

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-2-4

Première édition
First edition
1993-05

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

Partie 2:

Mesures applicables aux faisceaux hertziens
terrestres

Section 4: Emetteur/récepteur,
modulateur/démodulateur inclus

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

Part 2:

Measurements on terrestrial radio-relay systems

Section 4: Transmitter/receiver including
modulator/demodulator



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60835-2-4: 1993

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.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-2-4

Première édition
First edition
1993-05

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

Partie 2:

Mesures applicables aux faisceaux hertziens
terrestres

Section 4: Emetteur/récepteur,
modulateur/démodulateur inclus

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

Part 2:

Measurements on terrestrial radio-relay systems

Section 4: Transmitter/receiver including
modulator/demodulator

© IEC 1993 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

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Emetteur, modulateur inclus	12
3.1 Généralités	12
3.2 Fréquence du signal de sortie	14
3.3 Spectre r.f. à la sortie	14
3.4 Puissance de sortie en r.f.	14
3.5 Erreurs d'amplitude et de phase	16
3.5.1 Méthode de mesure	16
3.5.2 Présentation des résultats	16
3.5.3 Détails à spécifier	16
4 Récepteur, démodulateur inclus	16
4.1 Généralités	16
4.2 Fréquence de l'oscillateur local	18
4.3 Signaux parasites	18
4.4 Caractéristique de c.a.g.	18
4.4.1 Définition et généralités	18
4.4.2 Méthode de mesure	18
4.4.3 Présentation des résultats	18
4.4.4 Détails à spécifier	20
4.5 Sélectivité	20
4.5.1 Définition et généralités	20
4.5.2 Méthode de mesure	20
4.5.3 Présentation des résultats	22
4.5.4 Détails à spécifier	22
4.6 Facteur de bruit	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Transmitter including modulator	13
3.1 General	13
3.2 Output frequency	15
3.3 R.F. output spectrum	15
3.4 R.F. output power	15
3.5 Phase/amplitude error	17
3.5.1 Method of measurement	17
3.5.2 Presentation of results	17
3.5.3 Details to be specified	17
4 Receiver including demodulator	17
4.1 General	17
4.2 Local oscillator frequency	19
4.3 R.F. leakage spectrum	19
4.4 A.G.C. characteristic	19
4.4.1 Definition and general considerations	19
4.4.2 Method of measurement	19
4.4.3 Presentation of results	19
4.4.4 Details to be specified	21
4.5 Selectivity	21
4.5.1 Definition and general considerations	21
4.5.2 Method of measurement	21
4.5.3 Presentation of results	23
4.5.4 Details to be specified	23
4.6 Noise figure	25

Articles	Pages
5 Ensemble émetteur-récepteur	24
5.1 Généralités	24
5.2 Taux d'erreur	24
5.3 Evanouissements sélectifs – signature (en préparation)	28
5.4 Gigue	28
5.5 Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence	28
 Figures	
1 Exemples d'ensembles de traitement du signal numérique dans les émetteurs et les récepteurs	30
2 Montage de mesure de la sélectivité des circuits en haute fréquence d'un récepteur de signaux numériques	32
3 Montage de mesure des caractéristiques de transmission d'un ensemble émetteur-récepteur, pour un évanouissement apériodique	34
4 Exemple de courbe donnant le taux d'erreur d'un ensemble émetteur-récepteur en fonction du niveau d'entrée du récepteur (en condition d'évanouissement apériodique simulé)	36
8 Montages de mesure de la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence d'un ensemble émetteur-récepteur numérique	38
Annexe A (informative) – Bibliographie	40

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 835-2-4:1993

Clause	Page
5 Transmit-receive section	25
5.1 General considerations	25
5.2 Bit-error-ratio (BER)	25
5.3 Selective fading signature (in preparation)	29
5.4 Timing jitter	29
5.5 Group-delay/frequency characteristic	29

Figures

1 Examples of signal processors used in digital transmitters and receivers	31
2 Arrangement for measuring the selectivity of the carrier part of a digital receiver	33
3 Arrangement for measuring the transmission performance of a digital transmit/receive section under flat-fading conditions	35
4 Example of a bit error ratio curve of a digital transmit/receive section as a function of receiver input level (simulated flat-fading)	37
8 Arrangements for measuring the group-delay/frequency characteristic of a digital transmit/receive section	39
Annex A (informative) – Bibliography	41

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-2-4:1993

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres Section 4: Emetteur/récepteur, modulateur/démodulateur inclus

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 835-2-4 a été établie par le sous-comité 12E: Faisceaux hertziens et systèmes fixes de télécommunication par satellite, du comité d'études 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
12E(BC)137	12E(BC)150

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

La CEI 835 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: 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.
- Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres.
- Partie 3: Mesures applicables aux stations terriennes de télécommunications par satellite.

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 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems Section 4: Transmitter/receiver including modulator/demodulator

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 835-2-4 has been prepared by sub-committee 12E: Radio-relay and fixed satellite communications systems, of IEC technical committee 12: Radiocommunications.

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

DIS	Report on Voting
12E(CO)137	12E(CO)150

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

IEC 835 consists of the following parts, under the general title: 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.
- Part 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems.
- Part 3: Measurements on satellite earth stations.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Plusieurs types de modulation peuvent être employés pour transmettre le signal numérique principal. La présente section de la CEI 835-2 ne traite que des méthodes de mesure applicables aux faisceaux hertziens utilisant une modulation de phase, ou une modulation combinée d'amplitude et de phase, comme par exemple la modulation à sauts de phase et la modulation MAQ-n, ces types de modulation étant les plus couramment employés.

L'émetteur de signaux numériques est précédé par un ensemble de traitement du signal multiplex numérique, qui modifie ce dernier dans le but de faciliter sa transmission. De même, le récepteur est suivi d'un ensemble de traitement du signal pour reconstruire le signal numérique. Les mesures sur ces ensembles de traitement de signal sont décrites dans la CEI 835-2-5, mais pour mettre en évidence leurs principales fonctions et leurs points d'interconnexion dans les mesures sur les ensembles émetteur-récepteur, des exemples en sont donnés à la figure 1. Une fonction supplémentaire de ces ensembles de traitement de signal, non indiquée à la figure 1, peut consister à combiner et à séparer plusieurs trains numériques.

Les points de connexion entre l'ensemble de traitement de signal et le modulateur, et entre le démodulateur et l'ensemble de traitement de signal, ne sont pas toujours accessibles.

Il convient de séparer les mesures sur les émetteurs et les récepteurs de signaux numériques en trois groupes: les mesures sur les émetteurs, modulateurs inclus, sont décrites à l'article 3; les mesures sur les récepteurs, démodulateurs inclus, sont décrites à l'article 4; enfin, les mesures sur les ensembles émetteur-récepteur («bond» hertziens) sont décrites à l'article 5. Pour certains paramètres, seuls les aspects spécifiques à leur mesure sur un émetteur ou un récepteur sont décrits, et référence est faite à d'autres sections de la CEI 835-2 donnant des méthodes de mesure détaillées.

Il convient d'effectuer toutes les mesures dans des conditions d'environnement spécifiées, comme la température, l'humidité, en accord avec la CEI 835-2-1.

INTRODUCTION

Several types of modulation may be used for the transmission of the main digital signal. Of these, only measurements applicable to systems using phase modulation or phase and amplitude modulation, e.g. PSK and n-QAM, will be covered in this section of IEC 835-2, since these modulation types are employed in the majority of digital radio-relay systems.

The digital transmitter is preceded by a transmit signal processor which modifies the multiplexed digital to facilitate radio transmission. Similarly, the receiver is followed by a receive signal processor in order to recover the digital signal. Measurements on these signal processors are dealt with in IEC 835-2-5, but in order to clarify their main functions and interconnection points in transmitter/receiver measurements, examples are given in figure 1. A further function of signal processors, not shown in figure 1, may be the combination and separation of more than one bit-stream.

The interconnection points between the transmit processor and modulators and also between the receive processor and demodulator are not always accessible.

Digital transmitter and receiver measurements are conveniently grouped into three parts for testing; measurements on transmitters including modulators are given in clause 3, measurements on receivers including demodulators in clause 4, whilst clause 5 deals with transmit-receive section (or "hop") measurements. For some of the parameters, only those aspects related to the fact that the measurement is carried out on a transmitter or receiver are given, and reference is made to other sections of IEC 835-2 for detailed methods of measurements.

