 1) is related to the group-delay $\tau(\omega)$ of the network under test as follows:

$$V = k\mu \tau(\omega) \quad (3-1)$$

where k is a constant representing the phase-detector slope (in V/rad) and

$$\mu = 2\pi \cdot f_t$$

NOTES

1 Le détecteur de phase (figure 1) peut servir à mesurer le déphasage ($\mu\tau$) en plus de la variation du temps de propagation de groupe (τ). Si l'on emploie une fréquence d'essai de 0,277778 MHz, la tension de sortie du détecteur est la même pour un déphasage de 1° que pour une variation de temps de propagation de groupe de 10 ns. On peut employer d'autres fréquences d'essai f_t conformes à la conditions a) ci-dessus, mais il convient d'éviter l'emploi de valeurs trop faibles (par exemple 10 kHz), pour éviter un excès de bruit.

2 Dans les systèmes à grande capacité (voir annexe A: Bibliographie), la caractéristique de temps de propagation de groupe peut être considérablement influencée par la conversion de modulation d'amplitude en modulation de phase des étages non linéaires comme les tubes à onde progressive, les limiteurs et les convertisseurs.

3.3 *Présentation des résultats*

3.3.1 *Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence*

Il convient de présenter la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence sous la forme d'une copie d'écran d'oscilloscope avec la fréquence en abscisse, comme indiqué à la figure 3 pour un matériel à l'essai en f.i.

Lorsque les résultats ne sont pas présentés sous forme graphique, ils seront donnés comme dans l'exemple ci-dessous:

La variation totale du temps de propagation de groupe est de 2,5 ns dans la gamme de fréquence comprise entre 60 MHz et 80 MHz.

La fréquence du signal d'essai (f_t) et l'indice de modulation correspondant seront indiqués.

3.3.2 *Ondulations*

Lorsqu'on peut déceler des composantes d'ondulation sur la courbe mesurée, leurs amplitude seront exprimées en nanosecondes crête à crête, et les fréquences d'ondulation seront indiquées.

3.3.3 *Développement en série*

Si l'on admet qu'un développement en série (généralement limité à trois termes) représente la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence, référée à la fréquence centrale, avec une précision suffisante, les termes du développement en série peuvent être indiqués pour représenter la caractéristique. Le terme du premier ordre de la série est nommé d'habitude «composante linéaire» et le terme du second ordre «composante parabolique».

Les coefficients de ces termes peuvent être calculés à partir de la caractéristique mesurée et sont d'habitude exprimées en ns/MHz, ns/MHz², etc.

3.4 *Détails à spécifier*

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

- a) fréquence du signal d'essai (f_t);
- b) bande de fréquence balayée, f.i. ou r.f.;

NOTES

1 The phase detector (figure 1) may be used to measure the phase difference ($\mu\tau$) in addition to group-delay variation (τ). If a test frequency of 0,277778 MHz is used, the output voltage from the detector for a 1° phase difference will be the same as that for group-delay variation of 10 ns. Other test frequencies satisfying condition a) above are acceptable for f_t but very low values (e.g. 10 kHz) should not be used in order to avoid the effects of excessive noise.

2 In large capacity systems (see Annex A: Bibliography), the group-delay characteristics may be considerably influenced by the amplitude modulation/phase modulation conversion of non-linear networks such as travelling-wave tube amplifiers, limiters and converters.

3.3 *Presentation of results*

3.3.1 *Group-delay/frequency characteristic*

The group-delay/frequency characteristic should be presented preferably as a reproduction of an oscilloscope display with frequency on the abscissa as shown in figure 3 for an i.f. equipment under test.

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

Total group-delay variation is 2,5 ns in the frequency band 60 MHz to 80 MHz.

The test signal frequency (f_t) and the corresponding modulation index should be given.

3.3.2 *Ripple components*

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

3.3.3 *Power-series components*

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

The coefficients of these terms may be calculated from the displayed response and usually are expressed as ns/MHz, ns/MHz², etc.

3.4 *Details to be specified*

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

- a) test-signal frequency (f_t);
- b) the i.f. or r.f. swept bandwidth;

- c) variation permise du temps de propagation de groupe;
- d) amplitude crête-à-crête et fréquences des composantes d'ondulation, si applicable;
- e) coefficients de développement en série, si applicable.

4 Conversion m.a./m.p. et compression de m.a.

4.1 Définition et généralités

Le coefficient de conversion m.a./m.p. est donné par:

$$\theta = \frac{\Delta\phi_o}{\Delta V_i} \quad (4-1)$$

où

$\Delta\phi_o$ est la variation de phase en radians ou degrés à la sortie du matériel à l'essai

ΔV_i est la variation d'amplitude relative en pourcentage ou en décibels à l'entrée du matériel à l'essai.

Le coefficient de conversion est exprimé en radians/pourcentage ou en degrés par décibel.

Le coefficient de compression de modulation d'amplitude C est donné par:

$$C = 1 - \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \quad (4-2)$$

où

ΔV_o est la variation relative d'amplitude à la sortie du matériel à l'essai, exprimée en valeur numérique

ΔV_i est la variation relative d'amplitude à l'entrée du matériel à l'essai, exprimée en valeur numérique

Ces deux définitions ne sont valables que pour de faibles variations du niveau d'entrée.

