

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-3-7

Première édition
First edition
1995-03

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

Partie 3:

Mesures applicables aux stations terriennes
de télécommunications par satellite

Section 7: Facteur de qualité du système
de réception

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

Part 3:

Measurements on satellite earth stations

Section 7: Figure-of-merit of receiving system



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60835-3-7: 1995

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**

60835-3-7

Première édition
First edition
1995-03

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

Partie 3:

Mesures applicables aux stations terriennes
de télécommunications par satellite
Section 7: Facteur de qualité du système
de réception

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

Part 3:

Measurements on satellite earth stations
Section 7: Figure-of-merit of receiving system

© IEC 1995 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 Définition et considérations générales	10
4 Méthode de mesure indirecte	12
5 Méthode de mesure directe à l'aide d'une radiosource stellaire	12
5.1 Considérations générales	12
5.2 Méthode de mesure	14
5.3 Facteurs de correction	16
5.3.1 Correction pour l'absorption atmosphérique (C_1)	16
5.3.2 Correction pour l'étendue angulaire de la radiosource stellaire (C_2)	16
5.3.3 Correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec le temps (C_3)	18
5.3.4 Correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec la fréquence (C_4)	18
5.3.5 Correction pour la polarisation du flux de la radiosource stellaire	18
5.4 Présentation des résultats	18
5.5 Détails à spécifier	18
5.6 Analyse des erreurs	20
6 Méthode de mesure directe à l'aide d'une source lointaine	20
6.1 Considérations générales	20
6.2 Méthode de mesure	20
6.2.1 Procédures de mesure	22
6.2.2 Calcul de G/T	24
6.3 Présentation des résultats	24
6.4 Détails à spécifier	24
 Figures	
1 Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un atténuateur variable de précision en f.i.	26
2 Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un atténuateur variable de précision en r.f.	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definition and general considerations	11
4 Indirect method of measurement	13
5 Direct method of measurement using a radio star	13
5.1 General considerations	13
5.2 Method of measurement	15
5.3 Correction factors	17
5.3.1 Correction for atmospheric attenuation (C_1)	17
5.3.2 Correction for the angular extension of the radio star (C_2)	17
5.3.3 Correction for the change of radio-star flux density with time (C_3)	19
5.3.4 Correction for frequency dependence of flux density of the radio star (C_4)	19
5.3.5 Correction for the polarization of radio-star flux	19
5.4 Presentation of results	19
5.5 Details to be specified	19
5.6 Error analysis	21
6 Direct method of measurement using a remote source	21
6.1 General considerations	21
6.2 Method of measurement	21
6.2.1 Measurement procedures	23
6.2.2 Calculation of G/T	25
6.3 Presentation of results	25
6.4 Details to be specified	25
Figures	
1 Typical G/T measurement arrangement using i.f. precision variable attenuator	27
2 Typical G/T measurement arrangement using r.f. precision variable attenuator	29

Figures	Pages
3 Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un convertisseur de réception d'essai	30
4 Montage simplifié pour la mesure directe du G/T	32
5 Linéarité et rapport entre les niveaux des signaux	34
A.1 Facteur de correction pour l'étendue angulaire des radiosources stellaires	38
Annexes	
A Radiosource stellaire et pertes atmosphériques	36
B Bibliographie	40

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-3-7:1995

Figures	Page
3 Typical G/T measurement arrangement using a test down-converter	31
4 Simplified arrangement for direct G/T measurement	33
5 Linearity and signal ratio	35
A.1 Correction factor for the angular extension of radio stars	39
Annexes	
A Radio star and atmospheric loss data	37
B Bibliography	41

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-3-7:1995

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 3: Mesures applicables aux stations terriennes de télécommunications par satellite - Section 7: Facteur de qualité du système de réception

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 835-3-7 a été établie par le sous-comité 12E: Systèmes de communications par faisceaux hertziens et satellites, 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)169	12E/253/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT
USED IN DIGITAL MICROWAVE RADIO
TRANSMISSION SYSTEMS -****Part 3: Measurements on satellite earth stations -
Section 7: Figure-of-merit of receiving system**

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 835-3-7 has been prepared by sub-committee 12E: Radio relay and satellite communication systems, of IEC technical committee 12: Radiocommunications.

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

DIS	Report on voting
12E(CO)169	12E/253/RVD

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

INTRODUCTION

La valeur G/T représente le facteur de qualité d'une station terrienne destinée aux télécommunications par satellite.

Pour mesurer le G/T d'une station terrienne, il est possible d'utiliser deux principes de mesure basés sur une méthode directe et une méthode indirecte.

La méthode directe mesure les caractéristiques combinées de l'antenne et du récepteur à l'aide d'une radiosource stellaire ou de tout autre émetteur lointain comme source appropriée de signaux.

Dans la méthode indirecte, le gain de l'antenne et la température équivalente de bruit du récepteur sont mesurés séparément et le G/T est calculé à partir de ces deux mesures.

Le choix entre la méthode indirecte dont la précision est faible, et la méthode directe dont la précision est plus élevée mais la mise en oeuvre plus complexe, dépend principalement du type de station terrienne de télécommunication par satellite à l'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 835-3-7:1995

INTRODUCTION

The quantity G/T represents the figure-of-merit of an earth station for satellite communication applications.

Two measurement principles may be used in the measurement of the G/T of an earth station, using both direct and indirect measurement methods.

The direct method measures the combined characteristics of the antenna and the receiver and can be carried out using a radio star or other remote transmitter as a suitable signal source.

In the indirect method, the antenna gain and receiver equivalent noise temperature are measured separately and the G/T is calculated from the two measurements.

The choice between the indirect method, which is of low accuracy, and of the higher accuracy, but more complex, direct method, mainly depends on the type of satellite earth station under test.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-3-7:1995

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

Partie 3: Mesures applicables aux stations terriennes de télécommunications par satellite – Section 7: Facteur de qualité du système de réception

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 835-3 décrit plusieurs méthodes de mesure du facteur de qualité (G/T) des systèmes de réception des stations terriennes.

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. 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 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 de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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 835-3-2: *Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé pour les systèmes de transmission numérique en hyperfréquence – Partie 3: Mesures applicables aux stations terriennes de télécommunications par satellite – Section 2: Antenne (à l'étude)*

UIT-R Recommandation 574-3: 1990, *Emploi du décibel et du néper dans les télécommunications*

3 Définition et considérations générales

Le facteur de qualité (G/T) d'une station terrienne de télécommunication par satellite est une valeur logarithmique liée au gain en puissance G de l'antenne, donné en décibels, et à la valeur de la température absolue T, donnée en kelvins, par la relation suivante:

$$G/T = G - 10 \log_{10} (T/1K) \text{ [dB/K]} \quad (1)$$

Cette définition est conforme à celle indiquée dans la recommandation UIT-R 574-3.

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

Part 3: Measurements on satellite earth stations – Section 7: Figure-of-merit of receiving system

1 Scope

This section of IEC 835-3 describes several methods of measuring the figure-of-merit (G/T) of the receiving systems of earth stations.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 835-3. 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 835-3 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 835-1-2: 1992, *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 2: Basic characteristics*

IEC 835-3-2, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 3: Measurements on satellite earth stations – Section 2: Antenna* (under consideration)

ITU-R Recommendation 574-3: 1990, *Use of the decibel and the neper in telecommunications*

3 Definition and general considerations

The figure-of-merit (G/T) of a satellite earth station is a logarithmic quantity which is related to the antenna power gain G, given in decibels, and the absolute temperature T, given in kelvins, by the following expression:

$$G/T = G - 10 \log_{10} (T/1K) \text{ [dB/K]} \quad (1)$$

This definition is in accordance with that given in Recommendation ITU-R 574-3.