All measurements should be carried out under specified environmental conditions, such as temperature and humidity, in accordance with IEC 835-2-1.

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

Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres Section 4: Émetteur/récepteur, modulateur/démodulateur inclus

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 835-2 traite des méthodes de mesure des émetteurs, modulateurs inclus, et des récepteurs, démodulateurs inclus, utilisés dans les faisceaux hertziens. Les mesures des égaliseurs auto-adaptatifs sont décrits dans la CEI 835-2-8.

Les méthodes de mesure de la caractéristique de c.a.g., de la sélectivité du facteur de bruit et de la fréquence de l'oscillateur local du récepteur ne sont généralement applicables que si la sortie en f.i. du récepteur est accessible. Ceci peut ne pas être le cas pour les récepteurs de faisceaux hertziens à démodulation hyperfréquence ou à faible débit, par exemple en dessous de 2 Mbit/s.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 835-2. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 835-2 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 835-1-1: 1990, *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 1: Généralités*

CEI 835-1-2: 1992, *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 2: Caractéristiques de base*

CEI 835-1-3: 1992, *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*

CEI 835-1-4: 1992, *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 4: Qualité de transmission*

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

Part 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems Section 4: Transmitter/receiver including modulator/demodulator

1 Scope

This Section of IEC 835-2 deals with methods of measurement for transmitters including modulators, and receivers including demodulators, used in digital radio-relay systems. Measurements for adaptive equalizers are given in IEC 835-2-8.

Methods of measurement for the a.g.c. characteristic, selectivity and noise figure and receiver local oscillator frequency are generally applicable only when the receiver i.f. output is accessible. This may not be the case for receivers used in systems having a microwave demodulator or a low bit rate, e.g. below 2 Mbit/s.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 835-2. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 835-2 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 835-1-1: 1990, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay and satellite earth stations – Section 1: General*

IEC 835-1-2: 1992, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay and satellite earth stations – Section 2: Basic characteristics*

IEC 835-1-3: 1992, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay and satellite earth stations – Section 3: Transmission characteristics*

IEC 835-1-4: 1992, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay and satellite earth stations – Section 4: Transmission performance*

CEI 835-2-1: 1990, *Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé pour les systèmes de transmission numérique en hyperfréquence – Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres – Section 1: Généralités*

CEI 835-2-5: 1993, *Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé pour les systèmes de transmission numérique en hyperfréquence – Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres – Section 5: Sous-ensemble de traitement du signal numérique*

CEI 835-2-8: 1993, *Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé pour les systèmes de transmission numérique en hyperfréquence – Partie 2: Mesures applicables aux faisceaux hertziens terrestres – Section 8: Egaliseur auto-adaptatif*

Recommandation 556 du CCIR: *Conduit numérique fictif de référence pour les faisceaux hertziens pouvant faire partie d'un réseau numérique à intégration de services – Systèmes ayant une capacité supérieure au deuxième niveau hiérarchique*

Recommandation 557 du CCIR: *Objectif de disponibilité d'un circuit fictif de référence et d'un conduit numérique fictif de référence*

Recommandation 594 du CCIR: *Taux d'erreur binaire admissible, à la sortie du conduit numérique fictif de référence, pour les faisceaux hertziens pouvant faire partie d'un réseau numérique à intégration de services*

Recommandation O.151 du CCITT: *Spécification d'appareils pour la mesure du taux d'erreur dans les systèmes numériques*

Recommandation G.703 du CCITT: *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions*

3 Emetteur, modulateur inclus

3.1 Généralités

La CEI 835-1-1 donne des exemples d'émetteurs de signaux numériques, à modulation en r.f. ou en i.f.

Pour les faisceaux hertziens à plusieurs canaux radioélectriques, il convient d'inclure le filtre d'émission dans la mesure de l'émetteur, bien qu'il puisse faire partie du dispositif de branchement. On considère alors que l'accès r.f. de l'émetteur est situé à la sortie de ce filtre.

Il y a lieu de connecter les instruments de mesure à cet accès, ou si possible, à un accès de mesure équivalent. Pendant toutes les mesures décrites plus loin, il convient que seul l'émetteur à l'essai soit en fonctionnement, et que tous les autres émetteurs du système à plusieurs canaux radioélectriques soient mis hors service.

Les mesures à effectuer, éventuellement, à l'accès de sortie d'un modulateur en f.i. ne sont pas décrites. De telles mesures peuvent néanmoins être exigées pour les modulateurs en f.i. des faisceaux hertziens.

IEC 835-2-1: 1990, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems – Section 1: General*

IEC 835-2-5: 1993, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems – Section 5: Digital signal processing subsystem*

IEC 835-2-8: 1993, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 2: Measurements on terrestrial radio-relay systems – Section 8: Adaptive equalizer*

CCIR Recommendation 556: *Hypothetical reference digital path for radio-relay systems which may form part of an integrated services digital network; systems with a capacity above the second hierarchical level*

CCIR Recommendation 557: *Availability objective for a hypothetical reference circuit and a hypothetical reference digital path*

CCIR Recommendation 594: *Allowable bit error ratios at the output of the hypothetical reference digital path for radio-relay systems which may form part of an integrated services digital network*

CCITT Recommendation O.151: *Specification for instrumentation to measure error performance on digital systems*

CCITT Recommendation G.703: *Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*

3 Transmitter including modulator

3.1 General

Examples of digital transmitters with r.f. and i.f. modulators are given in IEC 835-1-1.

In multi r.f. channel systems, the transmitting filter, although it may be a part of the branching system, should be included in the transmitter measurements, i.e. the r.f. output of the transmitter is regarded as the output from this filter.

Measuring instruments should be connected either to this point or, if available, to an equivalent test point. During all of the measurements to be described, only the transmitter under test should be in operation and all other transmitters of the multi-channel system should be switched off.

Measurements related to the output port of the i.f. modulator, if applicable, are not included. Nevertheless, such measurements may be required for i.f. modulators.

3.2 *Fréquence du signal de sortie*

Voir la CEI 835-1-2.

Le fréquencemètre est branché à la sortie de l'émetteur, par l'intermédiaire d'un atténuateur r.f. approprié. Il convient de couper la modulation, de façon à obtenir une porteuse pure.

3.3 *Spectre r.f. à la sortie*

Voir la CEI 835-1-2.

L'analyseur de spectre est branché à la sortie de l'émetteur, par l'intermédiaire d'un atténuateur r.f. approprié, et l'on effectue trois mesures.

D'abord, la modulation est supprimée de façon à obtenir une porteuse pure, et on mesure la pureté spectrale de la porteuse non modulée. Il convient que le niveau des composantes spectrales parasites et harmoniques soit inférieur à des valeurs limites spécifiées, dans une gamme de fréquences spécifiée. On le vérifie sur l'écran calibré d'un analyseur de spectre.

NOTE - D'autres méthodes sont à l'étude pour le cas où la modulation ne peut pas être coupée.

Ensuite, la modulation est rétablie normalement, l'accès d'entrée du signal numérique étant attaqué (à travers l'ensemble de traitement de signal, si demandé) par un générateur de signal pseudo-aléatoire au débit numérique nominal, de façon à créer un spectre correspondant aux conditions opérationnelles. Dans le cas de la transmission de plusieurs trains numériques principaux (par exemple 2 x 34 Mbit/s), il convient que chaque accès d'entrée soit attaqué séparément par des signaux pseudo-aléatoires suffisamment décorrélés. On effectue cette mesure pour vérifier que le spectre du signal de sortie est conforme à un gabarit définissant les limites spécifiées.

Enfin, on observe également le spectre du signal de sortie en présence du signal d'indication d'alarme (S.I.A.), pour s'assurer de la conformité avec d'éventuelles spécifications relatives aux interférences.

3.4 *Puissance de sortie en r.f.*

Voir la CEI 835-1-2.

Le wattmètre r.f. est branché à la sortie de l'émetteur par l'intermédiaire d'un atténuateur approprié. On définit d'habitude la puissance de sortie en r.f. comme étant la moyenne temporelle de la puissance des vecteurs représentant le signal modulé.

