

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-3-2

Première édition
First edition
1995-12

**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

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

Part 3:

Measurements on satellite earth stations
Section 2: Antenna



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60835-3-2: 1995

LICENSED TO MECON Limited - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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**

60835-3-2

Première édition
First edition
1995-12

**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

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

Part 3:

Measurements on satellite earth stations
Section 2: Antenna

© 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

XA

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

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Définitions	8
4 Conditions de mesure	18
5 Gain de l'antenne	20
5.1 Considérations générales	20
5.2 Méthode de mesure	20
5.3 Présentation des résultats	30
5.4 Détails à spécifier	32
6 Diagramme de rayonnement de l'antenne	32
6.1 Considérations générales	32
6.2 Mesures terrestres du diagramme de rayonnement avec antenne de visée ..	34
6.3 Mesure du diagramme de rayonnement de l'antenne à l'aide d'un satellite ...	38
6.4 Diagramme des antennes à impulsion unique	42
6.5 Précision de mesure	44
6.6 Présentation des résultats	44
6.7 Détails à spécifier	46
7 Polarisation	46
7.1 Calcul du rendement de polarisation	46
7.2 Discrimination de polarisation croisée (XPD)	48
7.3 Découplage entre deux accès pour les antennes à double polarisation à réutilisation de fréquence	56
7.4 Présentation des résultats	66
7.5 Détails à spécifier	66
8 Facteur de qualité en réception (G/T)	66
9 Température de bruit de l'antenne	66
9.1 Considérations générales	66
9.2 Méthode de mesure	68
9.3 Présentation des résultats	70
9.4 Détails à spécifier	70
10 Affaiblissement d'adaptation de l'antenne	70
10.1 Méthode de mesure	70
10.2 Présentation des résultats	70
10.3 Détails à spécifier	70
11 Isolation émission-réception entre accès	70
11.1 Méthode de mesure	70
11.2 Présentation des résultats	72
11.3 Détails à spécifier	72
Figures	74
Annexe A – Bibliographie	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Conditions of measurement	19
5 Antenna gain	21
5.1 General considerations	21
5.2 Method of measurement	21
5.3 Presentation of results	31
5.4 Details to be specified	33
6 Antenna pattern	33
6.1 General considerations	33
6.2 Terrestrial bore-sight pattern measurements	35
6.3 Measurement of antenna pattern via satellite	39
6.4 Antenna monopulse pattern	43
6.5 Measurement accuracy	45
6.6 Presentation of results	45
6.7 Details to be specified	47
7 Polarization	47
7.1 Calculation of the polarization efficiency	47
7.2 Cross-polarization discrimination (XPD)	49
7.3 Two-port discrimination of dual polarized frequency re-use antennas	57
7.4 Presentation of results	67
7.5 Details to be specified	67
8 Receive figure of merit (G/T)	67
9 Antenna noise temperature	67
9.1 General considerations	67
9.2 Method of measurement	69
9.3 Presentation of results	71
9.4 Details to be specified	71
10 Antenna return loss	71
10.1 Method of measurement	71
10.2 Presentation of results	71
10.3 Details to be specified	71
11 Transmit-receive isolation	71
11.1 Method of measurement	71
11.2 Presentation of results	73
11.3 Details to be specified	73
Figures	75
Annex A – Bibliography	105

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 2: Antenne

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 concernant des questions techniques, représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales; ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 835-3-2 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:

FDIS	Rapport de vote
12E/247/FDIS	12E/262/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.

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 3: Measurements on satellite earth stations –

Section 2: Antenna

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, express as nearly as possible an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 835-3-2 has been prepared by sub-committee 12E: Radio relay and satellite communication systems, of IEC technical committee 12: Radio-communications.

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

FDIS	Report on voting
12E/247/FDIS	12E/262/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.

Annex A is for information only.

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

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 835-3 traite des définitions et des méthodes de mesure applicables aux caractéristiques électriques des antennes des stations terriennes de liaison par satellite dans les gammes de fréquences au-dessus d'environ 1 GHz. Ces méthodes s'appliquent aux antennes de type réflecteur assurant la transmission de signaux analogiques et numériques.

Le but de ces mesures est principalement de vérifier que les performances des antennes des stations terriennes sont conformes aux spécifications généralement données par l'opérateur d'un système par satellite et basées sur les règlements des radio-communications et les normes internationales applicables comme par exemple la Recommandation S.733-1 de l'UIT-R et les Recommandations 465-4, 580-3, 731 et 732 du CCIR. Les procédures de mesure sont souvent prescrites par les organisations internationales de service de liaison par satellite.

Les mesures sont effectuées dans les conditions où tous les équipements du sous-système d'antenne sont connectés, sauf indication contraire.

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 835-3. 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 835-3 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 50(60): 1970, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 60: Radio-communications*

CEI 50(712): 1992, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 712: Antennes*

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 835-3-4: 1993, *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 4: Amplificateur à faible bruit*

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

Part 3: Measurements on satellite earth stations –

Section 2: Antenna

1 Scope

This section of IEC 835-3 gives definitions and methods of measurement of the electrical characteristics of satellite earth-station antennas for frequencies above about 1 GHz. The methods are applicable to reflector type antennas for digital and analog signal transmission.

The purpose of the measurements is mainly to confirm that earth-station antenna performance complies with the requirements generally given by the satellite system provider based on the Radio Regulations and applicable international standards such as ITU-R Recommendation S.733-1 and the CCIR Recommendations 465-4, 580-3, 731 and 732. The measurement procedures are often prescribed by international satellite service organizations.

Measurements are performed under the condition that all antenna subsystem equipment is connected unless otherwise stated.

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 50(60): 1970, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 60: Radio-communications*

IEC 50(712): 1992, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 712: Antennas*

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 835-3-4: 1993, *Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 3: Measurements on satellite earth stations – Section 4: Low noise amplifier*

CEI 835-3-7: 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*

UIT-R S.465-5: 1993, *Diagramme de rayonnement de référence de station terrienne, à utiliser pour la coordination et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et environ 30 GHz.*

UIT-R S.580-4: 1993, *Diagramme de rayonnement à utiliser comme objectifs de conception pour les antennes des stations terriennes fonctionnant avec des satellites géostationnaires*

UIT-R S.731: 1992, *Diagramme de rayonnement contrapolaire de référence de station terrienne, à utiliser pour la coordination des fréquences et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et environ 30 GHz*

UIT-R S.732: 1992, *Méthode de traitement statistique des crêtes des lobes latéraux d'antenne de station terrienne*

UIT-R S.733-1: 1993, *Détermination du rapport G/T des stations terriennes du service fixe par satellite*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente section de la CEI 835-3, les définitions suivantes s'appliquent.

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans cette section, se reporter à la CEI 60 et à la CEI 50(712). En cas de conflit, c'est la définition indiquée ici qui est retenue.

3.1 Sous-système d'antenne

Un sous-système d'antenne est la partie de l'équipement de la station terrienne de communication qui comprend l'antenne et sa source d'alimentation, tels qu'indiqué figure 1. L'antenne présentée dans cette section est une antenne à réflecteur, composée d'un réflecteur principal, de réflecteurs secondaires le cas échéant et d'une source primaire. La source peut comporter en général des duplexeurs, des filtres réjecteurs d'émission, des hybrides et un duplexeur de polarisation (transducteur orthomode) ou un polariseur, auxquels sont raccordés les guides d'onde d'alimentation vers les équipements de multiplexage et de commutation d'émission et de réception, ainsi que vers le récepteur de poursuite. Le sous-système d'antenne peut également comporter les dispositifs nécessaires au pointage de l'antenne. Il y a lieu de spécifier les accès pour une mesure donnée.

3.2 Accès de l'antenne

On peut définir l'accès de l'antenne à une quelconque interface de la source où les mesures r.f. sont habituellement effectuées. Pour distinguer les caractéristiques de l'antenne de celles de la source, la bride du guide d'onde du cornet d'alimentation est parfois prise comme accès de l'antenne, mais alors des mesures complémentaires comprenant l'ensemble du réseau source peuvent être importantes.