La méthode indirecte (voir article 4) peut, en général, être utilisée avec tous les systèmes de réception tout en tenant compte de la moins bonne précision de mesure de la méthode. C'est la méthode la plus facile à mettre en oeuvre pour les systèmes de réception dotés de petites ou moyennes antennes. En effet, pour ces antennes, le G/T des systèmes de réception ne donne pas un facteur Y suffisamment important pour permettre l'utilisation de la méthode directe. La méthode indirecte peut également constituer la méthode la plus facile à mettre en oeuvre pour des stations terriennes dotées de grandes antennes, soit lorsque la capacité de poursuite de l'antenne est limitée soit en l'absence d'une source lointaine adéquate.

La méthode directe utilisant une radiosource stellaire (voir article 5) constitue la méthode préférentielle, qui garantit une précision maximale pour les systèmes à grande antenne.

NOTE – Si l'on préfère la méthode directe, plus complexe mais dont la précision est plus élevée, il est nécessaire de disposer d'une expérience et d'une connaissance spécialisée dans ce domaine pour effectuer la mesure.

La méthode directe faisant appel à une source lointaine et à une antenne de référence peut également être utilisée pour des antennes relativement petites (voir article 6).

Il y a lieu de toujours effectuer la mesure par temps clair afin d'éliminer les effets de la pluie, de la neige, des nuages, du brouillard, etc.

4 Méthode de mesure indirecte

La méthode de mesure indirecte fait appel à des mesures séparées du gain de l'antenne G et de la température de bruit du système T pour calculer le rapport G/T.

Pour la mesure de G, voir la CEI 835-3-2.

Pour la mesure de T, voir la CEI 835-1-2 (futur amendement 1).

5 Méthode de mesure directe à l'aide d'une radiosource stellaire

5.1 Considérations générales

Après avoir effectué la mesure directe à l'aide d'une radiosource stellaire, la détermination du facteur de qualité est basée sur la mesure du facteur Y, en utilisant la relation suivante:

$$G/T = 10 \log_{10} (8 \pi k / \lambda^2 S) (Y - 1) \text{ [dB/K]} \quad (2)$$

où

k est la constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23}$ [Ws/K];

λ est la longueur d'onde;

S est la puissance surfacique spectrale du rayonnement de la radiosource stellaire à la fréquence au moment de la mesure ($\text{W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$);

Y est le facteur Y mesuré.

Le facteur Y est défini comme le rapport entre la puissance de bruit mesuré lorsque l'antenne est pointée vers la radiosource stellaire et celle mesurée lorsque l'antenne est pointée vers le fond du ciel pour un même angle de site.

The indirect method (see clause 4) is generally usable with all receiving systems, taking into account the lower measurement accuracy of the method, and is the most feasible method for receiving systems with small and medium-size antennas. In these cases, the expected G/T of the receiving systems does not result in a sufficiently large Y-factor to enable the direct method to be used. The indirect method may also be used for earth stations with large antenna systems, either when the tracking capability of the antenna is limited or a suitable remote source does not exist.

The direct method using a radio star (see clause 5) is the preferred method, with maximum accuracy for large antenna systems.

NOTE – If the higher accuracy, more complex, direct method is preferred, specialized knowledge and experience is necessary to carry out the measurement.

The direct method using a remote source and reference antenna is also possible for relatively small antennas (see clause 6).

The measurement should always be carried out with clear sky conditions so as to eliminate the effects of rain, snow, cloud, fog, etc.

4 Indirect method of measurement

The indirect measurement uses separate measurements of antenna gain G and system noise temperature T to calculate G/T.

For measurement of G, refer to IEC 835-3-2.

For measurement of T, refer to IEC 835-1-2 (future amendment 1).

5 Direct method of measurement using a radio star

5.1 General considerations

When the direct method of measurement using a radio star is carried out, the determination of the figure-of-merit is based on the measurement of the Y-factor, using the following calculation:

$$G/T = 10 \log_{10} (8 \pi k / \lambda^2 S) (Y - 1) \text{ [dB/K]} \quad (2)$$

where

k is the Boltzmann constant, $1,38 \times 10^{-23}$ [Ws/K];

λ is the wavelength;

S is the spectral power flux density of the radiation from the radio star at the frequency at the time of the measurement ($\text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$);

Y is the measured Y-factor.

The Y-factor is defined as the ratio of the measured noise power when the antenna is pointed towards the radio star to that measured when the antenna is pointed towards the background sky at the same elevation angle.

5.2 Méthode de mesure

Il est possible d'utiliser trois différents montages d'essai selon les contributions au facteur de qualité que l'on veut déterminer sur les équipements, comme l'indique le tableau suivant:

Montage d'essai	Equipement
Figure 1, atténuateur à f.i.	Ligne d'alimentation d'antenne, convertisseur de réception, amplificateur faible bruit
Figure 2, atténuateur en r.f.	Ligne d'alimentation d'antenne, amplificateur faible bruit
Figure 3, convertisseur de réception d'essai	Ligne d'alimentation d'antenne, amplificateur faible bruit

Selon les montages d'essai des figures 1 et 2, la mesure s'effectue en pointant d'abord l'antenne vers le fond du ciel avec un angle de site correspondant à celui de la radio-source stellaire choisie et en notant la valeur indiquée sur le wattmètre relié à la sortie f.i. L'antenne est ensuite pointée, vers la radiosource stellaire, de même angle de site, ce qui entraîne une augmentation de la puissance de bruit. La puissance de bruit à la sortie est réduite à sa valeur originale en ajustant l'atténuateur r.f. ou f.i. Le facteur Y est alors donné par la différence en décibels entre les deux réglages de l'atténuateur. La mesure peut également être effectuée à l'aide d'une technique de scrutation, qui permet d'obtenir la puissance de bruit maximale en balayant le pointage de l'antenne au voisinage de la position de la radiosource stellaire. Si l'on utilise cette technique de scrutation, le facteur Y est normalement mesuré par la lecture des deux niveaux de puissance avec le même réglage de l'atténuateur.

Selon le montage d'essai de la figure 3, le convertisseur de réception normalement utilisé dans la station terrienne, c'est-à-dire le convertisseur de réception en service, peut être remplacé par un convertisseur de réception d'essai doté d'une bien meilleure stabilité de gain. Les effets de variation de gain seront ainsi rendus négligeables lors de la procédure de pointage ou de balayage de l'antenne. Les deux puissances de bruit sont relevées au moyen du wattmètre relié à la sortie f.i. du convertisseur de réception d'essai.

Il y a lieu de fixer une limite aux angles de site minimaux lors de la mesure du G/T en raison de l'effet de la réfraction et de l'absorption atmosphérique pour de faibles élévations d'angles.

Si l'on utilise la procédure de mesure ci-dessus, le G/T est calculé par l'application dans la relation (2) de la valeur mesurée de Y, de la longueur d'onde correspondant à la fréquence de réception et de la puissance surfacique de la radiosource stellaire telle qu'indiquée au tableau A.1.