Certains systèmes de transmission numérique en hyperfréquence emploient des méthodes de modulation pour lesquelles une partie de l'information à transmettre est portée par des valeurs d'amplitude, par exemple la MAQ16. Dans un tel cas, la compression d'amplitude et la conversion amplitude/phase peuvent dégrader le signal et donner lieu à une augmentation du taux d'erreur. De tels effets non linéaires peuvent apparaître dans les amplificateurs de puissance, les limiteurs et les mélangeurs.

Naturellement, les limiteurs ne sont utilisés que dans le cas de modulation de phase comme MDP4, mais il faut se rappeler que la distorsion linéaire dans la bande occupée par la porteuse modulée produit de la modulation d'amplitude, et que si cette m.a. est convertie en m.p. dans un étage non linéaire situé en aval, les sauts de phase de la modulation s'en trouvent affectés.

4.2 Méthodes de mesure

4.2.1 Mesure de la conversion m.a./m.p.

Le montage de mesure est très voisin de celui indiqué à la figure 1, mais un réseau d'essai possédant une caractéristique de temps de propagation de groupe parabolique connue, τ_2 exprimée en ns/MHz², est insérée entre la sortie de la partie émission de l'appareil de mesure et l'entrée du matériel à l'essai.

- c) permitted group-delay variation;
- d) peak-to-peak amplitude and frequency of ripple components, if applicable;
- e) power series coefficients, if applicable.

4 A.M.-to-p.m. conversion and a.m. compression

4.1 Definition and general considerations

The a.m.-to-p.m. conversion coefficient is given by:

$$\theta = \frac{\Delta\phi_o}{\Delta V_i} \quad (4-1)$$

where

$\Delta\phi_o$ is the phase deviation in radians or degrees at the output of the equipment under test

ΔV_i is the relative amplitude change in per cent or decibels at the input of the equipment under test.

The conversion coefficient is expressed in radians/per cent or in degrees/decibel.

The a.m. compression C is given by:

$$C = 1 - \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \quad (4-2)$$

where

ΔV_o is the relative amplitude change at the output of the equipment under test in numerical units

ΔV_i is the relative amplitude change at the input of the equipment under test in numerical units

Both definitions are valid for small input level changes.

Within digital microwave systems modulation methods are also used in which part of the information is contained in terms of amplitude values, e.g. 16QAM. This means that amplitude compression and amplitude-to-phase conversion can degrade the signal and give rise to higher BER values. Such non-linear effects sometimes occur in high-power amplifiers, limiters and mixers.

Limiters are of course only used in the case of phase modulation such as 4-PSK, but it should be remembered that linear distortion within the passband of the modulated carrier produces a.m. and if this a.m. is converted to p.m. again in a following non-linear circuit, the phase steps of the modulation are affected.

4.2 Methods of measurement

4.2.1 Measurement of a.m.-to-p.m. conversion

The measurement arrangement is very similar to figure 1, with the exception that a test network having a known parabolic group-delay response, τ_2 expressed in ns/MHz², is inserted between the transmitter-part output-port and the equipment under test.

La caractéristique amplitude/fréquence du réseau d'essai doit être plate dans la bande de fréquence balayée.

On peut montrer que si le matériel à l'essai, qui suit le réseau d'essai à temps de propagation parabolique, présente de la conversion amplitude/phase, il en résulte une caractéristique de gain différentiel inclinée. On peut calculer le coefficient de conversion m.a./m.p. K_p en fonction de la pente Δ_1 de la caractéristique de gain différentiel et du coefficient τ_2 de temps de propagation de groupe parabolique comme suit:

$$K_p = 10,504 \frac{\Delta_1}{\tau_2 \cdot f_t^2} \quad (4-3)$$

où

Δ_1 est exprimé en %/MHz

τ_2 est exprimé en ns/MHz²

f_t est exprimé en MHz

K_p est exprimé en degrés/dB

Pour convertir K_p de degrés/dB en rad/%, on peut utiliser l'équation suivante, valable seulement pour des valeurs de K_p inférieure à 5°/dB.

$$\varphi \text{ (rad/\%)} = \frac{K_p \text{ (degrés/dB)}}{6,6} \quad (4-4)$$

La fréquence du signal d'essai étant élevée, on doit utiliser une plage de balayage réduite de façon que la bande de fréquences explorée soit contenue dans la bande du matériel à l'essai.

Une seconde méthode de mesure employant des appareils de mesure du commerce peut être mise en oeuvre, dont le banc de mesure est indiqué à la figure 4.

Dans cette seconde méthode, on présente à l'entrée du matériel à l'essai un signal composé de deux signaux sinusoïdaux de fréquence f_o et $f_o + \Delta f$ et d'amplitude A et ΔA . On règle ΔA et Δf de façon que $d_o = \Delta A/A$ soit très faible (de l'ordre de 10^{-1} ou 10^{-2}) ainsi que $\Delta f/f_o$. On peut ainsi considérer que le signal de fréquence $f_o + \Delta f$ module en amplitude le signal de fréquence f_o .