IEC 835-3-7: 1995, *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*

ITU-R S.465-5: 1993, *Reference earth-station radiation pattern for use in coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30 GHz*

ITU-R S.580-4: 1993, *Radiation diagrams for use as design objectives for antennas of earth stations operating with geostationary satellites*

ITU-R S.731: 1992, *Reference earth-station cross-polarized radiation pattern for use in frequency coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30 GHz*

ITU-R S.732: 1992, *Method for statistical processing of earth-station antenna side-lobe peaks*

ITU-R S.733-1: 1993, *Determination of the G/T ratio for earth stations operating in the fixed-satellite service*

3 Definitions

For the purpose of this section of IEC 835-3, the following definitions apply.

For definitions of the general terms used in this section, reference should be made to IEC 60 and IEC 50(712). In case of conflict, the definition given here takes precedence.

3.1 Antenna subsystem

An antenna subsystem is that part of the earth-station communication equipment which comprises the antenna and the feed network, as shown in figure 1. The antenna considered in this section is a reflector antenna consisting of the main reflector, secondary reflectors, if any, and the primary radiator. The feed network usually may contain frequency duplexers, transmit reject filters, hybrids, and a polarization diplexer (orthomode transducer) or a polarizer, to which are connected the waveguide feeders to the transmit and receive multiplexing and switching equipment and to the tracking receiver. The antenna subsystem may also include provisions for pointing the antenna. The terminals of the antenna subsystem should be specified for a given measurement.

3.2 Antenna port (antenna terminal)

An antenna port may be defined at any interface of the feed network where r.f. measurements are usually made. To separate antenna and feed network properties, sometimes the feed horn waveguide flange is defined as the antenna port, but in that case additional measurements including the whole feed network may be important.

3.3 Gain de l'antenne

Le gain de l'antenne d'émission est le rapport entre le flux de puissance dans la zone située en champ lointain, à une distance et dans une direction donnée, et le flux de densité de puissance produit à la même distance par une antenne isotrope sans perte recevant la même puissance de la même source que celle de l'antenne à l'essai.

Pour les antennes de réception, une définition du gain peut être déduite de la surface effective A_e (voir 3.5) par l'équation:

$$G = \frac{4 \pi A_e}{\lambda^2} \quad (3-1)$$

où λ est la longueur d'onde.

Avec la même antenne utilisée pour l'émission et la réception à la même fréquence et avec les mêmes points d'accès, les gains définis ci-dessus pour l'émission et la réception seront égaux grâce au principe de réciprocité des antennes.

En théorie, le gain ne prend pas en compte les pertes provenant des désadaptations de polarisation et d'impédance au plan de référence du système d'alimentation. Toutefois, elles sont en général très faibles et peuvent être négligées lors des mesures pratiques. Néanmoins, il est parfois nécessaire d'indiquer la part du gain de l'antenne (gain partiel tel que défini dans le VEI 712-02-44) correspondant à une polarisation particulière. Dans ce cas, il convient que la polarisation de référence soit mentionnée par exemple par «gain en polarisation circulaire droite» ou «gain en polarisation linéaire horizontale». Le gain partiel est égal au gain multiplié par le rendement de polarisation correspondant à la polarisation spécifiée. Il peut être mesuré par exemple à l'aide d'une antenne située dans l'axe de visée et ayant la polarisation spécifiée rayonnant vers l'antenne à l'essai. Si la polarisation de l'antenne est décomposée en deux composantes orthogonales (ce qui est toujours possible), le gain de l'antenne est alors la somme des gains partiels correspondant aux polarisations des composantes.

NOTE – Sauf spécification contraire, le gain sera défini comme le gain dans l'axe de visée (gain maximal).

3.4 Diagramme de rayonnement de l'antenne

Le diagramme de rayonnement de l'antenne est le tracé angulaire de la puissance du signal émis ou reçu par l'antenne référencé à un accès donné. Il correspond normalement à la co-polarisation ou à la polarisation croisée.

3.5 Surface effective d'une antenne

Dans une direction spécifiée, la surface effective d'une antenne est le rapport entre la puissance fournie à une charge adaptée située à l'accès de l'antenne et le flux de puissance d'une onde incidente dans le plan de polarisation adapté à l'antenne.

NOTE – La surface effective est en général définie à partir de la mesure de gain à l'aide de l'équation (3-1).

3.3 Antenna gain

The gain of a transmitting antenna is the ratio of the power flux density produced in the far-field region, in a given direction and at a given distance from the antenna, to the power flux density which would be produced at the same distance by a loss-free isotropic antenna which accepts the same power from the same source as the antenna under test.

For receiving antennas, a definition of gain can be derived from that of effective area A_e (see 3.5) by the equation:

$$G = \frac{4 \pi A_e}{\lambda^2} \quad (3-1)$$

where λ is the wavelength.

For the same antenna used for transmitting and receiving on the same frequency and with the same terminals, the gains defined above for transmitting and for receiving will be equal, because of the reciprocity of the antenna.

Theoretically, gain does not include losses arising from polarization mismatches and from impedance mismatches at the gain-reference plane of the feed system. However, in practical measurements these effects normally are very small and may then be neglected. Nevertheless it may sometimes be necessary to give that part of the antenna gain (partial gain as defined in IEC 712-02-44) corresponding to a specified polarization. In this case the reference polarization should be indicated for example by "right-hand circular polarization gain" or "horizontal linear polarization gain". The partial gain is the gain multiplied with the polarization efficiency corresponding to the specified polarization. It may be measured, for example, with a bore-sight antenna radiating with the specified polarization towards the antenna under test. If the antenna polarization is split into two orthogonal components (which is always possible), then the antenna gain is the sum of the partial gains corresponding to the polarizations of the components.

NOTE – Unless otherwise specified, gain will be defined as the gain in bore-sight direction (maximum gain).

3.4 Antenna pattern

The antenna (radiation) pattern is an angular plot of the signal strength radiated from or received by the antenna with respect to a specified port. It normally corresponds to co- or cross-polarization.

3.5 Effective area of an antenna

For a specified direction, the effective (active) area of an antenna is the ratio between the power delivered to a matched load at the antenna terminals and the power flux density in a polarization matched plane wave incident on the antenna.

NOTE – The effective area is normally determined by a gain measurement using equation (3-1).

3.6 Rendement de l'antenne

Le rendement de l'antenne η est le rapport entre la surface effective maximale et la surface A de l'antenne projetée dans le plan perpendiculaire à l'axe de rayonnement maximal. La surface effective maximale est reliée au gain maximal G défini en 3.3. Par conséquent:

$$\eta = \frac{A_e}{A} = \frac{G\lambda^2}{4\pi A} \quad (3-2)$$

où λ est la longueur d'onde.

NOTE – Il convient que le plan de référence pour le rendement soit le même que celui pour le gain.

3.7 Antenne étalon

Une antenne dont le gain est connu de manière précise. Le gain de l'antenne en essai peut être comparé à celui de l'antenne étalon par commutation entre ces deux antennes. L'antenne étalon est souvent beaucoup plus petite que l'antenne à l'essai.

3.8 Axe de visée

Pour les antennes munies d'un dispositif de poursuite à détection de zéro, l'axe de visée correspond à la direction où l'erreur de pointage est nulle. Pour les antennes directives non munies d'un dispositif de poursuite à détection de zéro, l'axe de visée est la direction correspondant au niveau de rayonnement maximal.

NOTE – Les mesures dans l'axe de visée sont des mesures effectuées au moyen d'une antenne auxiliaire (antenne de visée) montée généralement sur une tour (tour de visée) située dans l'axe de visée.

3.9 Polarisation de l'antenne

La polarisation de l'antenne est la polarisation du champ électrique dans la zone à champ lointain dans une direction spécifiée de l'antenne rayonnante. C'est également la polarisation d'une onde plane provenant d'une direction donnée et ayant un flux de densité d'énergie donné qui fournit la puissance maximale à l'accès de l'antenne.