La valeur G/T calculée doit être corrigée par les facteurs de correction appropriés indiqués au paragraphe suivant.

5.2 Method of measurement

Three different test arrangements can be used depending on which equipment contributions to the figure-of-merit have to be determined, as detailed in the following table:

Test arrangement	Contributions
Figure 1, using i.f. attenuator	Antenna feed, LNA, down-converter, i.f. amplifier
Figure 2, using r.f. attenuator	Antenna feed, LNA
Figure 3, using test down-converter	Antenna feed, LNA

According to the test arrangements of figures 1 and 2, the measurement is carried out by pointing the antenna first to the background sky at an elevation angle corresponding to that of the chosen radio star and noting the reading of the power meter connected to the i.f. output. The antenna is then pointed, at the same elevation angle, to the chosen radio star, thereby causing the noise power to increase. The output noise power is reduced to its original value by adjusting the r.f. or i.f. attenuator. The Y-factor is then given by the difference in decibels between the two attenuator settings. The measurement can also be accomplished using a scanning technique, which is capable of indicating the maximum noise power by sweeping the antenna over the position of the radio star. When using the scanning technique, the Y-factor is normally measured by reading two power levels with the same attenuator setting.

According to the test arrangement of figure 3, the down-converter normally used in the earth station, i.e. the operational down-converter, may be replaced by a test down-converter which has a much improved gain stability. This will eliminate the effects of gain variations during the antenna pointing or scanning procedure. The two noise powers are read from the power meter connected to the i.f. output of the test down-converter.

The minimum elevation angles for the G/T measurement should be limited because of the effect of refraction and atmospheric absorption at low elevation angles.

Following the above measurement, the G/T is calculated by substituting into equation (2) the measured Y-factor, the wavelength corresponding to the receiving frequency and the flux density of the chosen radio star as given in table A.1.

The calculated G/T value has to be corrected by applying the appropriate correction factors as given in the following subclause.

5.3 Facteurs de correction

Il faut tenir compte des facteurs de correction ci-après en complétant la relation (2) comme suit:

$$G/T = 10 \log_{10} [(8 \pi k / \lambda^2 S) (Y - 1) C_1 C_2 C_3 C_4] \text{ [dB/K]} \quad (3)$$

où

- C_1 est la correction pour l'absorption atmosphérique;
- C_2 est la correction pour l'étendue angulaire de la radiosource stellaire;
- C_3 est la correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec le temps;
- C_4 est la correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec la fréquence.

5.3.1 Correction pour l'absorption atmosphérique (C_1)

Il faut tenir compte des facteurs suivants en cas de correction pour l'affaiblissement due à l'absorption atmosphérique:

- angle de site (ϕ)
(La longueur de trajet pour une onde propagée dans l'atmosphère dépend de l'angle de site.);
- fréquence de réception
(L'affaiblissement par absorption atmosphérique dépend de la fréquence utilisée.);
- humidité relative et température
(L'affaiblissement par absorption atmosphérique dépend de l'humidité relative et de la température de l'atmosphère.).

Les paramètres mentionnés ci-dessus sont inclus dans la perte zénithale, L_{90} .

La perte due à l'absorption atmosphérique, c'est-à-dire le facteur de correction C_1 , peut être exprimée, pour des angles de site supérieurs à 30° , par la relation suivante:

$$C_1 = L_{90} / \sin(\phi) \text{ [dB]} \quad (4)$$

où

- L_{90} est l'absorption pour un trajet simple vertical, en décibels, indiquée à l'annexe A, tableau A.2;
- ϕ est l'angle de site.

Pour des angles de site inférieurs à 30° , il faut également tenir compte de l'épaisseur, de la densité et de l'indice de réfraction de l'atmosphère. L'affaiblissement par la diffusion augmente aussi avec la diminution de l'angle de site.

5.3.2 Correction pour l'étendue angulaire de la radiosource stellaire (C_2)

Le facteur de correction C_2 dépend de la largeur de bande de l'antenne et de la radiosource stellaire. La figure A.1 de l'annexe A donne le coefficient C_2 en fonction de l'ouverture angulaire à demi-puissance de l'antenne pour trois radiosources stellaires.

5.3 Correction factors

The following correction factors have to be taken into account by extending equation (2) as follows:

$$G/T = 10 \log_{10} [(8 \pi k / \lambda^2 S) (Y - 1) C_1 C_2 C_3 C_4] \text{ [dB/K]} \quad (3)$$

where

- C_1 is the correction for atmospheric attenuation;
- C_2 is the correction for the angular extension of the radio star;
- C_3 is the correction for the change of flux density of the radio star with time;
- C_4 is the correction for the frequency dependence of the flux density of the radio star.

5.3.1 Correction for atmospheric attenuation (C_1)

The following factors shall be considered when a correction has to be made for the attenuation due to atmospheric absorption:

- elevation angle (ϕ)

(The path length for a wave propagated through the atmosphere depends on the elevation angle.);

- receiving frequency

(Atmospheric absorption attenuation depends on the actual frequency.);

- relative humidity and temperature

(Atmospheric absorption attenuation depends on the relative humidity and the temperature of the atmosphere.).

The above-mentioned parameters are included in the zenithal loss L_{90} .

The loss due to atmospheric absorption, i.e. the correction factor C_1 , can be expressed as follows for elevation angles greater than 30° :

$$C_1 = L_{90} / \sin(\phi) \text{ (dB)} \quad (4)$$

where

L_{90} is the zenithal loss, in decibels, given in annex A, table A.2;

ϕ is the elevation angle.

For elevation angles smaller than 30° , the thickness, density and refractive index of the atmosphere also have to be taken into account. Also the effect of diffusive attenuation increases with decreasing elevation angle.

5.3.2 Correction for the angular extension of the radio star (C_2)

The correction factor C_2 depends upon the beamwidth of the antenna and upon the radio star. Figure A.1 in annex A shows C_2 as a function of the half-power beamwidth of the antenna for three radio stars.

5.3.3 Correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec le temps (C_3)

La variation du flux de la radiosource stellaire avec le temps est exprimée comme une variation annuelle à partir du flux qui a été déterminé à une époque de référence et à une fréquence de référence. Le facteur de correction C_3 dépend de la fréquence et du nombre d'années écoulées depuis l'époque de référence. Les données disponibles relatives à des radiosources stellaires bien connues sont indiquées à l'annexe A, tableau A.1.

5.3.4 Correction pour la variation du flux de la radiosource stellaire avec la fréquence (C_4)

Le facteur de correction C_4 pour la variation du flux avec la fréquence peut être déterminé en utilisant l'indice spectral donné dans l'annexe A, tableau A.1 et en appliquant la relation suivante:

$$C_4 = 10 \log_{10} (f/f_r)^n \text{ (dB)} \quad (5)$$

où

f est la fréquence de réception, en GHz;

f_r est la fréquence de référence, en GHz, par exemple 4 GHz;

n est l'indice spectral.

5.3.5 Correction pour la polarisation du flux de la radiosource stellaire

Le flux radioélectrique provenant de Taureau A est polarisé elliptiquement et il est nécessaire d'utiliser la moyenne des deux valeurs de flux relevées pour deux polarisations orthogonales. Ces précautions ne sont pas nécessaires pour des mesures utilisant Cassiopée A ou Cygne A.