En sortie du matériel à l'essai, on détecte à l'analyseur de spectre trois raies de fréquences f_o , $f_o + \Delta f$ et $f_o - \Delta f$ (voir figure 5). Si l'on note respectivement d_1 et d_2 les rapports de l'amplitude des raies de fréquence $f_o + \Delta f$ et $f_o - \Delta f$ à l'amplitude de la raie de fréquence f_o , et $S_1 = d_1/d_o$, $S_2 = d_2/d_o$, le coefficient de conversion m.a./m.p, exprimé en degrés par dB, est donné par:

$$K_p \text{ (a.m./p.m.)} = 13.19 \sqrt{s_1^2 - \left(\frac{1 + s_1^2 - s_2^2}{2} \right)^2} \quad (4-5)$$

Le réseau de courbes de la figure 6 permet la détermination du coefficient K_p .

En utilisant les valeurs mesurées du spectre S_1 et S_2 , K_p peut être alors soit calculée par l'équation (4-5), soit déterminée en utilisant le réseau de courbes de la figure 6.

The amplitude/frequency characteristic of the network needs to be flat within the swept bandwidth.

It can be shown that if the equipment under test, following the parabolic group-delay network, has a.m.-to-p.m. conversion then a sloping differential gain response will result. From the slope Δ_1 of the differential gain response and from the parabolic delay coefficient τ_2 of the delay network, the a.m.-to-p.m. conversion K_p can be calculated as follows:

$$K_p = 10,504 \frac{\Delta_1}{\tau_2 \cdot f_t^2} \quad (4-3)$$

where

Δ_1 is expressed in %/MHz

τ_2 is expressed in ns/MHz²

f_t is expressed in MHz

K_p is expressed in degrees/dB

To convert from K_p from degrees/dB values into rad/% values, the following equation may be used but it is only valid for values of K_p less than 5°/dB.

$$\varphi \text{ (rad/\%)} = \frac{K_p \text{ (degrees/dB)}}{6,6} \quad (4-4)$$

Due to the high frequency of the applied test signal, a reduced sweep width should be used to ensure that the explored frequency band is within the transmission band of the equipment under test.

A second measurement method making use of commercially available equipment may be used and the measuring arrangement is as shown in figure 4.

In this second method, a signal comprised of two sinusoidal components of frequencies f_o and $f_o + \Delta f$ and of amplitudes A and ΔA is applied to the input of the equipment under test. ΔA and Δf are adjusted such that $d_o = \Delta A/A$ is very small (of the order of 10^{-1} or 10^{-2}); $\Delta f/f_o$ is similarly adjusted. The signal of frequency $f_o + \Delta f$ may therefore be considered as amplitude modulating f_o .

At the output of the equipment under test, a spectrum analyser is used to detect the three spectral lines f_o , $f_o + \Delta f$ and $f_o - \Delta f$ (see figure 5). If d_1 and d_2 are respectively the ratios of the amplitude of $f_o + \Delta f$ and $f_o - \Delta f$ to the amplitude f_o , $S_1 = d_1/d_o$ and $S_2 = d_2/d_o$, the a.m./p.m. conversion factor (expressed in degrees/dB) is given by:

$$K_p \text{ (a.m./p.m.)} = 13.19 \sqrt{s_1^2 - \left(\frac{1 + s_1^2 - s_2^2}{2} \right)^2} \quad (4-5)$$

Curves in figure 6 may be used to determine the a.m.-to-p.m. conversion factor K_p .

Utilizing the measured spectrum values S_1 and S_2 , K_p is then either calculated by using equation (4-5) or determined by using figure 6.

4.2.2 Mesure de la compression

Pour la mesure de la compression m.a. le montage de mesure de la figure 1 doit être étendu. Dans la partie du transmetteur, le signal de balayage i.f. doit être modulé en amplitude pour introduire un facteur de modulation connu, par exemple 10 %. Le détecteur d'enveloppe en f.i. de la partie réception du banc de mesure doit être suivi d'un démodulateur d'amplitude, fournissant un signal proportionnel au taux de modulation d'amplitude du signal d'essai en f.i. ou en r.f. ayant traversé le matériel à l'essai. Le signal démodulé peut commander la déviation verticale d'un oscilloscope, calibrée par exemple en pourcentage ou en taux de modulation, ce qui permet de déterminer la compression (par exemple 1 %).

La déviation horizontale de l'oscilloscope doit être synchronisée par la fréquence de balayage du générateur. Pour des mesures à distance, la partie réception du banc de mesure doit être capable de reconstituer le signal de balayage.

Il est également possible de mesurer le coefficient de compression de l'amplitude au moyen du banc de mesure présenté en figure 4, en employant la méthode décrite au paragraphe 4.2.1. A partir des valeurs mesurées S_1 et S_2 , le coefficient de compression de l'amplitude est donné par:

$$C = 1 - (s_1^2 - s_2^2) \quad (4-6)$$

Le réseau de courbes de la figure 7 permet aussi la détermination du coefficient C.