NOTE – Sauf spécification contraire, la direction spécifiée est celle de l'axe de visée. La polarisation est caractérisée par l'ellipse de polarisation ou par la somme des composantes en co-polarisation et en polarisation croisée. Ainsi, les propriétés de polarisation dans toutes les directions sont aussi fournies par les diagrammes de rayonnement de l'antenne en co-polarisation et en polarisation croisée.

3.10 Rapport axial

Le rapport axial r (ou taux d'ellipticité) est défini comme le rapport entre le grand axe et le petit axe de l'ellipse de polarisation (la polarisation linéaire correspond à $r = \infty$, la polarisation circulaire à $r = 1$).

3.11 Co-polarisation (polarisation nominale)

La co-polarisation (d'une antenne) est la polarisation que l'antenne est censée rayonner (ou recevoir).

3.6 Antenna efficiency

The antenna efficiency η is the ratio of the maximum effective area to the projected area A of the antenna in a plane perpendicular to the direction of maximum radiation. The maximum effective area is related to the maximum gain G as defined in 3.3. So:

$$\eta = \frac{A_e}{A} = \frac{G\lambda^2}{4\pi A} \quad (3-2)$$

where λ is the wavelength.

NOTE – The reference plane for the efficiency should be the same as for the gain.

3.7 Gain-reference antenna

An antenna with precisely known gain. The gain of the antenna under test may be compared with the gain of a reference antenna by switching between these antennas. The reference antenna is often much smaller than the antenna under test.

3.8 Bore-sight direction

For tracking antennas, the bore-sight direction is the direction of the tracking null. For non-tracking directive antennas, the bore-sight direction is the direction of the beam maximum.

NOTE – Bore-sight measurements are measurements with an ancillary antenna (bore-sight antenna) usually mounted on a tower (bore-sight tower), located at the bore-sight direction.

3.9 Antenna polarization

The antenna polarization is the polarization of the electric far-field in a specified direction of a radiating antenna. It is also that polarization of a plane wave, incident from a given direction and having a given power flux density, which results in maximum available power at the antenna terminals.

NOTE – If not otherwise defined, the specified direction is the bore-sight direction. The polarization is characterized by the polarization ellipse, or by a sum of a co- and a cross-polarized component. Therefore, the polarization properties for all directions are also given by co- and cross-polarized antenna patterns.

3.10 Axial ratio

Axial ratio (or ellipticity ratio) r is defined as the ratio of the major axis to the minor axis of the polarization ellipse (linear polarization is given by $r = \infty$, circular polarization by $r = 1$).

3.11 Co-polarization (nominal polarization)

Co-polarization (of an antenna) is that polarization which the antenna is intended to radiate (or receive).

Pour un transfert de puissance maximal dans les conditions opérationnelles, la polarisation fixée aux antennes des stations terriennes est la co-polarisation de l'antenne du satellite dans la direction de l'antenne de la station terrienne. Pour une polarisation linéaire, la direction de la polarisation du satellite dépend à la fois des positions de la station terrienne et du satellite et, dans une faible mesure, des caractéristiques de polarisation et de la stabilité de la direction de l'antenne du satellite.

NOTE – Normalement, la co-polarisation est exactement circulaire ou linéaire. La co-polarisation linéaire est spécifiée en général par rapport au sol ou au plan du méridien correspondant à la position du satellite. En pratique, on dit également qu'une antenne est co-polarisée même si elle n'est co-polarisée que de manière partielle avec la polarisation prévue (par exemple le vecteur électrique en champ lointain peut se déplacer légèrement avec la fréquence).

3.12 Polarisation croisée

La polarisation croisée (pour une co-polarisation donnée) est la polarisation orthogonale à la co-polarisation (les deux ondes ayant la même direction de propagation). Deux polarisations sont dites orthogonales si les ellipses de polarisation ont des sens de rotation opposés, le même rapport axial et des grands axes perpendiculaires.

Deux antennes sont dites en polarisation croisée si leurs polarisations sont orthogonales. Elles sont dites en polarisation croisée nominale si leurs co-polarisations (polarisations nominales) sont orthogonales.

NOTE – En pratique, on dit également parfois que deux antennes sont en polarisation croisée, si elles sont approximativement orthogonales.

3.13 Discrimination de polarisation croisée (XPD)

La discrimination de polarisation croisée XPD d'une antenne dans une direction donnée et un accès spécifié est le rapport de puissance, exprimé en décibels, entre la composante en co-polarisation et la composante en polarisation croisée. La discrimination de polarisation croisée en décibels est donnée par la relation $x = 10 \log X$. Dans le cas de la réception, par exemple, on peut mesurer ce rapport en observant le rapport des puissances lorsque l'on commute l'antenne d'émission de la co-polarisation à la polarisation croisée orthogonale en laissant inchangée la puissance d'émission.

NOTE – Sauf spécification contraire, on suppose que la direction est l'axe de visée. La polarisation croisée est définie pour chacun des accès dans le cas d'une antenne à accès multiples.

3.14 Rendement de polarisation

Le rendement de polarisation η est le facteur, inférieur ou égal à 1, qui apparaît dans l'équation suivante:

$$P_r(\Phi, \theta) = A_e(\Phi, \theta) \cdot S \cdot \eta \quad (3-3)$$

où

$A_e(\Phi, \theta)$ est la surface effective de l'antenne de réception pour les angles d'incidence spécifiés (Φ, θ) ;

S est la densité de flux de puissance d'une onde incidente plane dans la direction (Φ, θ) ;

$P_r(\Phi, \theta)$ est la puissance fournie à l'accès spécifié de l'antenne dans une charge adaptée.

In view of maximum power transfer under operational conditions the intended polarization for earth-station antennas is the co-polarization of the satellite antenna in the direction of this earth-station antenna. For linear polarization the direction of the satellite polarization depends on the positions of the earth station and the satellite and, to a small amount, on the polarization characteristic and direction stability of the satellite antenna.

NOTE – The co-polarization is normally exactly circular or linear. Linear co-polarization is usually specified with respect to the ground or the earth meridian plane belonging to the satellite position. In practice, an antenna is also called co-polarized, even if it is only approximately co-polarized with the intended polarization (for example, the far-field electric vector can move slightly with the frequency).

3.12 Cross-polarization

Cross-polarization (to a given co-polarization) is the polarization orthogonal to the co-polarization (with both waves having the same direction of propagation). Two polarizations are said to be orthogonal, if the polarization ellipses have opposite senses of rotation, the same axial ratios and orthogonal major axes.

Two antennas are said to be cross-polarized, if their polarizations are orthogonal. Two antennas are said to be nominally cross-polarized if their co-polarizations (nominal polarizations) are orthogonal.

NOTE – In practice, two antennas are sometimes also called cross-polarized, if they are only approximately orthogonal.

3.13 Cross-polarization discrimination (XPD)

For a given direction and a specified port, the cross-polarization discrimination XPD of an antenna is the power ratio in decibels of the co-polarized and cross-polarized component of the antenna polarization. The cross-polarization discrimination in decibels is given by $x = 10 \log X$. In the receive case, for example, this ratio may be measured by observing the power ratio, when the polarization of the transmitting antenna is switched over from co-polarization to the orthogonal cross-polarization, keeping the transmit power unchanged.

NOTE – Unless otherwise specified, the bore-sight direction is assumed. Cross-polarization is defined for each port of a multi-port antenna.

3.14 Polarization efficiency

The polarization efficiency η is a factor, of unity or less, which is employed in the following equation:

$$P_r(\Phi, \theta) = A_e(\Phi, \theta) \cdot S \cdot \eta \quad (3-3)$$

where

$A_e(\Phi, \theta)$ is the effective area of a receiving antenna in a given direction (Φ, θ) of incidence;

S is the power flux density of an incident plane wave from the direction (Φ, θ) ;

$P_r(\Phi, \theta)$ is the power delivered by a specified port of the receiving antenna to a matched termination.