5.4 Présentation des résultats

Le résultat de la mesure doit être présenté en énonçant la valeur calculée du facteur de qualité (G/T) et la précision estimée de mesure, par exemple:

$$G/T = \text{_____ (dB/K)} \pm \text{_____}$$

5.5 Détails à spécifier

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

- a) G/T minimum exigé;
- b) fréquence ou fréquences de réception;
- c) polarisation d'antenne;
- d) ouverture angulaire d'antenne à demi-puissance;
- e) angle de site de l'antenne;
- f) localisation de la station terrienne;
- g) la radiosource stellaire utilisée pour la mesure, y compris les données principales de l'étoile;
- h) termes de correction à appliquer.

5.3.3 Correction for the change of radio-star flux density with time (C_3)

The change of radio-star flux density with time is expressed as an annual variation related to a normalized flux density at a standard epoch and standard frequency. The correction factor C_3 depends upon the number of years elapsed since the standard epoch and upon the frequency. Data available for some well-known radio stars are given in annex A, table A.1.

5.3.4 Correction for frequency dependence of flux density of the radio star (C_4)

The correction factor C_4 for the change of flux density with frequency can be expressed using the spectral index given in annex A, table A.1, as follows:

$$C_4 = 10 \log_{10} (f/f_r)^n \text{ (dB)} \quad (5)$$

where

- f is the receiving frequency, in GHz;
- f_r is the reference frequency, in GHz, for example 4 GHz;
- n is the spectral index.

5.3.5 Correction for the polarization of radio-star flux

The radio flux from Taurus A is elliptically polarized, and it is necessary to use the mean of two flux density readings taken using two orthogonal polarizations. These precautions are not necessary for measurements using Cassiopeia A or Cygnus A.

5.4 Presentation of results

The result of the measurement shall be presented by stating the calculated value of the figure-of-merit (G/T) together with the estimated accuracy of measurement, for example:

$$G/T = \text{___ (dB/K)} \pm \text{___}$$

5.5 Details to be specified

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

- a) required minimum G/T;
- b) receiving frequency or frequencies;
- c) antenna polarization;
- d) antenna half-power beamwidth;
- e) antenna elevation angle;
- f) location of earth station;
- g) the radio star used for measurement, including main data of the star;
- h) correction factors to be applied.

5.6 Analyse des erreurs

La contribution des divers paramètres à l'erreur relative totale peut être calculée, pour le pire cas, à partir de l'expression suivante:

$$\Delta(G/T)/(G/T) = \Delta S/S + \Delta Y/Y \times Y/(Y - 1)$$

L'erreur relative qui résulte de la mesure du rapport de puissance Y est particulièrement important lorsque le flux est faible par rapport au bruit de système. La précision de la mesure sera considérablement réduite si Y est inférieur à 1,6 (2 dB) ce qui est le cas pour les valeurs suivantes de G/T :

36 dB/K pour Cassiopée A

37 dB/K pour Taureau A

39 dB/K pour Cygne A.

Par exemple, si une valeur de Y égale à 2,5 (4 dB) est mesurée, la précision de mesure sur Y devrait être de $\pm 0,01$ (0,05 dB) pour que l'erreur ne dépasse pas 0,02 (environ 0,1 dB).

La contribution d'erreur due au flux est d'environ 0,02. Il existe une incertitude supplémentaire de $\pm 0,01$ dans les corrections appliquées.

6 Méthode de mesure directe à l'aide d'une source lointaine

6.1 Considérations générales

En général, il n'est guère approprié d'utiliser la méthode de mesure directe du G/T à l'aide d'une radiosource stellaire, ou la méthode indirecte avec des mesures séparées d'antenne, de gain et de température de bruit de la tête de réception, pour des équipements récepteurs de stations terriennes de télécommunication par satellite dotées de petites antennes.

La méthode de mesure directe suivante est applicable à un tel équipement de réception relativement simple et petit.

6.2 Méthode de mesure

La figure 4 montre un montage simplifié pour la mesure directe du G/T utilisant une source lointaine. Les différences relatives entre les niveaux de signal reçu et les niveaux de bruit sont mesurées à la sortie f.i. du récepteur à l'essai et à celle d'un récepteur de référence répondant à des conditions spécifiées.

La valeur du G/T est alors obtenue à partir d'un calcul utilisant les valeurs mesurées des niveaux du signal reçu et du bruit.

Il faut prendre soin de réduire les erreurs dues à une possible non-linéarité des récepteurs.

5.6 Error analysis

The contributions of the various parameters to the worst-case total relative error can be calculated from the following expression:

$$\Delta(G/T)/(G/T) = \Delta S/S + \Delta Y/Y \times Y/(Y - 1)$$

The relative error which results from the measurement of the power ratio Y is particularly marked when the flux density is small in relation to the system noise. The measurement accuracy will be reduced considerably when Y is less than 1,6 (2 dB). This will occur at the following values of G/T :

36 dB/K for Cassiopeia A

37 dB/K for Taurus A

39 dB/K for Cygnus A

For example, if a value of Y of 2,5 (4 dB) is measured, the accuracy of the measurement should be $\pm 0,01$ (0,05 dB) to have the error term not exceeding 0,02 (approximately 0,1 dB).

The error contribution due to the flux density is approximately 0,02. There is an additional uncertainty of $\pm 0,01$ in the corrections applied.

6 Direct method of measurement using a remote source

6.1 General considerations

In general, it may not be appropriate to use the direct method of measuring G/T using a radio star, or the indirect method with separate measurements of antenna and receiver front-end gain and noise temperature, for small diameter antenna satellite earth station receiving equipment.

The following direct method of measurement is applicable to such relatively small and simple receiving equipment.

6.2 Method of measurement

A simplified arrangement for the direct measurement of G/T using a remote source is shown in figure 4. Relative differences between received signal and noise levels are measured at the i.f. output of both the receiver under test and a reference receiver under several specified conditions.

The value of G/T is then obtained from a calculation using the measured values of received signal and noise levels.

Care must be taken to reduce errors due to the possible non-linearity of the receivers.

6.2.1 Procédures de mesure

6.2.1.1 Mesure de la différence de puissance surfacique

La différence entre la puissance surfacique atteignant la surface projetée de l'antenne de référence et celle atteignant la surface projetée de l'antenne à l'essai doit être obtenue comme suit:

- 1) mesure du niveau de sortie f.i. du récepteur de référence, en décibels, lorsque l'antenne de référence est dans la position de mesure adéquate (P_r),
- 2) mesure du niveau de sortie f.i. comme ci-dessus mais pour plusieurs positions de l'antenne de référence au voisinage de l'antenne à l'essai, et calcul de la valeur moyenne (P_a),
- 3) calculer la différence D comme suit:

$$D = P_r - P_a$$
- 4) replacer l'antenne de référence dans sa position première.

6.2.1.2 Mesure du rapport entre les niveaux des signaux reçus

Les niveaux des signaux aux sorties f.i. du récepteur à l'essai (P') et du récepteur de référence (P_s') doivent être mesurés lorsque l'antenne à l'essai et l'antenne de référence sont dirigées vers l'antenne d'émission d'essai et en réglant pas à pas le niveau de sortie de l'émetteur d'essai.

Les résultats sont ensuite enregistrés sous forme de graphique afin de montrer, pour chaque niveau de sortie spécifié de l'émetteur d'essai, la relation entre l'indication relative du mesureur de niveau pour le récepteur de référence et pour le récepteur à l'essai, alternativement, en utilisant les atténuateurs de précision (T et R) comme indiqué à la figure 5.