4.3 Présentation des résultats

4.3.1 Conversion m.a./m.p.

De préférence, on établit un enregistrement XY, une photographie ou un graphique de la mesure de gain différentiel, effectuée avec un signal d'essai de quelques MHz, par exemple 5,6 MHz.

On peut en déduire la pente Δ_1 par un calcul se rapportant à la partie linéaire de la courbe. Comme τ_2 est connu ou peut être aisément mesuré en employant la méthode décrite à l'article 3, on peut calculer le coefficient de conversion m.a./m.p. au moyen des équations (4-3) et (4-4).

4.3.2 Compression

Les taux de modulation à l'entrée et à la sortie du matériel à l'essai correspondent aux variations relatives d'amplitude ΔV_1 et ΔV_o de l'équation (4-2).

Il convient que la compression soit présentée en pourcentage comme dans l'exemple suivant:

$$C = \left(1 - \frac{1}{20}\right) \times 100 \% = 95 \% \quad (4-7)$$

4.2.2 Measurement of compression

For the measurement of a.m. compression, the test arrangement shown in figure 1 has to be extended. In the transmitter part, the swept i.f. signal has to be amplitude modulated to introduce a known modulation factor, e.g. 10 %. The i.f. envelope detector in the receiver part should be followed by an amplitude demodulator to provide a signal proportional to the output modulation factor of the i.f. or r.f. signal after having passed through the equipment under test. The demodulated signal can be used for the Y-deflection of an oscilloscope calibrated for example in percent or modulation factor, and the compression (e.g. 1 %) may be determined.

The X-deflection of the oscilloscope needs to be synchronized to the sweep-frequency of the generator. For end-to-end measurements the receiver should be able to reproduce the sweep voltage.

Alternatively the measuring arrangement shown in figure 4 may be used to determine the amplitude compression coefficient using the method of measurement described in 4.2.1. Starting from the measured values S_1 and S_2 , the amplitude compression coefficient, C , is given by:

$$C = 1 - (s_1^2 - s_2^2) \quad (4-6)$$

The coefficient C can also be determined using figure 7.

4.3 Presentation of results

4.3.1 A.M./p.m. conversion

Preferably an XY-record, photograph, or plot is taken from the differential gain result with a test tone in the MHz range e.g. 5,6 MHz.

From this the slope Δ_1 may be calculated referring the linear part of the result to the swept range. As τ_2 is known or can easily be measured by the method of clause 3, the a.m.-to-p.m. conversion coefficient can be calculated using equations (4-3) and (4-4).

4.3.2 Compression

The input and output modulation factors correspond to the relative amplitude changes ΔV_1 and ΔV_o in equation (4-2).

The compression should be presented in percentage as given by the following example:

$$C = \left(1 - \frac{1}{20}\right) \times 100 \% = 95 \% \quad (4-7)$$

4.4 Détails à spécifier

Lorsque ces mesures sont exigées, les points suivants doivent être inclus dans le cahier des charges du matériel:

4.4.1 Conversion m.a./m.p.

- a) largeur de la bande de fréquence de balayage;
- b) valeur maximale permise du coefficient de conversion m.a./m.p.;
- c) fréquence d'essai à utiliser;
- d) coefficient du réseau de temps de propagation de groupe parabolique (ns/MHz²);
- e) niveau d'entrée ou gamme de niveau d'entrée.

4.4.2 Compression

- a) niveau d'entrée ou gamme de niveaux d'entrée;
- b) fréquence et taux de modulation;
- c) valeur maximale (amplificateur) ou minimale (limiteur) permise du coefficient de compression.

5 Gain différentiel et phase différentielle

A l'étude. Un article sera ajouté si cela s'avère nécessaire ultérieurement pour les systèmes à grande capacité.