3.15 *Antenne à double polarisation*

Une antenne à double polarisation est une antenne conçue pour émettre et/ou recevoir simultanément des signaux ayant deux polarisations orthogonales (polarisations croisées). Si elle a un accès émission et un accès réception, alors les co-polarisations correspondant à ces accès sont orthogonales. Si l'antenne fonctionne en réutilisation de fréquence et, de ce fait, possède quatre accès pour les signaux de communication, les co-polarisations correspondant aux deux accès de réception et aux deux accès d'émission sont orthogonales dans chacun des cas.

NOTE – Si l'on ne prend en considération que l'une des polarisations opérationnelles reçues ou émises, les accès correspondant à la même direction de propagation du signal sont parfois appelés accès «co-polaires» ou accès «à polarisation croisée». Mais il convient que les polarisations de l'antenne correspondant à ces accès, tout en n'étant qu'approximativement co-polaires ou à polarisation croisée, soient alors distinguées de ces polarisations.

3.16 *Découplage entre deux accès (TDP)*

Le découplage entre deux accès (découplage entre accès, isolation) d'une antenne à double polarisation à réutilisation de fréquence est définie pour les deux accès de réception et les deux accès d'émission.

Si l'antenne du satellite émet dans l'une des deux polarisations opérationnelles, le découplage entre les deux accès de réception de l'antenne à l'essai correspondant à cette polarisation est le rapport entre la puissance reçue sur l'accès de réception correspondant et la puissance reçue sur l'autre accès de réception (les deux accès étant raccordés à des charges adaptées).

Si l'antenne à l'essai émet dans l'une des deux polarisations opérationnelles vers le satellite, le découplage entre les deux accès d'émission de l'antenne à l'essai correspondant à cette polarisation est le rapport entre la puissance reçue sur l'accès correspondant de l'antenne du satellite et la puissance reçue sur le même accès lorsque la puissance de l'antenne à l'essai est commutée de l'un à l'autre des accès d'émission (les accès de l'antenne du satellite étant raccordés à des charges adaptées).

Le TDP est fonction de la polarisation opérationnelle qui est respectivement émise ou reçue. Il dépend également des caractéristiques du satellite ou de l'antenne de visée intervenant dans l'essai, ainsi que du trajet de transmission. Ce n'est donc souvent pas une mesure suffisante de la qualité de l'antenne à l'essai, mais ce peut être la seule quantité mesurable dans certaines situations.

NOTE – Il y a lieu que le découplage entre deux accès ne soit pas confondu avec l'isolation émission-réception d'une antenne multiaccès (voir 3.17), ni avec la discrimination de polarisation croisée (voir 3.13 et 7.2) définies pour chaque accès de l'antenne. L'égalité exacte ou approximative pour ces quantités ne peut exister qu'à des fréquences particulières ou pour des caractéristiques idéales d'antenne.

3.17 *Isolation émission-réception*

L'isolation émission-réception d'une antenne est le rapport entre la puissance émise sur l'accès émission de l'antenne et la puissance reçue sur l'accès de réception de l'antenne (par couplage).

NOTE – L'isolation émission-réception peut comprendre la contribution du filtre de réjection de l'émission dans la chaîne de réception.

3.15 *Dual-polarized antenna*

A dual-polarized antenna is an antenna designed for simultaneously transmitting and/or receiving signals having two orthogonal (cross-polarized) polarizations. If it has one receive and one transmit port, then the co-polarizations related to these ports are orthogonal. If it operates with frequency re-use and therefore has four communication signal ports, the co-polarizations related to the two receive and the two transmit ports are orthogonal in each case.

NOTE – If only one of the two received or transmitted operational polarizations is considered, sometimes the ports corresponding to the same signal propagation direction are called "co-polar" and "cross-polar" ports. But the antenna polarizations related to these ports, despite approximating the intended co- and cross-polarization, should then be distinguished from these polarizations.

3.16 *Two-port discrimination (TPD)*

The two-port discrimination (port-to-port discrimination, isolation) of a dual polarized frequency re-use earth-station antenna is defined for the two receive ports and the two transmit ports.

If the satellite antenna radiates with one of the two operational polarizations, the receive two-port discrimination of the antenna under test related to this polarization is the ratio of the power received at the corresponding receive port to the power received at the other receive port (with both ports terminated with matched loads).

If the antenna under test radiates with one of the two operational polarizations to the satellite, the transmit two-port discrimination of the antenna under test related to this polarization is the ratio of the power received at the corresponding port of the satellite antenna to the power received at the same port when the power at the antenna under test is switched over from one to the other transmit port (satellite antenna ports terminated with matched loads).

The TPD depends on which of the two operational polarizations is transmitted or received respectively. It will also be affected by properties of the satellite or bore-sight antenna involved in the test and the transmission path. Therefore it is often not a sufficient measure of quality of the antenna under test, but it may be the only measurable quality in some practical situations.

NOTE – The two-port discrimination normally has to be distinguished from the transmit-receive isolation of a multi-port antenna (see 3.17), as well as from the cross-polarization discrimination (see 3.13, 7.2) defined for each of the antenna ports. Equal or approximately equal values for these quantities may exist only at special frequencies or for idealized antenna properties.

3.17 *Transmit-receive isolation (TRI)*

The transmit-receive isolation of an antenna is the power ratio of the power transmitted at a transmit port of the antenna to the power received at a receive port of the antenna (by coupling).

NOTE – The transmit-receive isolation may include the contribution of a transmit reject filter in the receive line.

3.18 Champ lointain (zone lointaine, zone de Fraunhofer)

La zone à champ lointain d'une antenne commence à une distance L où le diagramme de rayonnement de l'antenne est à peu près indépendant de la distance à laquelle il est mesuré. La distance de la zone à champ lointain L est généralement définie par l'équation:

$$L = \frac{2 D^2}{\lambda} \quad (3-4)$$

où

D est la dimension maximale d'ouverture de l'antenne;

λ est la longueur d'onde.

Pour les mesures en champ lointain, la distance de mesure sera supérieure à la valeur maximale de la distance correspondant à la longueur d'onde de fonctionnement minimale.

NOTES

1 Lorsque la dimension d de l'ouverture maximale de l'antenne opposée est supérieure à environ 0,64 D , la distance minimale suivante peut être nécessaire pour les mesures:

$$L = \frac{Dd}{0,32 \lambda} \quad (3-5)$$

Si $D < 0,64 d$, il convient d'utiliser la valeur d à la place de D dans l'équation (3-4)

2 Pour des antennes possédant des lobes latéraux très faibles, des distances de mesure plus importantes que celle donnée par l'équation (3-4) peuvent être nécessaires.

3.19 Température de bruit de l'antenne

La température de bruit de l'antenne est la température d'une résistance qui présente une puissance par unité de bande passante égale à celle présente à la sortie de l'antenne à une fréquence donnée.

NOTE – La température de bruit d'une antenne dépend de son couplage avec toutes les sources de bruit dans son environnement ainsi que du bruit généré à l'intérieur de l'antenne (par exemple par les pertes ohmiques).

4 Conditions de mesure

Les mesures décrites dans cette norme doivent autant que possible être réalisées dans des conditions opérationnelles réalistes. Elles doivent être effectuées dans toutes les bandes de fréquence indiquées dans les spécifications détaillées de l'équipement. Elles peuvent l'être dans différentes conditions d'environnement dans des limites définies par accord entre les parties concernées, par exemple:

- vitesse du vent;
- grêle;
- gel;
- pluie;
- neige;
- rayonnement solaire;
- gamme de température.

Il faut savoir que les déformations mécaniques de la géométrie de l'antenne dues à l'influence de la gravité, du vent et de l'angle de pointage des antennes peuvent avoir un effet sur le résultat des mesures, en particulier celles du gain, des lobes latéraux, de la discrimination de polarisation croisée et du découplage entre accès.