La correction pour la non-linéarité du récepteur et pour le bruit du récepteur doit se faire en traçant sur les courbes mesurées (P' et P_s') des droites parallèles (P et P_s) dont la pente est estimée à partir de la lecture de l'atténuateur de précision (T) de l'émetteur, comme indiqué à la figure 5.

La différence de niveau entre les signaux, $\Delta R = 10 \log_{10} (P_s'/P')$, en décibels, est alors obtenue comme la différence de lecture entre les niveaux de ces deux signaux dans la région linéaire ou corrigée, comme indiqué à la figure 5.

6.2.1.3 Mesure des rapports entre les niveaux de bruit

Les niveaux de bruit doivent être mesurés par la procédure suivante, à des fréquences spécifiées, afin d'obtenir, entre les niveaux de bruit, les deux rapports N_e/N et N_o/N .

- 1) Orienter le site de l'antenne à l'essai sur l'angle de site spécifié ou au zénith. Mesurer le niveau de bruit à la sortie du récepteur à l'essai (N), et l'enregistrer en tant que niveau de référence.

NOTE – Il convient que la direction de l'antenne à l'essai soit réglée afin que l'on ne reçoive aucun signal. Il est possible d'utiliser un analyseur de spectre afin de s'en assurer. Il peut être utile, si cela est possible, de décaler la fréquence de mesure pour éviter les interférences.

- 2) Mesurer le niveau de bruit à la sortie du récepteur de référence, la source de bruit de référence étant connectée et active (N_e). Calculer le rapport entre les niveaux de bruit (E) en utilisant la relation:

$$E = 10 \log_{10} (N_e/N) \text{ (dB)} \quad (6)$$

6.2.1 Measurement procedures

6.2.1.1 Measurement of power flux density difference

The difference between the power flux densities reaching the cross-section of the reference antenna and the cross-section of the antenna under test shall be obtained as follows:

- 1) measure the i.f. output level of the reference receiver in decibels with the reference antenna in the convenient measuring position (P_r),
- 2) measure the i.f. output as above but with the reference antenna at several positions in the vicinity of the antenna under test, and calculate average value (P_a),
- 3) calculate the difference D as follows:

$$D = P_r - P_a$$
- 4) replace the reference antenna into its original position.

6.2.1.2 Measurement of received signal ratio

The signal levels at the i.f. outputs of the receiver under test (P) and the reference receiver (P_s) shall be measured when the antenna under test and reference antenna are directed towards the test transmitting antenna by adjusting the test transmitter output level step by step.

The results are then plotted to show, for each specified output level of the test transmitter, the relationship between the relative indication of the level meter for the reference receiver and the receiver under test alternately, using the precision attenuators (T and R) as shown in figure 5.

Correction for the receiver non-linearity and of the receiver noise shall be made by covering measured curves (P and P_s) to linear lines predicted by the reading of the precision attenuator (T) at the transmitter (P and P_s), as shown in figure 5.

The signal level difference, $\Delta R = 10 \log (P_s/P)$, in decibels, is then obtained as a difference between these two signal levels, within a linear or well-corrected region, also shown in figure 5.

6.2.1.3 Measurement of noise ratios

The noise levels shall be measured at specified frequencies by the following procedure to obtain a pair of noise ratios N_e/N and N_o/N .

- 1) Set the elevation of the antenna under test to the specified elevation angle or to the zenith. Measure the output noise level of the receiver under test (N), recording it as a reference level.

NOTE – The direction of the antenna under test should be adjusted so that no signal is being received. A spectrum analyser can be used to ensure this. It may be effective to shift the measuring frequency to avoid interference, if it is possible.

- 2) Measure the output noise level of the reference receiver with the standard noise source connected and switched on (N_e). Calculate the noise ratio (E) using:

$$E = 10 \log_{10} (N_e/N) \text{ (dB)} \quad (6)$$

- 3) Mesurer le niveau de bruit à la sortie du récepteur de référence, la source du bruit de référence étant connectée mais hors service (N_o). Calculer le rapport entre les niveaux de bruit (F) en utilisant la relation:

$$F = 10 \log_{10} (N_o/N) \text{ (dB)} \quad (7)$$

6.2.2 Calcul de G/T

Les valeurs G/T sont calculées à partir de la relation suivante:

$$G/T = G_s - E_n - D + \Delta R + 10 \log_{10} (10^{E/10} - 10^{F/10}) - 10 \log_{10} T_o \text{ [dB/K]} \quad (8)$$

où

G_s est le gain de l'antenne de référence, pour la polarisation appropriée, en décibels;

E_n est le rapport de bruit supplémentaire de la source de bruit de référence, en décibels;

T_o est la température ambiante, en kelvins.

NOTE – Toutes les autres valeurs sont exprimées en décibels.

6.3 Présentation des résultats

Les résultats de la mesure doivent être présentés en énonçant les valeurs de calcul du G/T.

6.4 Détails à spécifier

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

- a) G/T minimum exigé;
- b) fréquence ou fréquences de réception;
- c) polarisation d'antenne;
- d) angle de site de l'antenne à l'essai pour la mesure de bruit;
- e) gain de l'antenne de référence;
- f) rapport de bruit supplémentaire de la source de bruit de référence;
- g) distance entre l'antenne d'émission et l'antenne à l'essai.

- 3) Measure the output noise level of the reference receiver with the standard noise source connected and switched off (N_o). Calculate the noise ratio (F) using:

$$F = 10 \log_{10} (N_o/N) \text{ (dB)} \quad (7)$$

6.2.2 Calculation of G/T

G/T values are calculated by the following equation:

$$G/T = G_s - E_n - D + \Delta R + 10 \log_{10} (10^{E/10} - 10^{F/10}) - 10 \log_{10} T_o \text{ [dB/K]} \quad (8)$$

where

G_s is the gain of the reference antenna, using the appropriate polarization, in decibels;

E_n is the excess noise ratio of the standard noise source, in decibels;

T_o is the ambient temperature, in kelvins.

NOTE – All other values are expressed in decibels.