4.4 *Details to be specified*

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

4.4.1 *A.M./p.m. conversion*

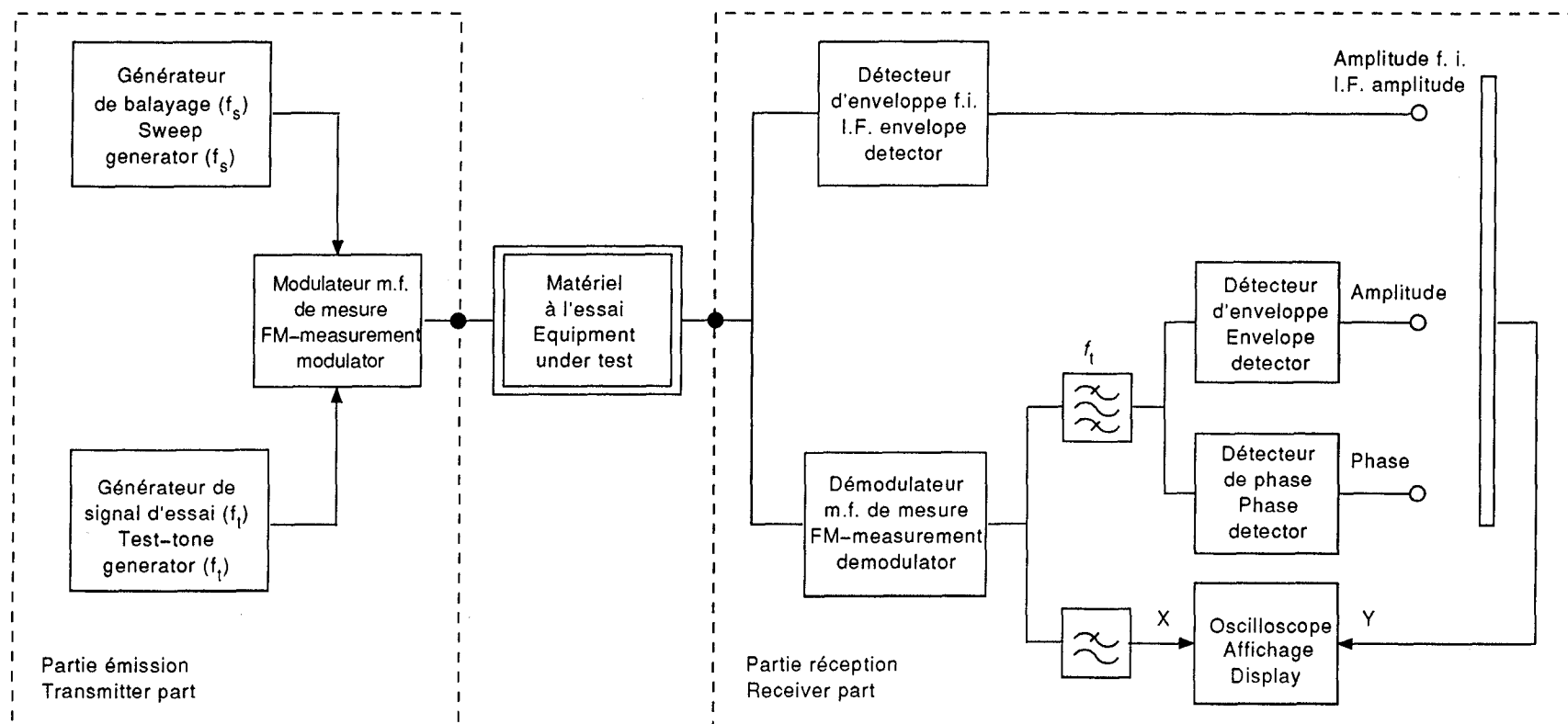
- a) swept-frequency range;
- b) maximum permitted a.m.-to-p.m. conversion coefficient;
- c) test frequency to be used;
- d) group-delay network parabolic coefficient (ns/MHz²);
- e) input level or level range.

4.4.2 *Compression*

- a) input level or level range;
- b) modulation frequency and modulation depth;
- c) permitted maximum (amplifier) or minimum value (limiter) of compression.

5 **Differential gain and phase**

Under consideration. This clause will be added if needed in future for higher capacity systems.



CEI-IEC 634/92

NOTE – Pour la mesure de la conversion m.a./m.p., un réseau présentant une variation de temps de propagation de groupe parabolique est inséré en amont du matériel à l'essai.

NOTE – For the measurement of a.m.-to-p.m. conversion, the equipment under test is preceded by a delay network having a parabolic characteristic.

Figure 1 – Schéma simplifié du banc de mesure de la caractéristique amplitude/fréquence en f.i., de la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence et de la conversion m.a./m.p.

Simplified arrangement for measuring the i.f. amplitude/frequency characteristic, the group delay/frequency characteristic and a.m.-to-p.m. conversion

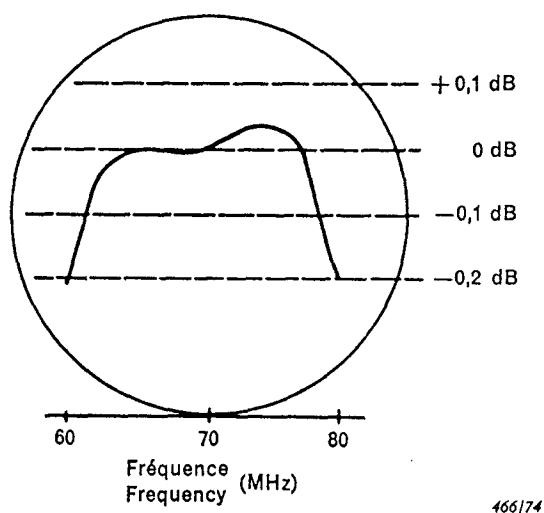


Figure 2 – Exemple de représentation oscilloscopique d'une caractéristique amplitude/fréquence