Lorsqu'on mesure la puissance de sortie, l'entrée du modulateur numérique doit donc être attaquée, par l'intermédiaire de l'ensemble de traitement de signal si demandé par un générateur de signaux pseudo-aléatoires produisant une séquence de bits au débit numérique nominal. Il convient de s'assurer que les états du signal sont suffisamment aléatoires, surtout dans le cas d'émetteurs modulés en MAQ-n. Pour ce faire, il faut utiliser une séquence pseudo-aléatoire suffisamment longue. Il est préférable d'utiliser les longueurs de séquences données dans la Recommandation O.151 du CCITT pour les mesures de taux d'erreur.

NOTE - Dans le cas de modulation à sauts de phase, la puissance de sortie est parfois spécifiée en l'absence de modulation.

3.2 *Output frequency*

See IEC 835-1-2.

The frequency meter is connected via a suitable r.f. attenuator to the transmitter output. Modulation should be disabled to obtain a c.w. carrier.

3.3 *R.F. output spectrum*

See IEC 835-1-2.

The spectrum analyser is connected via a suitable r.f. attenuator to the transmitter output and three measurements are carried out.

Firstly, the modulation process is disabled to obtain a c.w. carrier, and the spectral purity of the unmodulated carrier is measured. The level of unwanted spurious and harmonic spectrum components within a specified frequency range should not exceed specified limits as observed on the calibrated spectrum analyser display.

NOTE - In the case where the modulation process is not capable of being disabled, alternative methods of measurement are under consideration.

Next, the modulator is restored to normal and the digital signal input port is driven (via the transmit signal processor, if required) by a pattern generator giving a pseudo-random bit sequence at nominal bit rate to produce a spectrum corresponding to operational conditions. In the case of more than one main bit-stream (e.g. 2 x 34 Mbit/s), each digital signal input port should be driven separately by sufficiently uncorrelated patterns. This measurement is made to verify that the output spectrum falls within the mask defining the specified limits.

Finally, the output spectrum with the alarm indicating signal (A.I.S.) drive is also observed in order to ascertain whether potential interference requirements are met in this case.

3.4 *R.F. output power*

See IEC 835-1-2.

The r.f. power meter is connected via a suitable r.f. attenuator to the transmitter output. The r.f. output power is usually defined as the average power of the signal vectors during the digital modulation process.

Therefore, the output power is measured while the digital signal input is driven, via the transmit signal processor, if required, by a pattern generator giving a pseudo-random bit sequence at the nominal bit rate. Care should be taken, especially with transmitters modulated by n-QAM signals, to ensure that all signal states are sufficiently random by using a pattern of adequate length. The pattern lengths given in CCITT Recommendation O.151 for bit-error-ratio (BER) measurements are preferred.

NOTE - In PSK systems, output power is sometimes specified for the case where no modulation is applied.

3.5 Erreurs d'amplitude et de phase

3.5.1 Méthode de mesure

Les amplitudes et les phases des différents états de modulation de la porteuse à la sortie de l'émetteur sont celles du vecteur représentatif de cette modulation dans l'espace des signaux.

Les erreurs d'amplitude et de phase, qui caractérisent l'écart de ces vecteurs de leurs positions nominales, sont des paramètres de base de la qualité d'un modulateur numérique.

Pour faire la mesure, les entrées du modulateur sont déconnectées de l'ensemble de traitement du signal d'émission, si demandé, et attaquées, avec transmission de la composante continue, par des signaux logiques générant séquentiellement la suite des vecteurs dans l'espace des signaux. On lit l'amplitude et la phase de ces vecteurs au moyen d'un voltmètre vectoriel connecté à la sortie du modulateur.

Cette méthode ne tient cependant pas compte des effets dus au transcodeur de l'ensemble de traitement du signal et associés au débit de la modulation (par exemple les différences involontaires entre les longueurs des connexions des entrées du modulateur); il convient de vérifier séparément les performances du transcodeur.

NOTE - On peut éviter les défauts de la méthode décrite ci-dessus en utilisant une méthode dynamique. Le modulateur à l'essai est attaqué par un générateur de signaux pseudo-aléatoires et sa sortie est connectée à un analyseur de réseau ou à un analyseur de spectre. Cette méthode de mesure dynamique des erreurs d'amplitude et de phase est à l'étude.

3.5.2 Présentation des résultats

Les résultats doivent être présentés sous la forme d'une table donnant les lectures d'amplitude et de phase du voltmètre vectoriel pour chaque état de la modulation.

3.5.3 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, il convient d'inclure les détails suivants dans le cahier des charges du matériel:

- a) valeurs nominales de l'amplitude et de la phase du vecteur dans l'espace des signaux;
- b) erreur de phase tolérée;
- c) erreur d'amplitude tolérée.

4 Récepteur, démodulateur inclus

4.1 Généralités

Un exemple de récepteur de signaux numériques comprenant un démodulateur de type cohérent est décrit dans la CEI 835-1-1.

Dans les faisceaux hertziens à plusieurs canaux radioélectriques, il convient d'inclure le filtre de réception dans la mesure du récepteur, bien qu'il puisse faire partie du dispositif de branchement. On considère alors que l'accès d'entrée r.f. du récepteur est situé à l'entrée de ce filtre.

3.5 *Phase/amplitude error*

3.5.1 *Method of measurement*

The phases and amplitudes of the modulated output carrier in the individual modulation states are represented by the vectors of the signal space diagram.

The phase and amplitude errors, i.e. the displacement of these vectors from their nominal position, are basic quality parameters of the digital modulator.

To carry out the measurement, the multiple input terminals, of the modulator are disconnected from the transmit signal processor, if required, and are driven by d.c. logic levels generating sequentially the individual vectors of the signal space diagram. The phases and amplitudes of these vectors are obtained from the readings of a vector voltmeter connected to the modulator output.

However, this method does not take into account the effects of the encoder in the transmit signal processor, which may be associated with the actual bit-rate of the input signal (e.g. unwanted differences between the paths driving the multiple input ports of the modulator), and the performance of the encoder should be verified separately.

NOTE - The shortcomings of the above method can be overcome by using a dynamic method in which the modulator under test is driven by a pattern generator, and the modulator output is connected to a network analyser or spectrum analyser. This dynamic method of measuring the phase/amplitude error is under consideration.

3.5.2 *Presentation of results*

The results should be given by tabulating the phase and amplitude readings of the vector voltmeter in the individual modulation states.

3.5.3 *Details to be specified*

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

- a) nominal values of the vector phases and amplitudes in the vector space diagram;
- b) permitted phase error;
- c) permitted amplitude error.

4 **Receiver including demodulator**

4.1 *General*

An example of a digital receiver, including the demodulator of the coherent type, is given in IEC 835-1-1.

In multi r.f. channel systems, the receiving filter, although it may be a part of the r.f. branching network, should be included in the receiver measurements, i.e. the r.f. input port of the receiver is regarded as the input to this filter.

4.2 *Fréquence de l'oscillateur local*

Voir la CEI 835-1-2.

Le fréquencemètre est connecté au point de test de l'oscillateur local, normalement disponible. S'il n'existe aucun point de test, on peut mesurer séparément la fréquence radioélectrique et la fréquence intermédiaire, et en calculer la différence.

NOTE - Lorsque la fréquence de l'oscillateur local est obtenue par multiplication d'une fréquence fondamentale, la mesure peut aussi être effectuée à cette dernière fréquence.

4.3 *Signaux parasites*

Voir la CEI 835-1-2.

Le but de cette mesure est de vérifier que les signaux parasites issus de l'entrée r.f. du récepteur, qui peuvent créer un brouillage, ne dépassent pas une valeur limite spécifiée.

Un analyseur de spectre est connecté à l'entrée r.f. du dispositif de branchement, et les oscillateurs locaux des autres récepteurs sont mis hors service. Le niveau et la fréquence des composantes spectrales des signaux parasites et harmoniques sont lus sur l'écran calibré de l'analyseur de spectre, dans une gamme de fréquences spécifiée qui recouvre généralement celle de l'ensemble des canaux radioélectriques du faisceau hertzien.

4.4 *Caractéristique de c.a.g.*

4.4.1 *Définition et généralités*

La caractéristique de c.a.g. du récepteur décrit la variation de son niveau de sortie en f.i. en fonction de son niveau d'entrée en r.f., niveaux exprimés en dBm, à la fréquence nominale du signal d'entrée. Il s'agit de la caractéristique statique, mesurée en modifiant manuellement le niveau d'entrée en r.f.