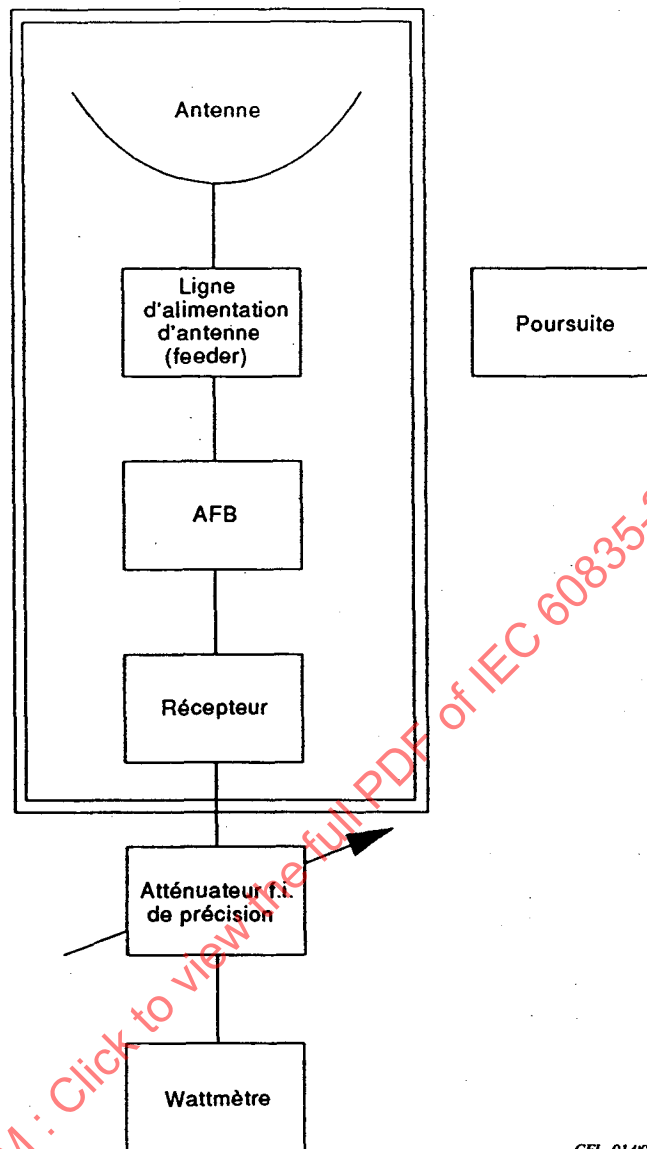
6.3 Presentation of results

The results of the measurement shall be presented by stating the calculated values of the G/T.

6.4 Details to be specified

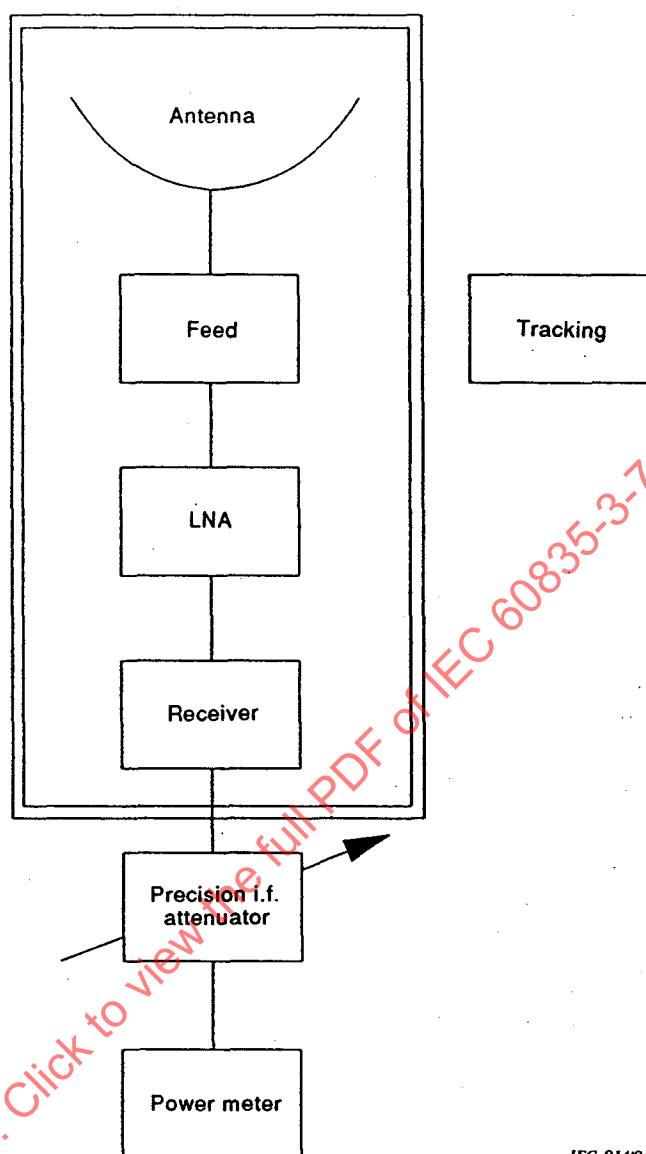
The following items should be included, as required, in the detailed equipment specification:

- a) required minimum G/T;
- b) receiving frequency or frequencies;
- c) antenna polarization;
- d) elevation angle of the antenna under test for the noise measurement;
- e) gain of the reference antenna;
- f) excess noise ratio of the standard noise source;
- g) distance between the transmitting antenna and the antenna under test.



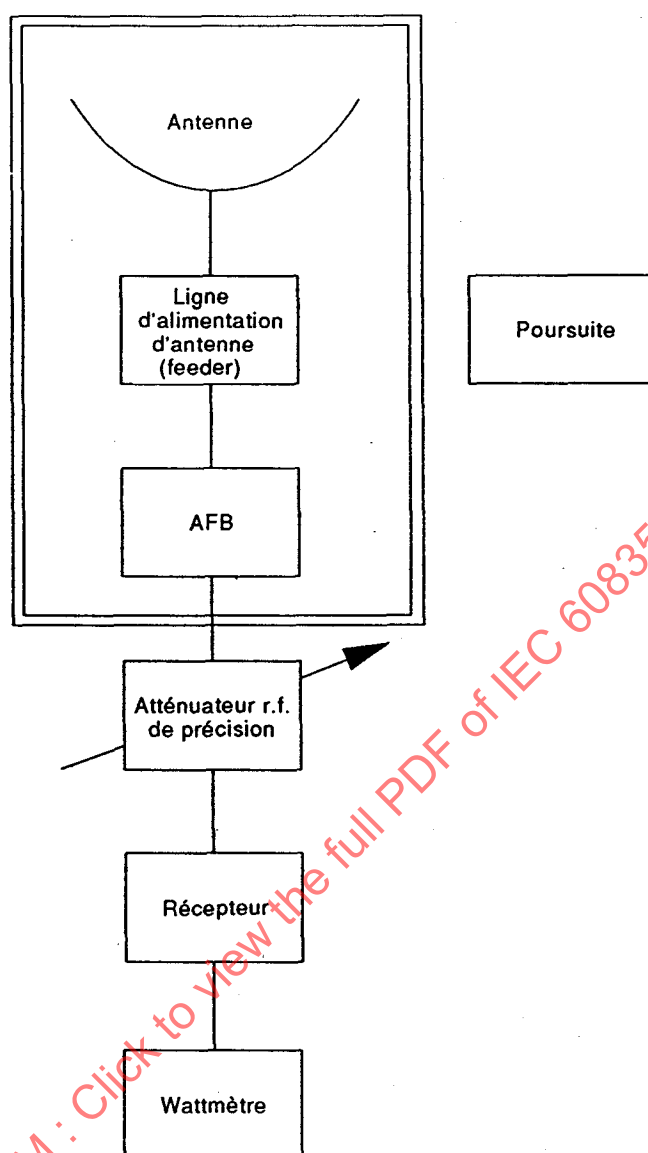
CEI 91494

Figure 1 – Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un atténuateur variable de précision en f.i.