3.18 *Far-field (far-zone, Fraunhofer zone)*

The far-field of an antenna begins at that distance L from the antenna, where the antenna pattern is approximately independent of the distance where it is measured. The far-field distance L is normally defined by the equation:

$$L = \frac{2 D^2}{\lambda} \quad (3-4)$$

where

D is the maximum aperture dimension of the antenna;

λ is the wavelength.

For far-field measurements the measurement distance will be greater than the maximum far-field distance resulting from the minimum operational wavelength.

NOTES

1 When the maximum aperture dimension d of the opposite antenna is larger than approximately 0,64 D , the following minimum distance may be required for measurement:

$$L = \frac{Dd}{0,32 \lambda} \quad (3-5)$$

If $D < 0,64 d$, then equation (3-4) should be used with d instead of D .

2 For low sidelobe antennas, measurement distances longer than that of equation (3-4) may be required.

3.19 *Noise temperature of an antenna*

The noise temperature of an antenna is the temperature of a resistor having an available power per unit bandwidth equal to that at the antenna output at a specified frequency.

NOTE – The noise temperature of an antenna depends on its coupling to all noise sources in its environment as well as noise generated within the antenna (for example, by ohmic losses).

4 Conditions of measurement

The measurements described in this standard shall be made as far as possible under realistic operational conditions. They shall be carried out within all the frequency bands given in the detailed equipment specification. The measurements may be made under different environmental conditions within the limits agreed between the parties concerned, for example:

- wind velocity;
- hail;
- ice;
- rain;
- snow;
- solar radiation;
- temperature range.

It should be recognized that mechanical deformations of the antenna geometry, due to the influence of gravity, wind and antenna pointing angle, can affect the results of the measurements, particularly those of gain, sidelobes, cross-polarization and two-port discrimination.

5 Gain de l'antenne

5.1 Considérations générales

On peut mesurer le gain d'une antenne de station terrienne de liaison par satellite à l'aide de l'une des quatre méthodes suivantes:

- a) comparaison avec le gain d'une antenne de référence;
- b) méthode de substitution satellite (bande de réception);
- c) méthode du bilan de puissance de la liaison avec le satellite (bande d'émission);
- d) méthode de la radiosource stellaire.

La comparaison avec une antenne de gain de référence (méthode du cornet à gain étalon) est applicable si l'on dispose d'une base de mesures dans l'axe de visée. Cette zone doit être d'une longueur suffisante et présenter des réflexions sur le sol suffisamment faibles pour la mesure. Cette méthode peut être utilisée lorsque la longueur de la zone est supérieure à la distance du champ lointain (voir 3.18).

La méthode de substitution satellite et la méthode du bilan de liaison satellite sont des méthodes pratiques pour les antennes de toutes les tailles, mais en général, ce ne sont pas des méthodes très précises. Elles sont applicables lorsque l'on ne dispose pas de base de mesures dans l'axe de visée et que l'antenne à l'essai n'est pas suffisamment grande pour que la méthode de la radiosource stellaire soit applicable.

La méthode de la radiosource stellaire s'applique aux grandes antennes. La possibilité d'application de cette méthode dépend de la densité de flux de la radiosource stellaire, du gain de l'antenne, de la température de bruit du système et de la visibilité de la radiosource stellaire. Cette méthode est applicable lorsque le facteur Y (rapport entre la puissance reçue provenant de la radiosource stellaire et la puissance de bruit du ciel) est supérieur à 2 dB (voir la CEI 835-3-7). La mesure est effectuée par mesure simultanée du G/T et de la température de bruit du système.

Il existe de petites antennes dont le système d'alimentation comporte un amplificateur faible bruit ou un amplificateur d'émission. Pour ces antennes, on peut utiliser un autre sous-système d'alimentation équivalent pour la mesure. La méthode appropriée est celle du cornet à gain normalisé utilisant une base de mesures.

Les points de référence du sous-système d'antenne où l'on mesure les gains d'émission et de réception doivent être spécifiés. On doit également spécifier les filtres, coupleurs, commutateurs et autres composants de la chaîne de transmission dont les pertes doivent être inclus dans le calcul du gain et dans les mesures.

5.2 Méthode de mesure

5.2.1 Comparaison avec une antenne de gain de référence

5.2.1.1 Considérations générales

La mesure de gain par rapport à l'antenne de gain de référence implique la comparaison du niveau du signal reçu par une antenne de référence et de celui reçu par l'antenne en essai à partir de la même source lointaine de rayonnement (antenne de visée).

Il est préférable que le type de polarisation (par exemple linéaire ou circulaire) de l'antenne source et de l'antenne de gain de référence soit le même que celui de l'antenne à l'essai. Il est toutefois possible d'utiliser une antenne source et/ou une antenne de référence à polarisation linéaire pour les mesures d'une antenne à polarisation circulaire en effectuant des corrections (voir 5.2.1.3).

NOTE – En règle générale, les dimensions physiques et, donc, le gain de l'antenne en essai, sont supérieures à celles de l'antenne de référence.

5 Antenna gain

5.1 General considerations

The antenna gain of a satellite earth station may be measured by one of the following four methods:

- a) comparison with a gain-reference antenna;
- b) satellite substitution method (receive band);
- c) satellite link power method (transmit band);
- d) radio star method.

The comparison with a gain-reference antenna (standard gain-horn method) is applicable if a terrestrial bore-sight range is available. The range shall have sufficient length and sufficiently low ground reflection for the measurement. This method may be carried out when the length of the range is greater than the far-field distance (see 3.18).

The satellite substitution method and satellite link power method are practical and convenient methods for antennas of all sizes, but are in general not very accurate. These methods are applicable when the bore-sight range is not available and when the antenna under test is not large enough for the radio star method.

The radio star method is feasible for large antennas. Practicality of the method depends on the radio star flux density, the antenna gain, system noise temperature and visibility of the radio star. This method is applicable when the Y-factor (the ratio of the received power from the radio star to the sky noise power) is greater than 2 dB (see IEC 835-3-7). The measurement is performed by the simultaneous measurement of G/T and the system noise temperature.

There are some small antennas whose feed includes a non-detachable low noise amplifier or transmit power amplifier. For these antennas, an equivalent alternative feed subsystem can be used for the measurement. The appropriate method is the standard gain-horn method using a terrestrial bore-sight range.

The reference points in the antenna subsystem at which the transmit and receive gains are to be measured or referred shall be specified. Also, the extent of filters, couplers, switches and other components in the transmission line, whose losses are to be included in the gain computation and measurement, should be specified.

5.2 Methods of measurement

5.2.1 Comparison with a gain-reference antenna

5.2.1.1 General considerations

Gain measurement by comparison with a gain-reference antenna involves the comparison of the signal level received by a gain-reference antenna and that received by the antenna under test from the same distant radiating source (bore-sight antenna).

It is preferable that the type of polarization (for example, linear or circular) of the source antenna and the gain-reference antenna is the same as that of the antenna under test. However, it is possible to use a linear polarized source antenna and/or gain-reference antenna for the measurement of a circular polarized antenna with correction (see 5.2.1.3).

NOTE – Generally, the physical dimensions, and hence gain, of the antenna under test are greater than those of the gain-reference antenna.

5.2.1.2 Méthode de mesure

La figure 2 montre le schéma fonctionnel de deux montages équivalents couramment utilisés pour la mesure du gain d'antenne par comparaison de gain.

Le récepteur r.f. est successivement connecté à l'antenne à l'essai et à l'antenne de gain de référence, soit par un câble coaxial flexible terminé par une transition coaxiale/guide d'onde et un isolateur soit par un commutateur en guide d'onde associé à deux tronçons de guide d'onde étalonnés dont les caractéristiques d'affaiblissement ont été mesurées.