4.4.2 *Méthode de mesure*

L'entrée en r.f. du dispositif de branchement correspondant au récepteur est attaquée par un générateur accordé à la fréquence centrale de la bande passante du récepteur. La sortie en f.i. du récepteur est déconnectée du démodulateur et connectée à un appareil de mesure du niveau f.i. d'impédance d'entrée égale à l'impédance nominale, et la tension de commande de la c.a.g. est mesurée au moyen d'un voltmètre en courant continu.

L'atténuateur du générateur est d'abord réglé afin d'obtenir le niveau d'entrée maximal spécifié du récepteur. Le niveau d'entrée du récepteur est ensuite diminué graduellement de façon à décrire la dynamique spécifiée et on note la valeur indiquée sur l'appareil de mesure de niveau f.i. ainsi que la tension de c.a.g. sur le voltmètre en courant continu.

4.4.3 *Présentation des résultats*

Il y a lieu de présenter la caractéristique de c.a.g. comme dans l'exemple suivant: «Le niveau de sortie en f.i. du récepteur est compris dans la gamme $0 \text{ dBm} \pm 0,5 \text{ dB}$ pour des niveaux d'entrée compris entre -88 dBm et -38 dBm , la tension de commande du c.a.g. variant de -3 V à -12 V ».

La caractéristique peut aussi être présentée sous forme graphique.

4.2 *Local oscillator frequency*

See IEC 835-1-2.

The frequency meter is connected to the local oscillator test point, which is normally available. If, however, no test point is available, it is possible to measure radio frequency and intermediate frequency and calculate the difference.

NOTE - Where the local oscillator is derived by multiplication, it may alternatively be measured at its fundamental frequency.

4.3 *R.F. leakage spectrum*

See IEC 835-1-2.

The purpose of this measurement is to ascertain whether the permitted leakage at the receiver r.f. input port, which is a possible cause of r.f. interference, is not exceeded.

A spectrum analyser is connected to the r.f. branching network input port and the local oscillators of the other receivers are switched off. Levels and frequencies of unwanted spurious and harmonic spectrum components are determined from the calibrated spectrum analyser display in a specified frequency range, which usually covers all the r.f. channels of the digital radio-relay system.

4.4 *A.G.C. characteristic*

4.4.1 *Definition and general considerations*

The a.g.c. characteristic of the receiver is given by the variation of the i.f. output level as a function of the r.f. input level, both expressed in dBm, at the nominal input frequency. This is the steady-state characteristic, which is measured by manually changing the r.f. input level.

4.4.2 *Method of measurement*

The r.f. branching network input port of the receiver is fed by an r.f. generator tuned to the centre frequency of the receiver passband. The receiver i.f. output is disconnected from the demodulator and connected to an i.f. level meter, presenting a nominal load impedance, whilst the a.g.c. control voltage is measured by a d.c. voltmeter.

The attenuator of the signal generator is initially adjusted to produce the highest specified receiver input level. The generator level is then gradually decreased to cover the specified receiver input level range, and the output level readings of the i.f. level meter and the a.g.c. control voltage readings of the d.c. voltmeter are noted.

4.4.3 *Presentation of results*

The a.g.c. characteristic should be presented as in the following example: "The receiver i.f. output level is within 0 dBm $\pm$ 0,5 dB for receiver input levels in the range of -88 dBm to -38 dBm whilst the a.g.c. control voltage covers the range of -3 V to -12 V".

Alternatively, the characteristic may be presented graphically.

4.4.4 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, il convient d'inclure les détails suivants dans le cahier des charges du matériel:

- a) domaine de variation du niveau d'entrée en r.f., en dBm;
- b) variation tolérée du niveau de sortie en f.i. du récepteur, en décibels, dans le domaine indiqué en a);
- c) accès d'entrée.

4.5 *Sélectivité*

4.5.1 *Définition et généralités*

La sélectivité est l'aptitude du récepteur à distinguer le signal désiré de signaux indésirables, coexistant à des fréquences différentes. Cette distinction se fait en fonction de la fréquence des signaux. La sélectivité d'un récepteur de signaux numériques résulte habituellement de la combinaison des effets sélectifs du filtre de la partie en r.f. du récepteur, c'est-à-dire entre l'accès d'entrée en r.f. et l'accès de sortie en f.i., et de ceux des filtres placés après le démodulateur.

Dans certains récepteurs de signaux numériques, ce sont les filtres placés après le démodulateur qui ont un effet distinctif prédominant sur les signaux indésirables. Ces filtres ne sont pas normalement accessibles pendant les essais de réception. Si cela est exigé, leur contribution à la sélectivité globale du récepteur peut être mesurée au cours des essais de type.

La sélectivité mesurée par la méthode décrite ci-dessous ne prend en compte que l'effet de la partie r.f. du récepteur.

Si la partie r.f. du récepteur comprend un égaliseur auto-adaptatif, on doit mettre ce dernier hors service.

4.5.2 *Méthode de mesure*

On mesure la sélectivité de la partie r.f. du récepteur en appliquant à l'accès d'entrée en r.f. du dispositif de branchement les signaux provenant de deux générateurs, au moyen d'un combineur convenable, coupleur directif ou hybride, comme indiqué à la figure 2. Il convient que le dispositif de branchement soit inclus dans la mesure, car il peut en affecter les résultats.

Le générateur n° 1 simule le signal désiré et est accordé à la fréquence d'entrée nominale du récepteur. Le générateur n° 2 qui simule un signal parasite est accordé à d'autres fréquences spécifiées. Les deux générateurs ne sont pas modulés. Les signaux de sortie correspondant à ces signaux sont visualisés par un analyseur de spectre connecté à la sortie en f.i. du récepteur.

La méthode de mesure est la suivante.

- a) Le générateur n° 2 est mis hors service et le niveau du générateur n° 1 est réglé à une valeur spécifiée, dans la gamme des niveaux d'entrée du récepteur. On note la tension correspondante du signal de commande de la c.a.g.

4.4.4 *Details to be specified*

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

- a) range of receiver r.f. input level, dBm;
- b) permitted change of receiver i.f. output level, in decibels, in the range given in a);
- c) input connection point.

4.5 *Selectivity*

4.5.1 *Definition and general considerations*

Selectivity is the ability of the receiver to discriminate, by frequency-dependent selection, between the wanted signal and co-existent unwanted signals at other frequencies. The selectivity of a digital receiver usually means the combined effect of the selectivity realised by the filters in the carrier part of the receiver, i.e. between the r.f. input and i.f. output ports, and the post demodulator filters.

In some digital receivers, the post-demodulator filters may have a predominant effect upon the discrimination against undesired signals. Post-demodulator filters are normally not accessible during acceptance tests. If required, their contribution to the overall selectivity of the receiver may be measured during type tests.

The selectivity as measured by the following method takes into account only the effect of the carrier part of the receiver.

An adaptive equalizer, if it is in the carrier part of the receiver, shall be switched off.

4.5.2 *Method of measurement*

The selectivity of the carrier part of the receiver is measured by applying to the r.f. branching network input port signals from two signal generators via a suitable combiner such as a directional coupler or hybrid as shown in figure 2. The r.f. branching network should be included in the test arrangement as it may affect the measurement results.

Generator No. 1 simulates the wanted signal and is tuned to the nominal receiver input frequency whilst generator No. 2 simulates an unwanted signal and is tuned to other specified frequencies. Both generators should be unmodulated. The output signal levels due to these signals are displayed on a spectrum analyser connected to the receiver i.f. output.

The measurement procedure is as follows.

- a) Generator No. 2 is switched off and the level of generator No. 1 is adjusted to a specified wanted signal input level within the receiver input level range. The a.g.c. control voltage due to this level is noted.

b) Le générateur n° 2 est mis en service et est accordé à une fréquence voisine de celle du générateur n° 1 mais suffisamment éloignée pour qu'on puisse distinguer les deux signaux sur l'écran de l'analyseur de spectre. On règle la résolution de ce dernier à sa valeur extrême. Le niveau du générateur n° 2 est alors réglé à une valeur tout juste suffisamment inférieure à celle du signal désiré pour qu'on ne distingue aucune modification de la tension de commande de la c.a.g. Le niveau de la composante spectrale lue sur l'écran de l'analyseur de spectre et correspondant à ce signal d'entrée est pris comme référence du niveau du signal parasite, et noté.

c) Le générateur n° 2 est alors accordé à d'autres fréquences, dans un domaine spécifié, au même niveau que précédemment, et l'on note la sélectivité représentée par la différence en décibels entre le niveau de la composante spectrale du signal parasite et sa valeur de référence notée en b). Cette différence est lue sur l'écran calibré de l'analyseur de spectre, en fonction de la fréquence.