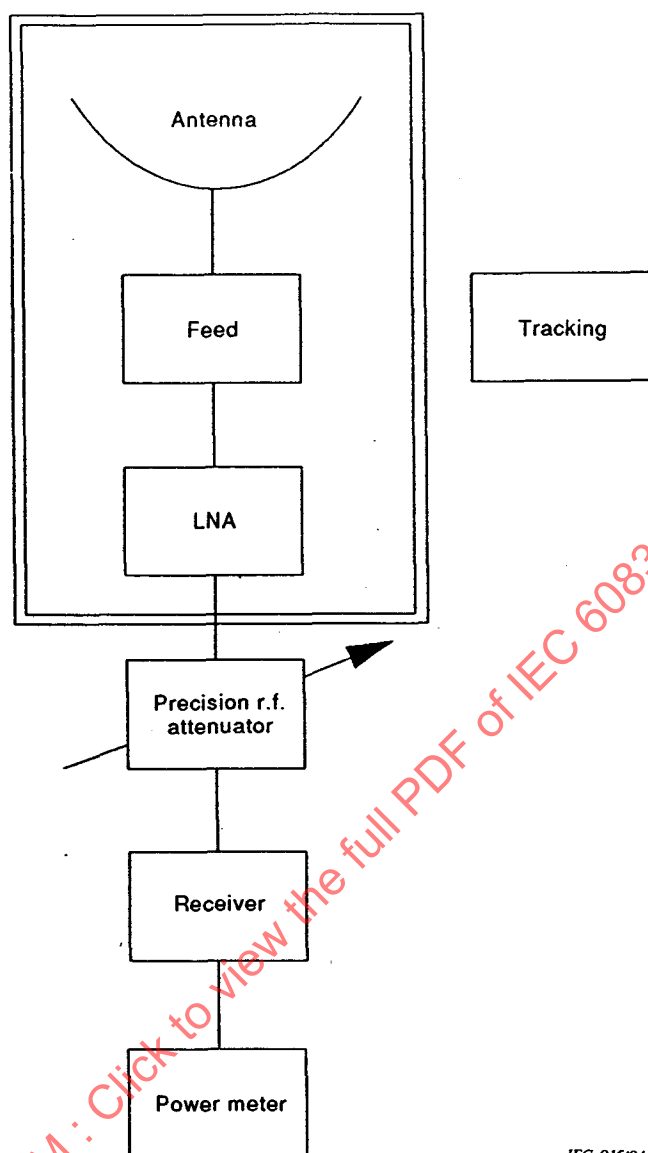
IEC 914/94

Figure 1 – Typical G/T measurement arrangement using i.f. precision variable attenuator



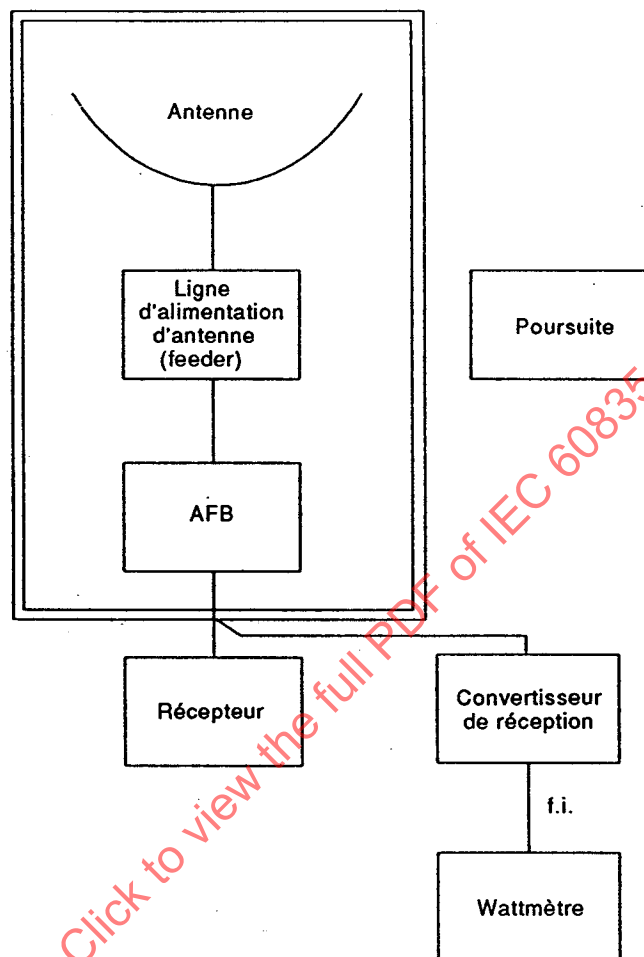
CEI 915/94

Figure 2 – Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un atténuateur variable de précision en r.f.



IEC 915194

Figure 2 – Typical G/T measurement arrangement using r.f. precision variable attenuator



CEI 91694

Figure 3 – Montage typique de mesure du G/T à l'aide d'un convertisseur de réception d'essai