Au début de la mesure, les deux antennes, l'antenne de référence et l'antenne à l'essai, doivent être légèrement dépointées d'une fraction de l'angle d'ouverture en azimut ou en site. Les antennes sont alors orientées ou tournées en azimut et/ou en site de part et d'autre du point de puissance maximale du signal puis à nouveau réglée sur ce point afin d'établir la direction de visée en azimut et en site pour chaque antenne qui donne la puissance de réception maximale. Les réglages en azimut et en site de l'antenne de gain de référence et de l'antenne à l'essai sont alors maintenus pendant la durée des mesures. En outre, le réglage exact de la polarisation des antennes devrait être vérifié et, si nécessaire, ajusté pour la puissance de réception maximale.

Etape 1: Connecter l'équipement de réception à l'antenne de gain de référence et noter ou enregistrer la puissance P_r reçue.

Etape 2: Connecter l'équipement de réception à l'antenne à l'essai, augmenter l'affaiblissement de l'atténuateur variable afin de recevoir le même ordre de grandeur de puissance reçue, et noter ou enregistrer la puissance reçue P_a et la différence des valeurs de l'atténuateur variable entre les étapes 1 et 2.

Etape 3: Répéter les étapes 1 et 2 jusqu'à ce qu'un degré acceptable de reproductibilité soit obtenu dans la mesure de P_r et P_a . Le manque de reproductibilité peut être dû à une instabilité de la source d'émission, ou de l'équipement de réception, ou des conditions de propagation sur le trajet du montage d'essai.

Le gain mesuré de l'antenne à l'essai peut être déterminé par la formule générale suivante:

$$G_a \text{ (dB)} = 10 \log \left(\frac{P_a}{P_r} \right) + L_{eq} + G_r \quad (5-1)$$

où

G_a est le gain calculé de l'antenne à l'essai au point de référence du gain;

G_r est le gain de l'antenne de référence;

L_{eq} est la différence entre le réglage de l'atténuateur à l'étape 2 et le réglage de l'atténuateur à l'étape 1 (en règle générale, $L_{eq} > 0$ dB).

NOTES

1 Pour éliminer l'influence des réflexions sur le sol, on notera la puissance reçue par l'antenne de référence à différentes hauteurs par rapport au sol. Les interférences dues aux réflexions sur le sol de l'onde directe reçue provoquent des variations à peu près périodiques du niveau en fonction de la hauteur. La valeur de la variation de la hauteur de l'antenne de référence sera suffisante pour que l'on enregistre une ou plusieurs oscillations. (On recommande l'utilisation d'un dispositif séparé pour le déplacement précis de l'antenne de gain de référence.) On déterminera le niveau moyen reçu par l'antenne de gain de référence et on utilisera cette valeur pour le calcul du gain. Avec un bon site d'essai, les variations crête-à-crête du niveau peuvent être inférieures à 0,4 dB.

2 On utilise en général un balayage en fréquence pour la mesure de P_r et P_a en fonction de la fréquence. Toutefois, dans le cas d'une mesure à fréquence fixe, il sera plus facile de régler P_a pour obtenir exactement la même valeur que P_r , ce qui simplifie l'équation précédente et, par conséquent, le calcul de G_a .

5.2.1.2 Method of measurement

Figure 2 shows the block diagrams of two similar arrangements commonly used for the measurement of the antenna gain-by-gain comparison.

The r.f. receiver is successively connected to the antenna under test and to the gain-reference antenna, using either a flexible coaxial cable terminated by a coaxial-to-waveguide transition and an isolator or by a waveguide switch associated with two waveguide runs with known losses.

At the beginning of the measurement, both antennas, the gain-reference antenna and the antenna under test, shall be slightly de-pointed by a fraction of a beamwidth alternately in azimuth and elevation. The antennas are then panned or rotated in azimuth and/or elevation, through the point of maximum signal strength and then reset to that point in order to establish the bore-sight direction in azimuth and elevation for each antenna in turn for maximum received power. The azimuth and elevation settings of both the gain-reference antenna and the antenna under test are then maintained for the duration of the measurements. In addition, the exact polarization of the antennas should be checked and, if necessary, adjusted for maximum receive level.

Step 1: Connect the receiving equipment to the gain-reference antenna and note or record the indicated received power, P_r .

Step 2: Connect the receiving equipment to the antenna under test, increase the attenuation of the variable attenuator in order to receive the same order of magnitude of indicated received power, and note or record the received power, P_a , and the difference in the variable attenuator readings recorded in steps 1 and 2.

Step 3: Repeat steps 1 and 2 until an acceptable repeatability is achieved in the measurement of P_r and P_a . Lack of repeatability may be due to instability in the transmitting source, or in the receiving equipment, or in the test-range propagation path conditions.

The gain of the antenna under test can then be calculated by the following general expression:

$$G_a \text{ (dB)} = 10 \log \left(\frac{P_a}{P_r} \right) + L_{eq} + G_r \quad (5-1)$$

where

G_a is the calculated gain of the antenna under test at the gain-reference point;

G_r is the gain of the gain-reference antenna;

L_{eq} is the difference between the attenuator reading in step 2 and the reading in step 1 (generally, $L_{eq} > 0$ dB).

NOTES

1 To eliminate the influence of ground reflections, the power received by the gain-reference antenna should be recorded for different heights of the gain-reference antenna above ground. Interference of the ground reflections with the directly received wave cause a nearly periodic level variation with height. The amount of the variation of the gain-reference antenna height should be large enough to record one or more of these oscillations. (A separate construction for accurate moving of the gain-reference antenna is recommended.) The average level received by the gain reference antenna should be determined and used for the gain calculation. For a good test range, the peak-to-peak level variation with height may be less than 0,4 dB.

2 Most often, a swept-frequency measurement is used to measure P_r and P_a as a function of frequency. However, in the case of a fixed frequency measurement there will be less difficulty in adjusting P_a to exactly the same value as P_r which will then simplify the above equation and hence calculation of G_a .

5.2.1.3 *Correction pour une antenne à polarisation circulaire mesurée à l'aide d'une source et/ou d'une antenne de référence à polarisation linéaire*

Cas 1: Pour une antenne à l'essai ayant un bon rapport axial

Lorsque le rapport axial de l'antenne à l'essai est inférieur à 2 dB environ, les corrections simples décrites ci-dessous peuvent être appliquées:

a) antenne source à polarisation linéaire et antenne de référence à polarisation linéaire.

Le gain mesuré de l'antenne à l'essai est inférieur de 3 dB au gain réel. On doit donc ajouter 3 dB au gain mesuré.

b) antenne source à polarisation circulaire et antenne de référence à polarisation linéaire.

Le niveau reçu par l'antenne de gain de référence est inférieur de 3 dB à celui d'une antenne à polarisation circulaire de même gain. On doit donc soustraire 3 dB au gain mesuré.

NOTE – Lorsque l'on utilise une antenne de gain de référence à polarisation circulaire, aucune correction n'est nécessaire.

Cas 2: Pour une antenne à l'essai avec un mauvais rapport axial utilisant une antenne source à polarisation linéaire

Mesurer d'abord le gain de l'antenne G_0 (dB) avec un angle de polarisation de l'antenne source. Tourner ensuite l'angle de polarisation de l'antenne source de 90° et mesurer de nouveau le gain de l'antenne G_{90} (dB). Appliquer la même correction qu'en 1 a) si une antenne de gain de référence à polarisation linéaire est utilisée. Le gain de l'antenne, G , est alors défini par:

$$G = 10 \log \frac{10^{\left(\frac{G_0}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{G_{90}}{10}\right)}}{2} \quad (\text{dB}) \quad (5-2)$$

NOTE – Lorsque l'on utilise une antenne source à polarisation circulaire, aucune correction n'est nécessaire, à part celle du cas 1 b) ci-dessus.

5.2.1.4 *Précision de la mesure du gain*

Comme cette méthode ne suppose que la comparaison entre deux antennes, la précision absolue du dispositif de mesure de la puissance n'est pas importante.