La sélectivité présente un intérêt particulier aux fréquences pour lesquelles le signal d'entrée peut créer une fréquence en f.i. située dans la bande passante de l'amplificateur en f.i., soit:

$f_{ol} + f_i$	fréquence nominale de réception;
$f_{ol} - f_i$	fréquence image;
f_{ol}	fréquence de l'oscillateur local;
$f_{ol} \pm n \cdot f_{fi}$	différence entre la fréquence reçue et celle de l'oscillateur local égale à un harmonique ou à un sous-harmonique de la fréquence intermédiaire
$f_{ol} \pm f_{fi}/n$	

f_{fi} représente ci-dessus une fréquence quelconque de la bande passante en f.i.

Habituellement, la mesure est répétée pour plusieurs niveaux d'entrée du signal désiré (générateur n° 1), dans le domaine spécifié pour les niveaux d'entrée du récepteur.

NOTE - Au point c) de la méthode de mesure décrite ci-dessous, on peut utiliser, au lieu d'un générateur accordé manuellement, un générateur balayé en fréquence, le balayage correspondant au domaine de fréquences spécifié. Dans ce cas, il convient que la fréquence du balayage soit beaucoup plus faible ou beaucoup plus forte que celle de l'analyseur de spectre.

4.5.3 Présentation des résultats

Il y a lieu de présenter les résultats de la mesure de la sélectivité de la partie h.f. du récepteur sous forme d'un graphique donnant la sélectivité exprimée en décibels, en fonction de la fréquence, dans la gamme de fréquences spécifiée. Pour les mesures faites avec un générateur balayé en fréquence, il convient de présenter une photographie de l'écran calibré de l'analyseur de spectre.

4.5.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, il y a lieu d'inclure les détails suivants dans le cahier des charges du matériel:

- niveaux d'entrée du signal désiré;
- niveaux d'entrée et domaine de fréquences du signal parasite;
- gabarit de sélectivité spécifiée, en décibels, dans le domaine de fréquences spécifié ci-dessus.

b) Generator No. 2 is switched on and is tuned to be close to the frequency of generator No. 1 but separately resolvable on the spectrum analyser display (using the highest practical spectrum analyser resolution). Generator No. 2 is then adjusted until its level is just sufficiently below that of the desired signal so as to prevent a change in a.g.c. control voltage. The level of the spectrum line due to this input signal level is taken as the reference level of the unwanted signal and is noted on the spectrum analyser display.

c) Generator No. 2 is now tuned, at the above constant input signal level, to several frequencies in a specified frequency range, and the selectivity i.e. the difference in decibels between the unwanted signal spectrum line level and its reference value, as noted in b), is measured as a function of frequency on the calibrated spectrum analyser display.

Of particular interest is the selectivity in those frequency ranges in which the input signal could produce a receiver output frequency falling into the i.f. amplifier passband, e.g.:

$f_{lo} + if$	nominal receiver frequency;
$f_{lo} - if$	image frequency;
f_{lo}	local oscillator frequency;
$f_{ol} \pm n \cdot f_{fi}$	} difference of incoming and local oscillator frequencies is a subharmonic or harmonic of the i.f.
$f_{ol} \pm f_{fi}/n$	

Here f_{fi} denotes any frequency within the range of the i.f. passband.

The measurement is usually repeated at several wanted signal input levels from Generator No. 1 within the specified receiver signal input level range.

NOTE - In step c) of the above measurement procedure, a sweep frequency generator with a sweep range corresponding to the above frequency ranges may be used instead of a manually tuned signal generator. In this case, the sweep repetition frequency should be much lower or much higher than the scanning frequency of the spectrum analyser.

4.5.3 Presentation of results

The results of the selectivity measurements of the carrier part of the receiver should be presented graphically, with the measured selectivity plotted in decibels as a function of frequency over the specified frequency range. In the case of measurements using a sweep generator, a photograph of the calibrated spectrum analyser display should be presented.

4.5.4 Details to be specified

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

- a) input levels of the applied wanted signal;
- b) input levels and frequency range of applied unwanted signal;
- c) required selectivity in decibels within the above frequency range (limit mask).

4.6 *Facteur de bruit*

Voir la CEI 835-1-2.

Il y a lieu de mesurer le facteur de bruit du récepteur de signaux numériques à son accès de sortie en f.i. avec la commande de gain réglée manuellement qui correspond à la limite inférieure du domaine spécifié du niveau d'entrée. Il convient que le point d'accès auquel le générateur de bruit est connecté pendant la mesure soit précisé.

5 Ensemble émetteur/récepteur

5.1 *Généralités*

En plus des mesures décrites aux articles 3 et 4, il est nécessaire d'effectuer des mesures sur l'ensemble émetteur/récepteur pour évaluer les performances de transmission des faisceaux hertziens numériques.

Le but de ces mesures est de vérifier que la qualité du signal numérique transmis par une liaison en faisceau hertzien, constituée par plusieurs émetteurs et récepteurs mesurés individuellement, est bien conforme aux spécifications d'ensemble.

Le montage de mesure de la qualité de transmission d'un ensemble émetteur-récepteur numérique est donné par la figure 3. Les accès en r.f. des filtres de branchement de l'émetteur et du récepteur sont réunis par l'intermédiaire d'un atténuateur en r.f. et les instruments de mesure sont connectés aux accès des ensembles de traitement du signal, si demandé, dont les caractéristiques d'interface sont décrites dans la Recommandation G.703 du CCITT.

On suppose que les ensembles de traitement de signal sont conformes à leurs spécifications propres.

Les paramètres de qualité, taux d'erreur et gigue, sont mesurés au cours des essais de réception ou de type. Le taux d'erreur est mesuré en présence d'évanouissements constants et en présence d'évanouissements sélectifs. On nomme «signature» le résultat de cette dernière mesure.

5.2 *Taux d'erreur*

Voir la CEI 835-1-4.

Le taux d'erreur est mesuré en fonction du niveau d'entrée du récepteur, c'est-à-dire en fonction de la valeur de l'évanouissement non sélectif, pour s'assurer que ce taux d'erreur reste en dessous d'une limite spécifiée dans un domaine de niveaux d'entrée spécifié (voir le montage de mesure de la figure 3). Si une voie de service est transmise par modulation de fréquence de la porteuse, il convient que l'entrée de modulation correspondante de l'émetteur soit attaquée par un signal de fréquence et de niveau spécifiés, pendant la mesure du taux d'erreur.

4.6 *Noise figure*

See IEC 835-1-2.

The noise figure of the digital receiver should be measured at the i.f. output port of the receiver with a manual gain control setting which corresponds to the lower limit of the specified receiver input level range. The connection point of the noise generator in the measurement should be given.

5 **Transmit-receive section**

5.1 *General considerations*

In addition to the measurements given in 3 and 4 above, measurements on a transmit-receive section are also required to assess the transmission performance of the digital radio-relay system.

The purpose of these measurements is to ascertain whether the digital signal transmitted through the radio-relay link, made up of the individually measured transmitters and receivers, will meet the overall performance specification.

The test arrangement for measuring the transmission performance of a digital transmit-receive section is shown in figure 3. The r.f. ports of the transmitter and receiver branching filters are connected by an r.f. attenuator, and measuring instruments are connected to the signal processor terminals if required, to which the interface characteristics given in CCITT Recommendation G.703 apply.

It is assumed that the signal processors comply with their relevant specifications.

Two performance parameters are measured during acceptance or type tests, namely bit-error-ratio, (BER), and timing jitter. The BER is measured both under flat-fading and selective-fading conditions. Measurement results in the latter case are usually called the signature.

5.2 *Bit-error-ratio (BER)*

See IEC 835-1-4.

The BER is measured as a function of receiver input level, i.e. as a function of flat-fading depth, in order to show that the error ratio stays below a specified upper limit in a specified input level range (see the test arrangement of figure 3). If a service channel is transmitted by frequency modulation of the carrier, then the service channel input of the transmitter should be loaded by a signal of specified level and frequency whilst the BER is measured.