Example of oscilloscope display of an amplitude/frequency characteristic

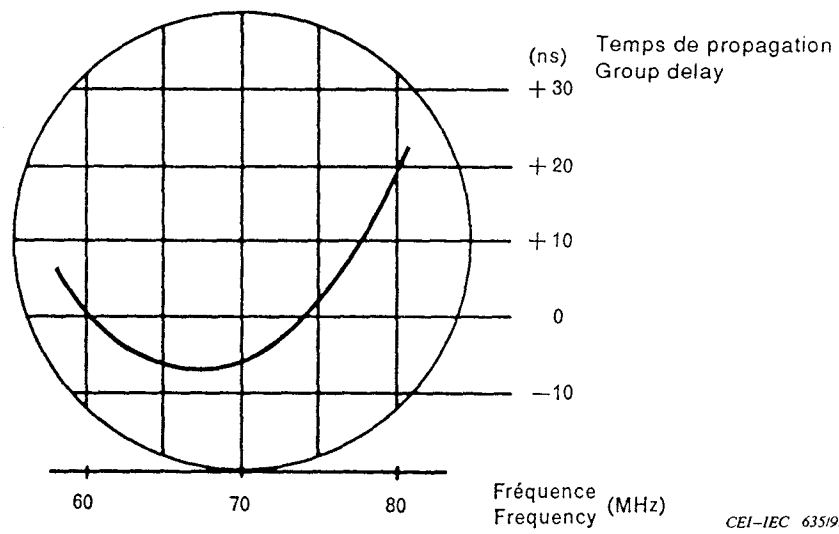


Figure 3 – Exemple de représentation oscilloscopique d'une caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence

Example of an oscilloscope display of a group/delay frequency characteristic

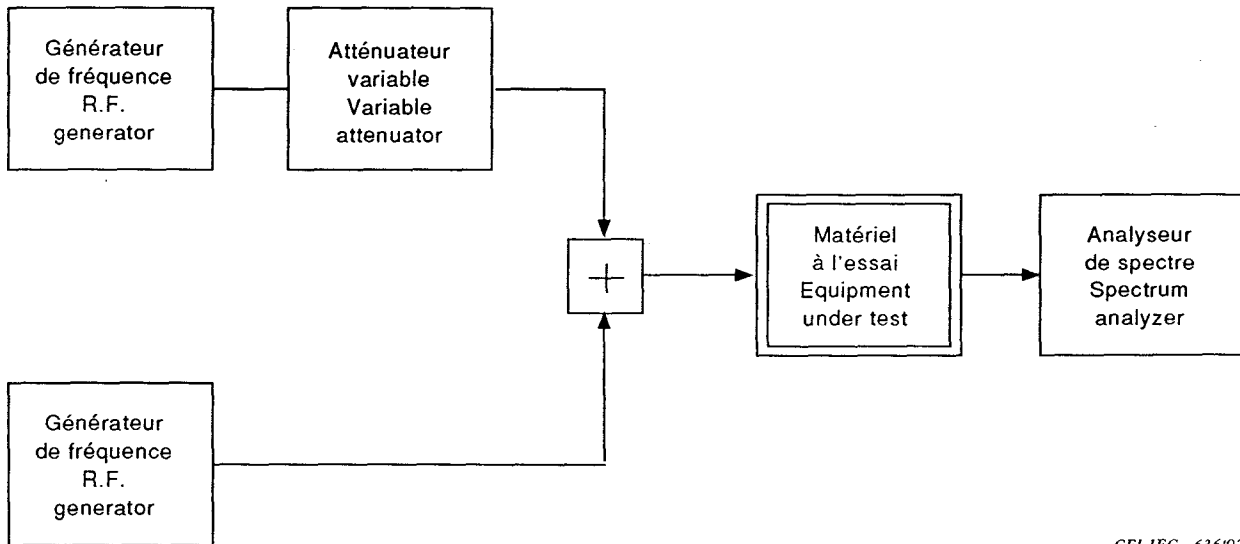
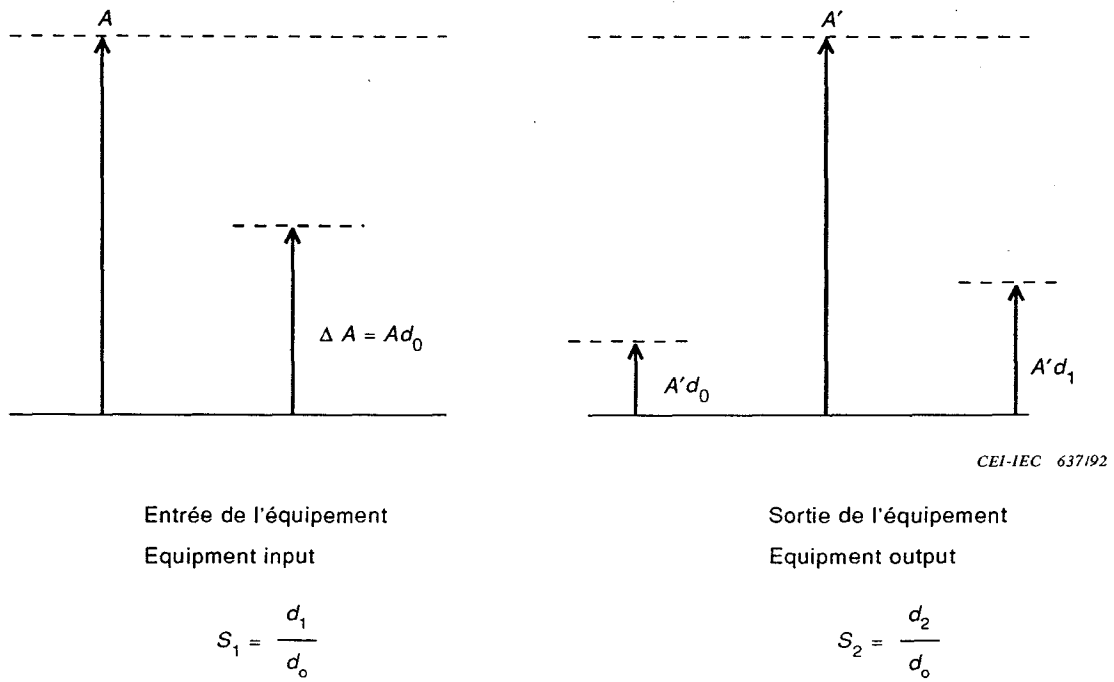