Pour minimiser les erreurs dues aux différences de gain entre les équipements de réception et les autres équipements électroniques actifs, par exemple les enregistreurs utilisés lors des mesures, on utilise en général le même jeu d'équipements électroniques de réception, d'enregistreurs, etc. pour les mesures avec l'antenne de référence et avec l'antenne en essai. On doit faire attention à minimiser les erreurs dues aux dérives de gain des équipements électroniques de réception, des enregistreurs, etc. ainsi que celles dues aux variations de puissance de sortie et de fréquence de la source d'émission. L'intervalle entre les mesures doit être aussi court que possible afin d'éviter les effets de ces variations.

Pour minimiser les erreurs de non-linéarité dues aux détecteurs de signal, aux équipements électroniques de réception, aux enregistreurs, etc. qui sont utilisés pour la réception et l'enregistrement de signaux à des niveaux très différents, il est souhaitable d'atténuer à l'aide d'un atténuateur calibré le signal reçu par l'antenne à l'essai qui est généralement plus grande afin d'obtenir le même niveau qu'avec l'antenne de référence qui est généralement plus petite.

5.2.1.3 *Correction for a circularly polarized antenna measured by using a linearly polarized source and/or gain-reference antenna*

Case 1: For an antenna under test with a good axial ratio

When the axial ratio of the antenna under test is less than about 2 dB, simple corrections described below can be applied:

- a) a linearly polarized source antenna and a linearly polarized gain-reference antenna.
The measured gain of the antenna under test is 3 dB lower than the actual gain. Therefore, 3 dB shall be added to the measured gain.
- b) a circularly polarized source antenna and a linearly polarized gain-reference antenna.

The received level by the gain-reference antenna is 3 dB lower than by a circularly polarized antenna of the same gain. Therefore, 3 dB shall be subtracted from the measured gain.

NOTE – When a circularly polarized gain-reference antenna is used, no correction is necessary.

Case 2: For an antenna under test with a poor axial ratio using a linearly polarized source antenna

Firstly measure the antenna gain, G_0 (dB), with an appropriate polarization angle of the source antenna. Then rotate the polarization angle of the source antenna by 90° and measure the antenna gain, G_{90} (dB), again. Apply the same correction as for case 1 a) if a linear polarized gain-reference antenna is used. Then the antenna gain, G , can be derived as:

$$G = 10 \log \frac{10^{\left(\frac{G_0}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{G_{90}}{10}\right)}}{2} \quad (\text{dB}) \quad (5-2)$$

NOTE – When a circularly polarized source antenna is used, no correction is necessary other than the same correction as for case 1 b) above.

5.2.1.4 *Gain measurement accuracy*

As this method involves only a comparison between two antennas, the absolute accuracy of the power-meter used is not important.

To minimize the errors associated with gain differences between the receiving equipment and other active electronic equipment, for example recorders, involved in the measurements, a single common set of receiving electronic equipment, recorders, etc. is normally used for both measurements with the gain-reference antenna and with the antenna under test. Care shall also be taken to minimize errors associated with gain drift in the receiving electronic equipment, recorders etc., as well as changes of power output and frequency of the transmitting source. The time between measurements shall be as short as possible to avoid the effects of such variation.

To minimize the non-linearity errors associated with the signal detectors, electronic receiving equipment, recorders, etc. which are used to receive and record signals at widely different levels, it is desirable to reduce the received signal level of the generally larger antenna under test to the same level as that received by the smaller gain-reference antenna by using a calibrated attenuator.

Il est important de déterminer au préalable la linéarité du récepteur dans l'ensemble de la gamme des niveaux de signaux que l'on peut recevoir au cours des mesures.

Pour minimiser les erreurs dues à la non-uniformité du champ d'illumination, l'antenne de référence et l'antenne en essai doivent être situées aussi près l'une de l'autre que possible.

On doit faire attention à ce que les effets de la structure de l'antenne à l'essai, qui peut être de taille importante, ne modifient pas de manière sensible les caractéristiques de l'antenne de référence.

Dans le cas où le champ incident illuminant l'antenne à l'essai diffère de manière significative d'une onde plane, amplitude et phase uniforme, un facteur de correction du transfert de puissance est également nécessaire pour chaque antenne afin de déterminer avec précision le gain de l'antenne en essai.

Les autres causes d'erreur sont les suivantes:

- imprécision de l'étalonnage de l'antenne de référence et de l'atténuateur variable;
- augmentation ou diminution des pertes sur le trajet du site d'essai à cause des effets de la propagation en y incluant l'influence de l'environnement;
- rapport signal sur bruit insuffisant;
- erreurs dans l'observation des mesures;
- réflexions sur le sol et/ou autres réflexions.

5.2.2 Méthode de substitution de satellite (bande de réception)

Le principe de cette technique de mesure consiste à comparer le niveau du signal reçu par l'amplificateur faible bruit (AFB) à partir d'un satellite avec celui d'une source connue injectée à l'entrée du même AFB (voir figure 3).

Au cours de la première étape, une porteuse non modulée est transmise vers le satellite à partir de la station de surveillance du système de satellite (SSS) (ou à partir de l'antenne en essai en coordination avec la SSS). La PIRE de la voie descendante pour le signal provenant du satellite est mesurée par la SSS. Dans la direction de l'antenne en essai, le bilan de liaison descendant est le suivant:

$$\text{PIRE} - L - a + G = P \quad (5-3)$$

où

- PIRE** est la puissance isotrope rayonnée équivalente de l'antenne du satellite (dBW) dans la direction du maximum de rayonnement de l'antenne satellite;
- L** est l'affaiblissement de transmission du trajet descendant entre le satellite et l'antenne en essai (dB) (y compris les pertes d'absorption atmosphérique, le cas échéant);
- a** est la différence entre le diagramme d'illumination maximal ou «empreinte» sur la surface terrestre et l'illumination réelle dans la direction de la station terrienne (dB);
- G** est le gain de l'antenne en essai (dB);
- P** est le niveau de puissance au point de référence pour le gain de l'antenne (dBW) (c'est-à-dire à l'entrée de l'AFB).

It is essential to establish the linearity of the receiver over the whole range of signal levels likely to be received during the measurements.

To minimize any errors associated with non-uniformities in the illuminating field, the gain-reference antenna and the antenna under test shall be located as close to each other as possible.

Care shall be taken to ensure that the effect of the structure associated with the antenna under test, which may be large, does not significantly alter the characteristics of the gain-reference antenna.

In cases where the incident field illuminating the aperture of the antenna under test departs significantly from a plane wave front having uniform amplitude and phase, a power transfer correction factor for each antenna is also required in order to accurately establish the gain of the antenna under test.

Other causes of error are as follows:

- the inaccuracy of calibration of the gain-reference antenna and of the variable attenuator;
- an increase or decrease of the test-range path loss, due to propagation effects, including environmental influences;
- an insufficient signal-to-noise ratio;
- measurement observation errors;
- ground and/or other reflections.

5.2.2 *Satellite substitution method (receive band)*

The principle of this measurement technique is to compare the signal level received by the low noise amplifier (LNA) from the satellite with that of a known source injected at the input of the same LNA (see figure 3).

In the first step, an unmodulated carrier is transmitted to the satellite from the satellite system monitoring station (SSM) (or from the antenna under test in coordination with the SSM). The downlink EIRP of the signal from the satellite is measured by the SSM. In the direction of the antenna under test, the downlink power relationship is:

$$\text{EIRP} - L - a + G = P \quad (5-3)$$

where

- EIRP** is the effective isotropically radiated power of the satellite antenna (dBW) into the direction of the maximum of the satellite illumination pattern;
- L** is the downlink path loss from the satellite to the antenna under test (dB) (including atmospheric absorption loss, if necessary);
- a** is the difference between the maximum of the satellite illumination pattern or "footprint" on the earth and the actual illumination into the direction of the earth station (dB);
- G** is the gain of the antenna under test (dB);
- P** is the power level at the gain-reference point of the antenna (dBW) (that is input to the LNA).