Un exemple de caractéristique de taux d'erreur d'un ensemble émetteur-récepteur de signaux numériques est donné par la figure 4. On observe que le taux d'erreur se maintient pratiquement constant à une valeur résiduelle faible dans la partie supérieure du domaine des niveaux d'entrée du récepteur, mais augmente rapidement dans la partie inférieure, à cause du bruit de réception. Dans cette partie inférieure, il convient que la courbe théorique correspondant au type de modulation utilisée et donnant le taux d'erreur en fonction du rapport signal à bruit C/N, soit aussi indiquée, comme à la figure 4. Cette courbe théorique ne tient compte que de l'influence du bruit gaussien, et est donnée en fonction du rapport de l'énergie par bit à la densité spectrale de bruit. Ce rapport est calculé comme suit:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{PT_{\text{bit}}}{FkT_o} \quad (1)$$

où

E_b est l'énergie par bit;

N_o est la densité spectrale de bruit;

P est la puissance d'entrée du récepteur;

T_{bit} est la durée du bit;

F est le facteur de bruit du récepteur;

kT_o est la densité spectrale de bruit, 4×10^{-21} W/Hz.

Pour la courbe théorique ci-dessus, il y a lieu d'utiliser une seconde échelle horizontale en E_b/N_o calculée au moyen de l'équation (1).

L'écart en décibels, dans le sens horizontal et pour des taux d'erreur spécifiés, entre la courbe mesurée et la courbe théorique, est appelé «dégradation équivalente du rapport signal à bruit», et caractérise les sources de bruit additionnelles de l'ensemble émetteur-récepteur.

Deux valeurs du taux d'erreur présentent un intérêt particulier. La première est celle du taux d'erreur à court terme correspondant à la plus faible valeur de la gamme des niveaux d'entrée spécifiée, qui ne doit pas excéder 10^{-3} et au-dessus de laquelle on considère que la liaison est indisponible (voir les Recommandation 557 et Recommandation 594 du CCIR).

La seconde valeur est celle du taux d'erreur résiduel à long terme, qui correspond à la partie horizontale de la courbe. Une valeur à long terme du taux d'erreur est recommandée pour le circuit hypothétique de référence cité dans la Recommandation 556 du CCIR, mais il n'existe actuellement aucune règle de subdivision permettant de spécifier un bond unique.

NOTE - La plupart des récepteurs de signaux numériques possèdent, sous une forme ou une autre, un circuit de surveillance du taux d'erreur qui permet, pour un taux d'erreur donné, de déclencher une alarme et, pour les faisceaux hertziens à plusieurs canaux radioélectriques, d'initier le processus de commutation sur un canal de secours. Au cours de la mesure de la courbe de taux d'erreur, il convient de prendre note des niveaux d'entrée correspondant à la transition de l'état normal à l'état d'alarme, et vice-versa. De plus, il convient de noter également l'apparition du signal d'indication d'alarme (S.I.A.) issu du récepteur pendant l'alarme, s'il y a lieu.

An example of a BER characteristic of a digital transmit-receive section is shown in figure 4. It will be seen that the error ratio stays practically constant at a low residual value in the upper part of the receiver input level range, but a steep rise takes place in the lower region due to receiver noise. In this lower region, the theoretical dependence of the BER on the carrier-to-noise ratio (C/N ratio), corresponding to the applied modulation format, should also be plotted as shown in figure 4. This theoretical curve results from assuming Gaussian noise only, and it is given as a function of the bit-energy-to-noise-power density ratio. This ratio is calculated from the following equation:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{PT_{\text{bit}}}{FkT_o} \quad (1)$$

where

- E_b is the bit energy;
- N_o is the noise power density;
- P is the receiver input power;
- T_{bit} is the bit interval;
- F is the noise figure of the receiver;
- kT_o is the noise spectral power density, 4×10^{-21} W/Hz.

When plotting the above theoretical curve, a second horizontal scale in units of E_b/N_o should be employed using equation (1).

The horizontal shift, i.e. the difference in decibels between the measured and theoretical curves at specified BER values, is called the "equivalent carrier-to-noise degradation", and is characteristic of the additional noise sources in the transmit-receive section.

Two points concerning the measured BER are of special interest. One is the short-term error ratio at the lower limit of the specified receiver input level range, which should not exceed 10^{-3} , and above which the transmission path is considered to be unavailable; see CCIR Recommendations 557 and 594.

The other point is the residual long-term error ratio within the constant part of the curve. A long-term error ratio for a hypothetical reference digital path is recommended in CCIR Recommendation 556, but at present there is no subdivision rule which is applicable to a single hop.

NOTE - Most digital receivers have some kind of error ratio monitoring circuit for initiating an alarm at a given error ratio and, in multi r.f. channel systems, also for initiating switch-over to a standby channel. When measuring the error ratio curve, the input levels at which switch-over to the alarm state and switch-back to normal state takes place should also be noted. Further, the appearance of the alarm indicating signal (A.I.S.) from the receiver during the alarm state, should also be noted, if appropriate.

5.3 *Evanouissements sélectifs – signature (en préparation)*

5.4 *Gigue*

Voir la CEI 835-1-4.

Il convient de mesurer trois paramètres de la gigue, pour les conditions suivantes du niveau d'entrée:

- i) La gigue de sortie en l'absence de gigue à l'entrée se mesure en fonction du niveau d'entrée du récepteur et est présentée par une courbe similaire à celle du taux d'erreur pour un évanouissement apériodique. Des limites sont données à ce paramètre dans la Recommandation G.703 du CCITT pour un système de transmission numérique complet.
- ii) La caractéristique de transfert de la gigue se mesure au niveau d'entrée correspondant à un évanouissement moyen. D'habitude, les limites de ce paramètre sont données dans ces spécifications du matériel à l'essai.
- iii) La limite inférieure de la gigue maximale admissible à l'entrée se mesure à la limite inférieure du domaine des niveaux d'entrée du récepteur. Des limites sont aussi données à ce paramètre dans la Recommandation G.703 du CCITT pour un système de transmission numérique complet.

Ces mesures sont parfois réservées aux essais de type.

5.5 *Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence*

Voir la CEI 835-1-3.

On peut employer deux types de montage de mesure, selon le type de modulateur utilisé dans l'émetteur.

La figure 8a indique le montage de mesure pour les émetteurs modulés en r.f.

Dans ce cas, on effectue une mesure de r.f. à f.i. comme suit. On déconnecte le modulateur r.f. du filtre passe-bande de canal (ou d'un amplificateur de puissance éventuel), et on lui substitue la sortie r.f. balayée en fréquence de l'analyseur de faisceau hertzien.

La figure 8b indique le montage de mesure pour les émetteurs modulés en f.i.

La mesure se fait alors de f.i. à f.i. On déconnecte le modulateur f.i. du convertisseur d'émission et on lui substitue la sortie f.i. de l'analyseur de faisceau hertzien.

Dans les deux cas, l'entrée f.i. de l'analyseur de faisceau hertzien est attaquée par la sortie f.i. du récepteur.

Si le récepteur comprend un égaliseur auto-adaptatif, on doit mettre ce dernier hors service.

Les mesures sont effectuées pour les niveaux d'entrée du récepteur indiqués dans la spécification détaillée du matériel à l'essai.

NOTE - Dans les faisceaux hertziens numériques, la caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence a surtout de l'importance à la limite inférieure du domaine des niveaux d'entrée du récepteur.

5.3 *Selective fading signature (in preparation)*

5.4 *Timing jitter*

See IEC 835-1-4.

Three jitter parameters should be measured under the following receiver input level conditions:

- i) The output jitter in absence of input jitter is measured as a function of receiver input level and presented as a curve similar to the BER curve under flat-fading conditions. Limits for this parameter are given in CCITT Recommendation G.703 for a complete digital transmission system.
- ii) The jitter transfer function is measured at a receiver level corresponding to average fading. Limits for this parameter are usually given in the equipment specification.
- iii) The lower limit of the maximum tolerable input jitter is measured at the lower limit of the receiver input level range. Limits for this parameter are also given in CCITT Recommendation G.703 for a complete digital transmission system.

In some cases, these measurements are restricted to type tests only.

5.5 *Group-delay/frequency characteristic*

See IEC 835-1-3.

Two kinds of test arrangement may be used depending on the modulator type employed in the transmitter.

Figure 8a shows the test arrangement used in transmitters modulated at r.f.