Figure 4 – Banc de mesure de la conversion m.a./m.p.
et de la compression d'amplitude

Arrangement for measuring a.m.-to-p.m. conversion
factor and amplitude compression



NOTE – Généralement S_1 et S_2 sont <1 , donc négatifs exprimés en dB,

- S_1 et S_2 sont des rapports d'amplitudes

Generally, S_1 and S_2 are <1 , and hence negative when expressed in dB,

- since S_1 and S_2 are ratios of amplitudes

Figure 5 – Exemple de visualisation à l'analyseur de spectre de la mesure de la conversion m.a./m.p.

Example of spectrum analyser display when measuring a.m.-to-p.m. conversion

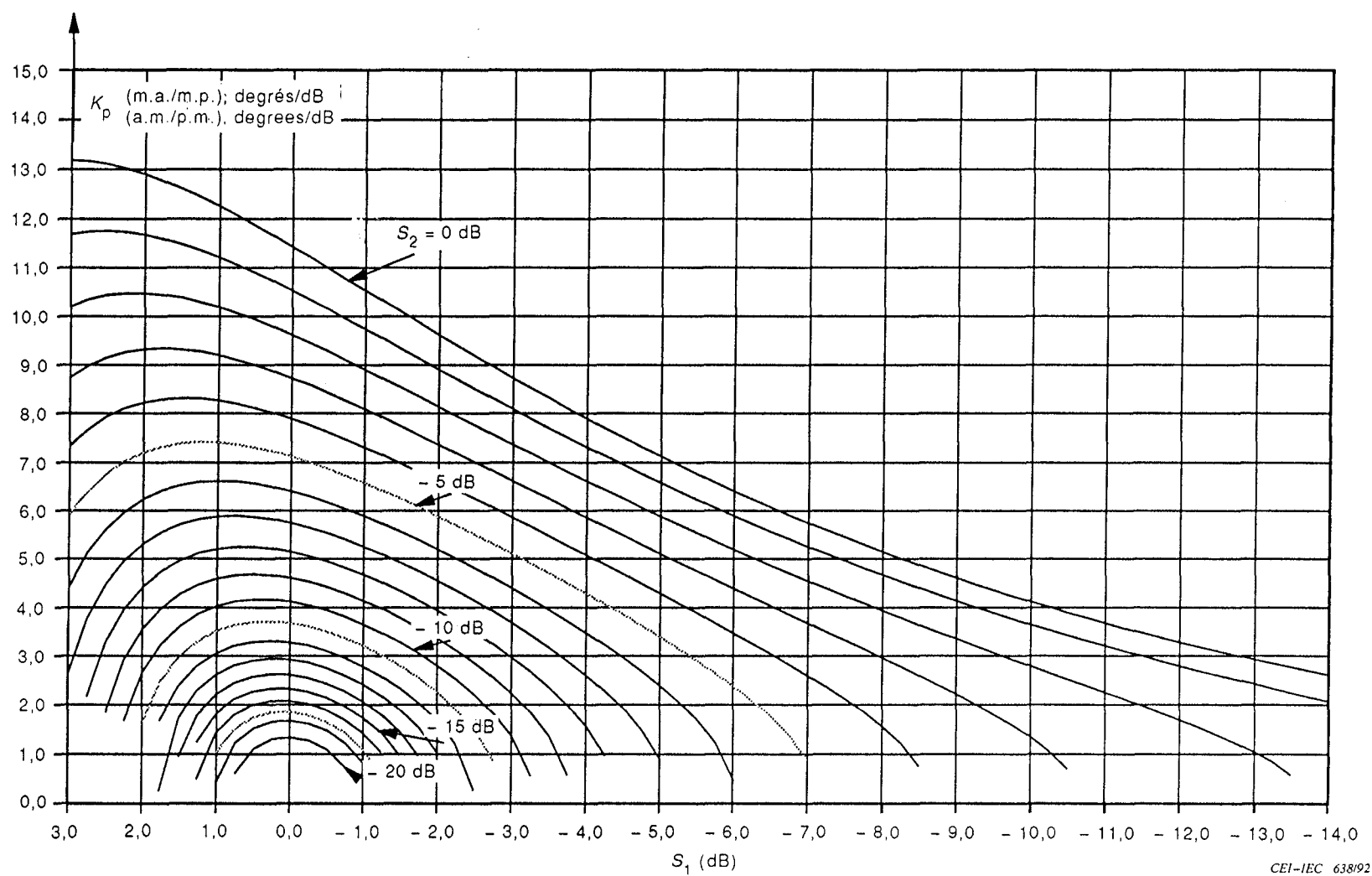


Figure 6 – Réseau de courbes pour la détermination du coefficient de conversion m.a./m.p. (K_p)
Curves for determining the a.m.-to-p.m. conversion factor K_p