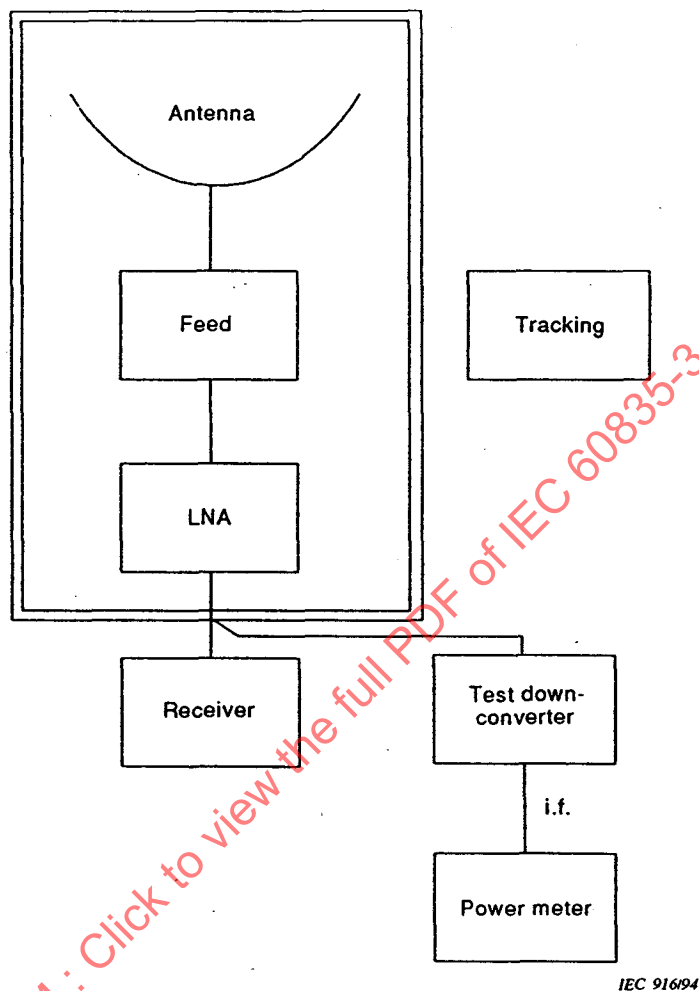
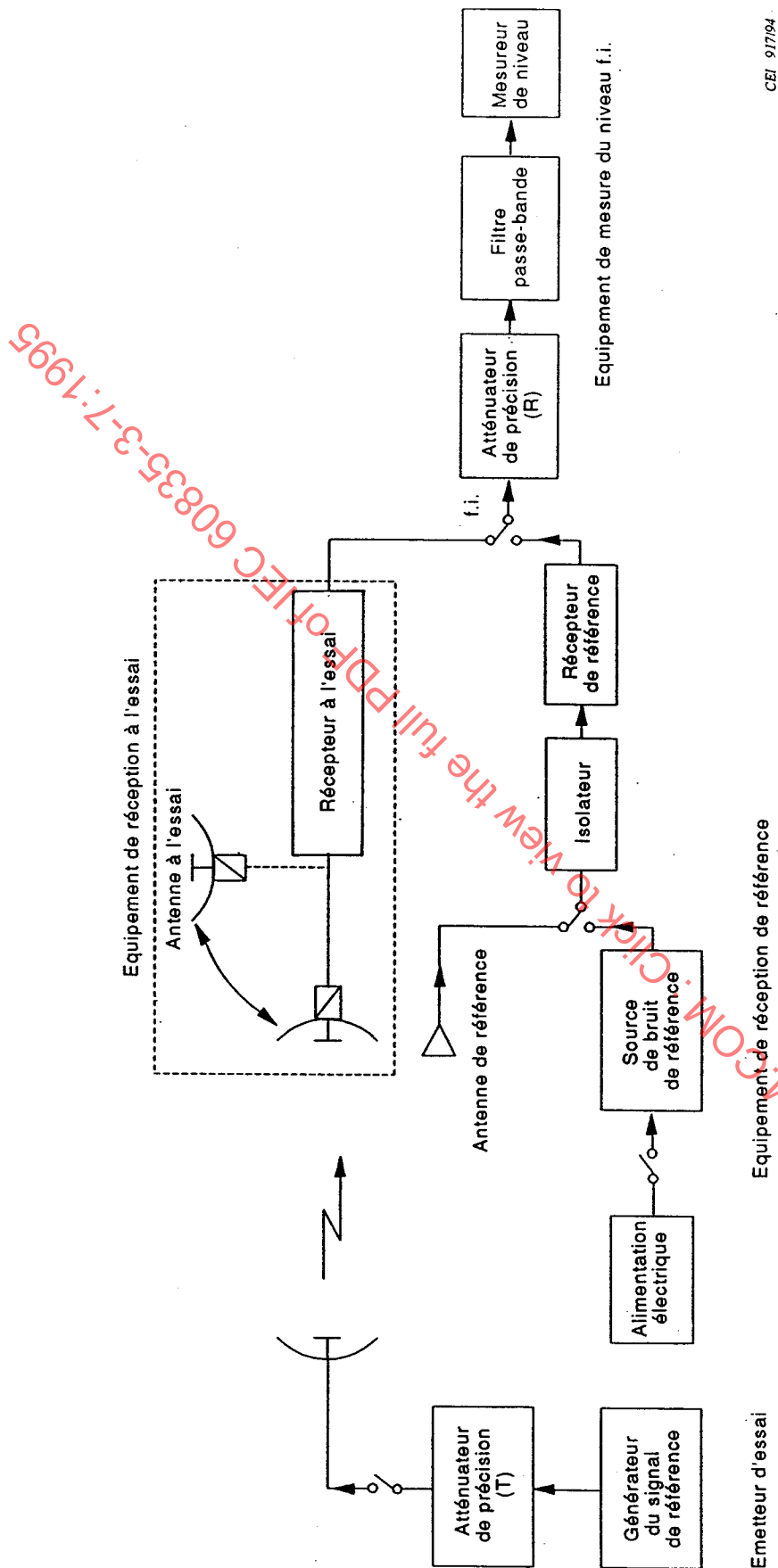
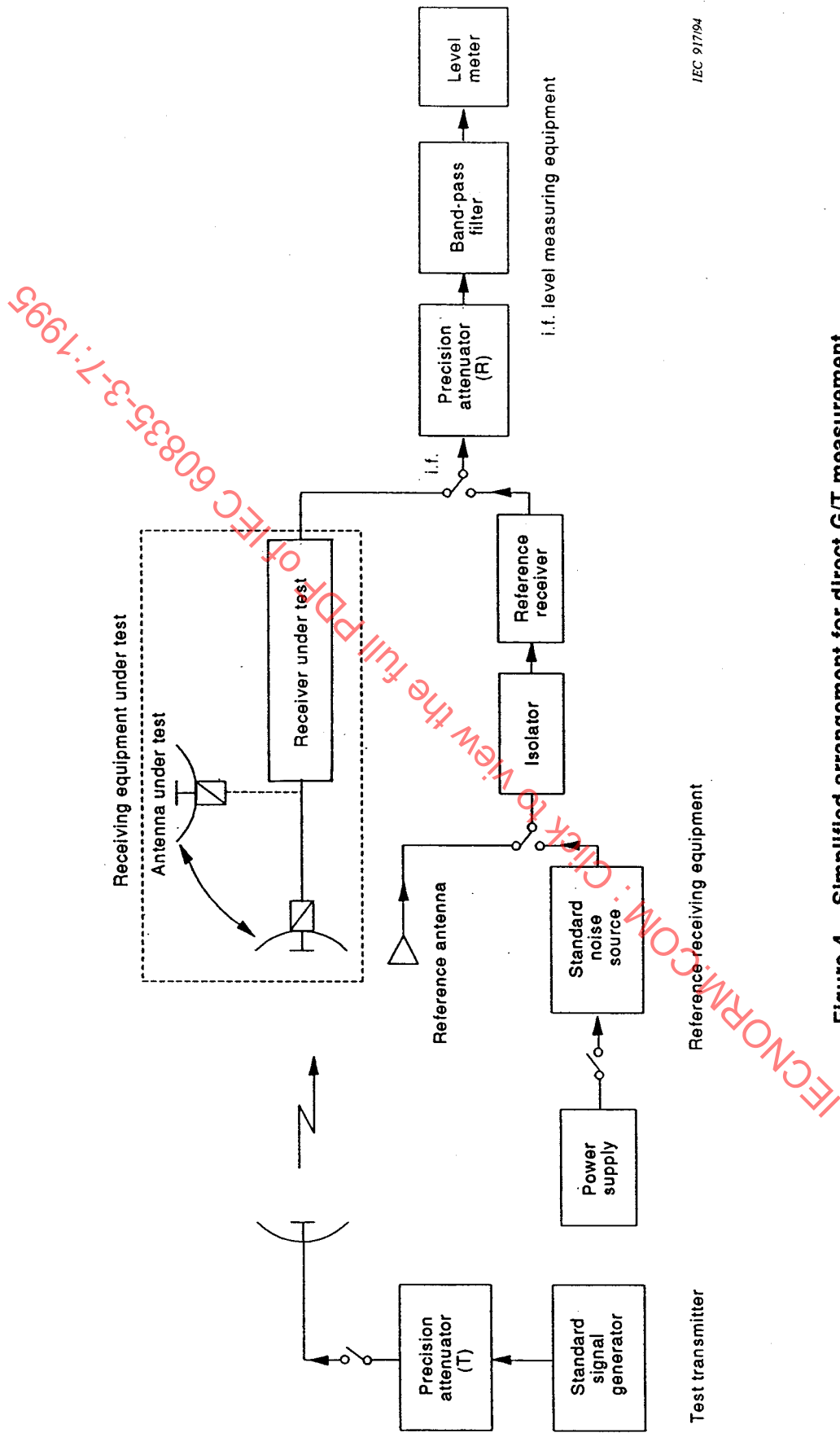


Figure 3 – Typical G/T measurement arrangement using a test down-converter



CEI 917/94

Figure 4 – Montage simplifié pour la mesure directe du G/T



IEC 917/94

Figure 4 – Simplified arrangement for direct G/T measurement