In this case an r.f. to i.f. measurement is carried out as follows. The r.f. modulator is disconnected from the channel band pass filter (or from the power amplifier if used), and the r.f. sweep frequency output of the link analyser arrangement is connected to this point.

Figure 8b shows the test arrangement used for i.f. modulation transmitters.

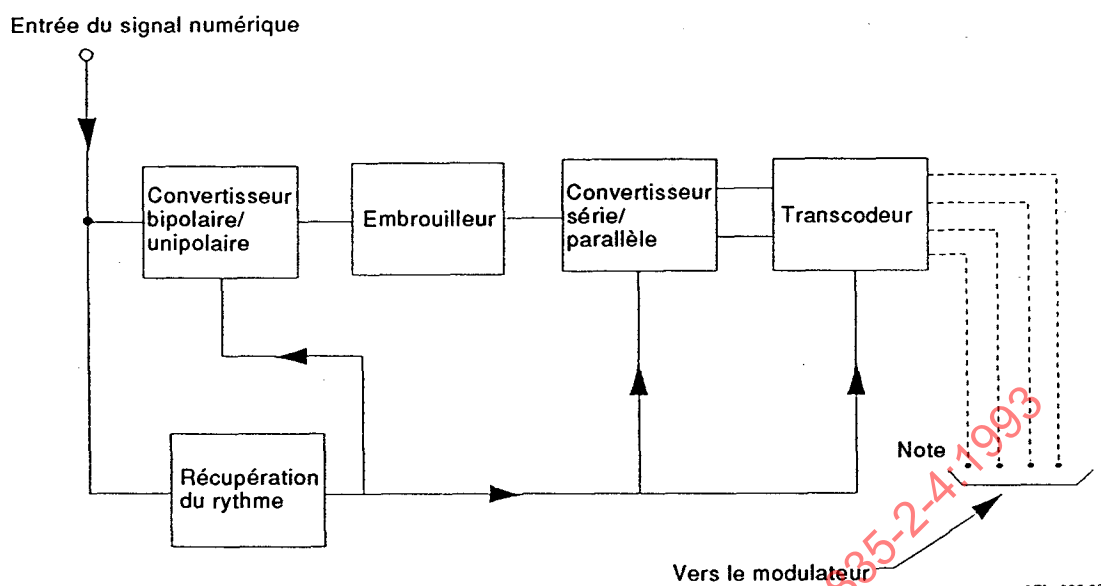
In this case an i.f. to i.f. measurement is used. The i.f. modulator is disconnected from the up-converter, and the i.f. output of the link analyser is connected to this point.

In both cases the i.f. input of the link analyser is fed by the receiver i.f. output signal.

If an adaptive equalizer is part of the receiver, it shall be switched off during the measurement.

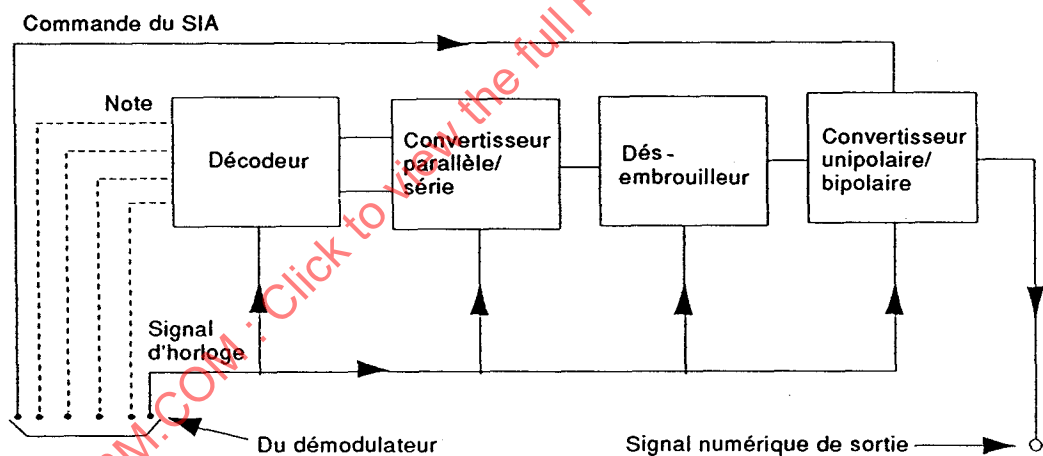
Measurements are carried out at the receiver input levels given in the detailed equipment specification.

NOTE - In digital radio-relay systems, the group-delay/frequency characteristic is particularly significant at the lower limit of the receiver input level range.



CEI 395/93

Figure 1a - Ensemble de traitement de signal d'émission



CEI 396/93

Figure 1b - Ensemble de traitement de signal de réception

NOTE - Ces connexions peuvent être multiples.

Figure 1 - Exemples d'ensembles de traitement du signal numérique dans les émetteurs et les récepteurs