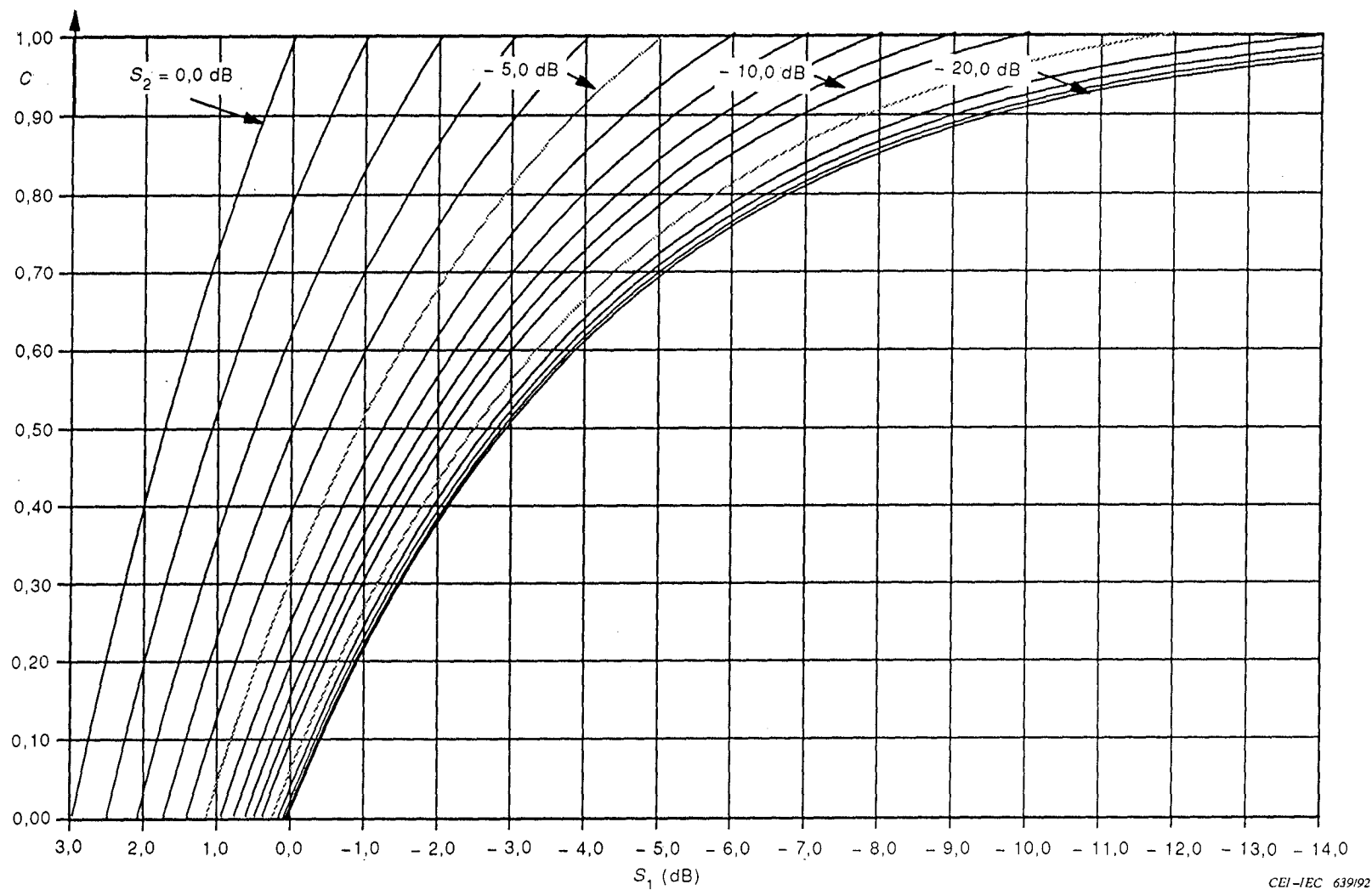


Figure 7 – Réseau de courbes pour la détermination du coefficient de compression de m.a. (C)

Curves for determining the amplitude compression coefficient C

– Page blanche –

– Blank page –

Annexe A
(informative)

Bibliographie

Rapport 378-5 du CCIR (Vol.IX): *Caractéristiques des faisceaux hertziens numériques.*

Annex A
(informative)

Bibliography

CCIR Report 378-5 (Vol.IX): *Characteristics of digital radio-relay systems.*

ICS 33.060.30