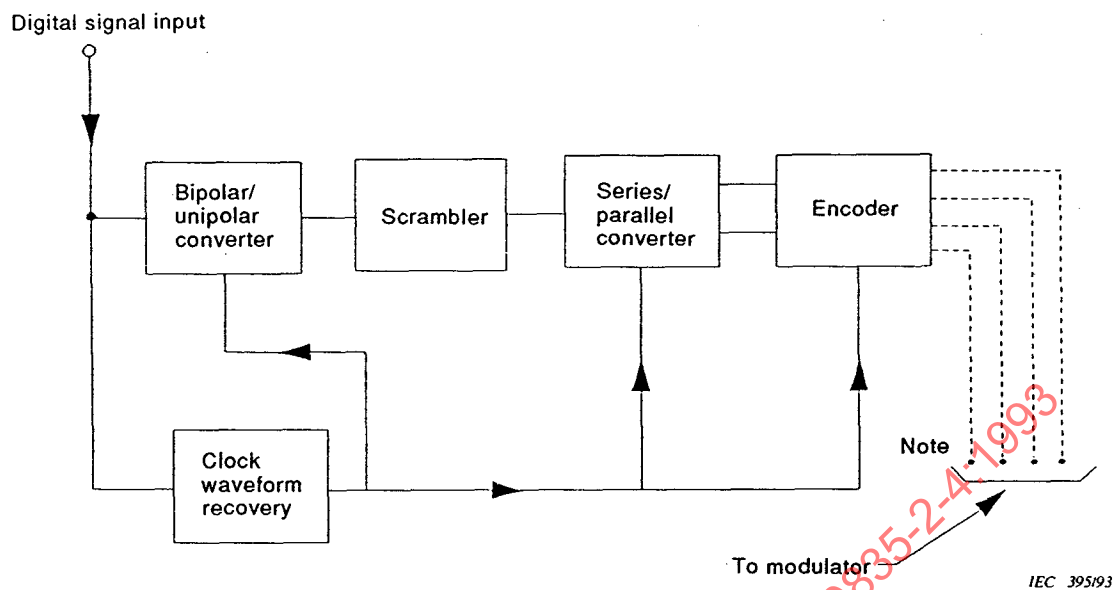


Figure 1a – Transmit processor

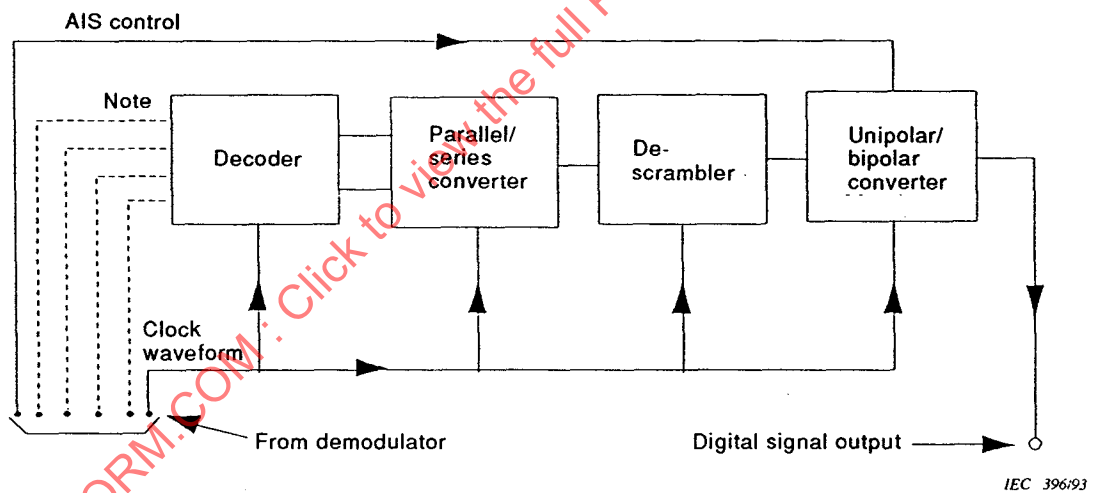
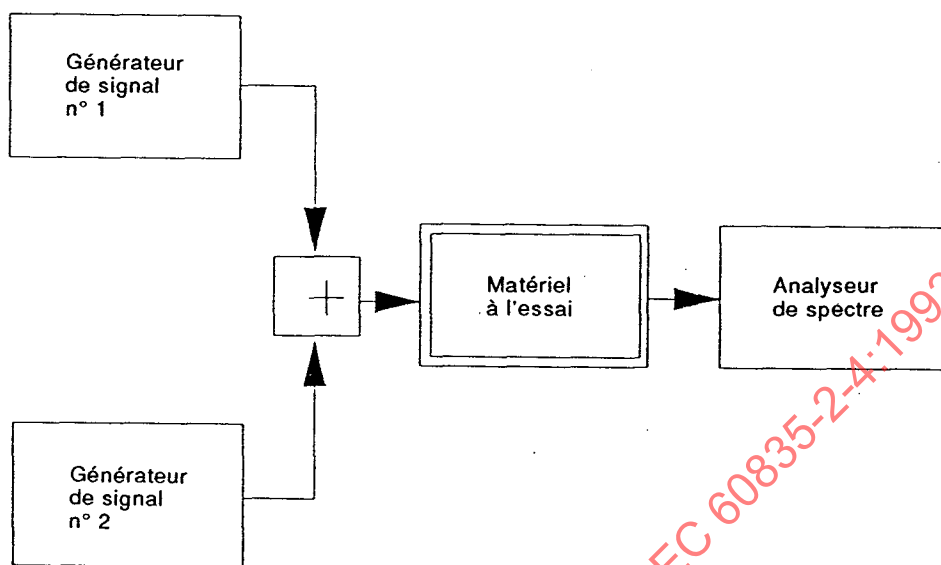


Figure 1b – Receive processor

NOTE - These connections may be multiple.

Figure 1 – Examples of signal processors used in digital transmitters and receivers



CEI 397/93

Figure 2 – Montage de mesure de la sélectivité des circuits en haute fréquence d'un récepteur de signaux numériques

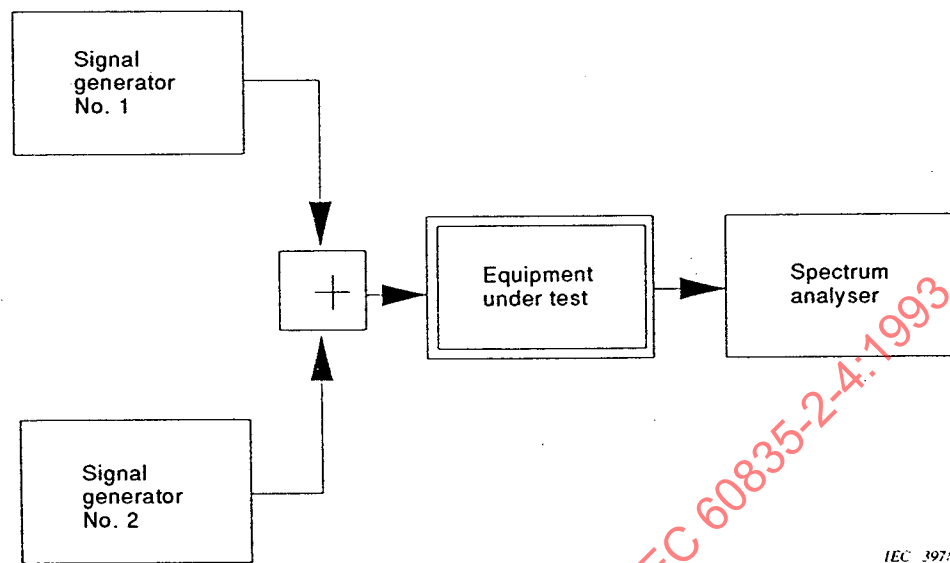
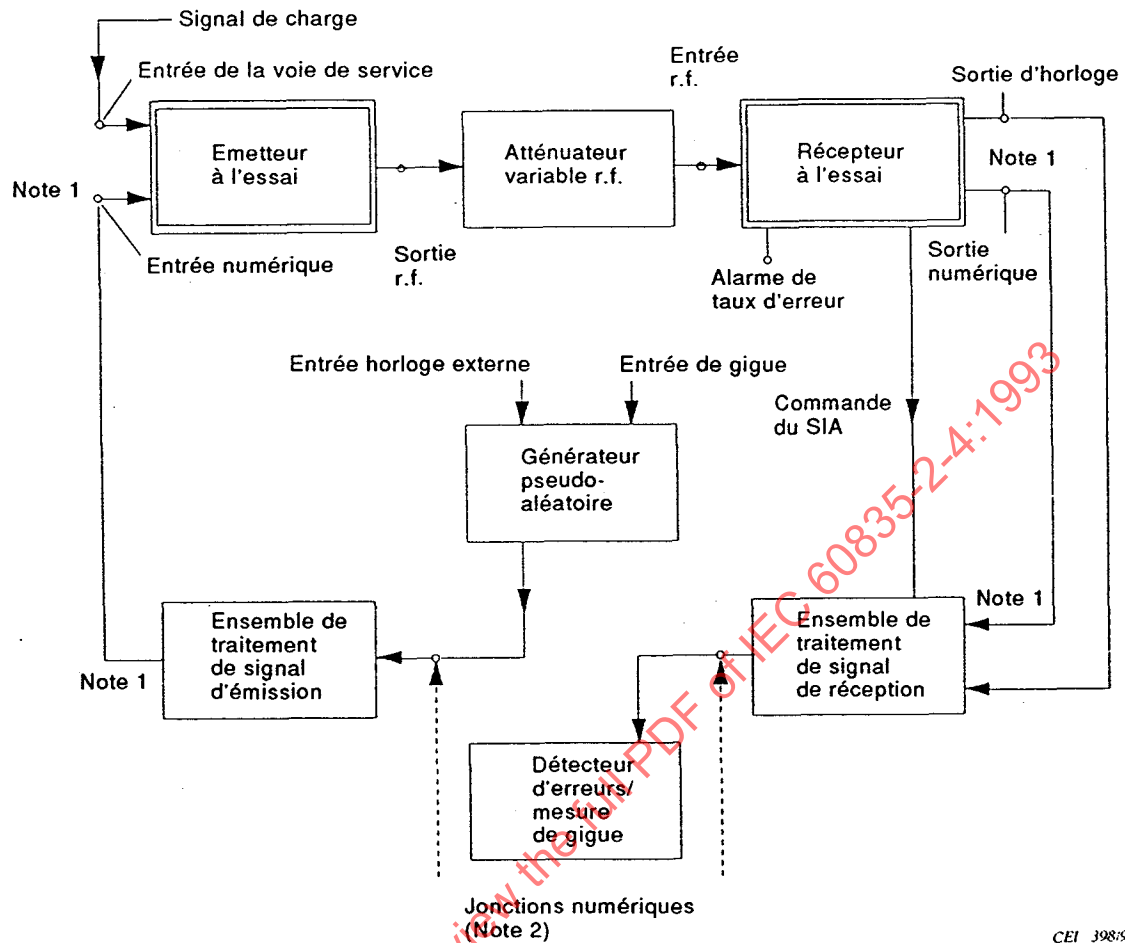


Figure 2 – Arrangement for measuring the selectivity of the carrier part of a digital receiver



NOTES

- 1 Ces connexions peuvent être multiples.
- 2 Voir la Recommandation G.703 du CCITT.
- 3 Au cas où les ensembles de traitement de signal d'émission et de réception ne font pas partie de l'ensemble émetteur-récepteur, il convient de se les procurer pour effectuer la mesure.

Figure 3 – Montage de mesure des caractéristiques de transmission d'un ensemble émetteur-récepteur, pour un évanouissement apériodique