Le niveau de puissance P_0 à la sortie de l'AFB est affiché sur un analyseur de spectre et noté. On arrête ensuite l'émission provenant du satellite et on injecte une porteuse non modulée provenant d'un générateur de signal à l'aide d'un coupleur à guides croisés à l'entrée de l'AFB. On règle le niveau du signal de telle sorte que le niveau de puissance à la sortie de l'AFB soit égal à P_0 . On note la puissance de sortie du générateur de signal.

Ensuite:

$$P_{\text{gén}} - \alpha = P \quad (5-4)$$

où

$P_{\text{gén}}$ est la puissance de sortie du générateur de signal réglée à l'aide d'un atténuateur de précision (dBW);

α est le facteur de couplage des guides croisés rapporté au point de référence de mesure du gain (dB);

P est le niveau de puissance équivalent au point de référence de gain de l'antenne égal à celui mesuré lors de la réception du signal du satellite (dBW).

On calcule alors, par substitution, le gain de l'antenne à l'essai au moyen de la formule suivante:

$$G = (P_{\text{gén}} - \alpha) - (\text{PIRE} - L - a) \quad (5-5)$$

où

$P_{\text{gén}}$ et PIRE sont les valeurs mesurées et où les valeurs des autres paramètres ont été déterminées à partir de mesures précédentes ou du calcul.

La précision de la mesure dépend principalement de celle de la PIRE du satellite qui est mesurée par la SSS. L'erreur totale est en général de l'ordre de 1 dB à 2 dB.

Lors de cette mesure, la polarisation de l'antenne du satellite et celle de l'antenne à l'essai doivent être alignées dans le cas d'une polarisation linéaire. L'erreur due à un défaut d'alignement de l'angle de polarisation de l'ordre de 8° par exemple est d'environ 0,08 dB.

5.2.3 Méthode du bilan de puissance de la liaison avec le satellite (bande d'émission)

La mesure du gain de l'antenne dans la bande d'émission (voir figure 4) repose sur la connaissance du gain de l'antenne de la station de référence de surveillance du système satellite (SSS).

Lors de la première étape de la mesure, la SSS transmet une porteuse non modulée avec une PIRE inférieure au niveau de saturation du répéteur du satellite. Le bilan de puissance de la liaison montante est le suivant:

$$G_m + P_m - L_m - a_m = S_m \quad (5-6)$$

où

G_m est le gain de l'antenne (dB);

P_m est la puissance de la liaison montante mesurée au point de référence de gain de l'antenne (dBW);

L_m est l'affaiblissement de propagation de la liaison montante entre la station terrienne et le satellite (dB), (y compris les pertes d'absorption atmosphérique, le cas échéant);

a_m est la différence entre le maximum du diagramme d'illumination du satellite ou «empreinte» sur la surface terrestre et l'illumination réelle dans la direction de la station terrienne;

S_m est la puissance du signal arrivant au satellite (dBW).

The power level P_0 at the LNA output is displayed on a spectrum analyzer and recorded. Then the transmission from the satellite is stopped, and an unmodulated carrier from a signal generator is injected by means of a cross-guide coupler at the input to the LNA. The signal level is adjusted so that the power level at the output of the LNA is equal to P_0 . The output power of the signal generator is recorded.

Now:

$$P_{\text{gen}} - \alpha = P \quad (5-4)$$

where

P_{gen} is the output power of the signal generator adjusted by a precision attenuator (dBW);

α is the cross-guide coupling factor referenced to the antenna gain-reference point (dB);

P is the equivalent power level at the antenna gain-reference point equal to that measured while looking at the satellite signal (dBW).

Then, by substitution, the gain of the antenna under test is calculated from the following formula:

$$G = (P_{\text{gen}} - \alpha) - (\text{EIRP} - L - a) \quad (5-5)$$

where

P_{gen} and EIRP are measured values and the values of the other parameters are known from previous measurements or calculation.

The measurement accuracy depends mainly on that of the satellite EIRP, which is measured at the SSM. The total error may be typically of the order of 1 dB to 2 dB.

In this measurement, the polarization of the satellite antenna and that of the antenna under test shall be aligned in case of linear polarization. The error due to a misalignment of the polarization angle of 8° , for example, is approximately 0,08 dB.

5.2.3 Satellite link power method (transmit band)

The measurement of transmit band antenna gain (see figure 4) relies on a knowledge of the antenna gain of the reference satellite system monitoring station (SSM).

In the first step of the measurement, the SSM transmits an unmodulated carrier with EIRP which is below the saturation of the operating satellite transponder. The uplink power relationship is:

$$G_m + P_m - L_m - a_m = S_m \quad (5-6)$$

where

G_m is the antenna gain (dB);

P_m is the uplink power measured at the gain-reference point of the antenna (dBW);

L_m is the uplink path loss from the earth station to the satellite (dB) (including atmospheric absorption loss, if necessary);

a_m is the difference between the maximum of the satellite illumination pattern or "foot-print" on the earth and the actual illumination in the direction of the earth station;

S_m is the power of the signal arriving at the satellite (dBW).

L'indice «m» fait référence à la SSS. La SSS note la puissance d'émission P_m .

Dans ces conditions, le satellite génère une certaine PIRE. La SSS mesure le niveau de puissance de la liaison descendante P_{SSS} qui correspond au retour de son propre signal émis sur la liaison montante. L'antenne à l'essai émet ensuite une porteuse non modulée avec une PIRE telle que la SSS mesure la même valeur de P_{SSS} qu'auparavant. Dans ce cas, le bilan de liaison de la liaison montante est:

$$G_t + P_t - L_t - a_t = S_t = S_m \quad (5-7)$$

où

l'indice «t» fait référence à l'antenne à l'essai. On note la puissance d'émission de l'antenne à l'essai, P_t .

D'après ce qui précède, le gain de l'antenne à l'essai peut être calculé par:

$$G_t = (G_m + P_m) + (L_t - L_m) + (a_t - a_m) - P_t \quad (5-8)$$

où

P_m et P_t sont des valeurs mesurées et où les valeurs des autres paramètres ont été déterminées à partir de mesures précédentes ou du calcul.

La précision de la mesure dépend principalement de celle du gain de l'antenne de la SSS et de celle de la puissance d'émission de l'antenne de la SSS et de l'antenne à l'essai. L'erreur totale est en général de l'ordre de 1 dB à 2 dB.

Lors de cette mesure, la polarisation de l'antenne du satellite et celle de l'antenne à l'essai doivent être alignées dans le cas de polarisation linéaire. L'erreur due à un défaut d'alignement des polarisations de l'ordre de 8° par exemple est d'environ 0,08 dB.

5.2.4 Méthode de la radiosource stellaire

La mesure du gain à l'aide d'une radiosource stellaire est effectuée par la mesure de G/T et de la température de bruit du système au même point de référence de l'antenne. Le gain de l'antenne est calculé à partir de l'équation suivante:

$$G = (G/T) + 10 \log T_s \quad (5-9)$$

où

G est le gain de l'antenne à l'essai (dB);

G/T est le facteur de mérite en réception mesuré par la méthode de la radiosource stellaire (dB/K);

T_s est la température de bruit du système mesurée (K).

Les méthodes de mesure de la température de bruit du système et de G/T sont décrites respectivement aux articles 8 et 9.

5.3 Présentation des résultats

Le gain de l'antenne au point de référence du gain, pour les fréquences et les polarisations spécifiées, doit être exprimé en décibels par rapport à une source isotrope. Il est préférable d'effectuer les mesures pour au moins trois fréquences dans la bande de fréquence spécifiée et de représenter graphiquement le gain en fonction de la fréquence.

Subscript "m" refers to the SSM. The SSM records the transmit power, P_m .

Under these conditions, the satellite will generate a certain EIRP. The SSM measures the downlink power level, P_{SSM} , of the loop-back of its own uplink signal. The antenna under test then transmits an unmodulated carrier with an EIRP for which the SSM measures the same value of P_{SSM} as before. For this, the uplink power relationship is:

$$G_t + P_t - L_t - a_t = S_t = S_m \quad (5-7)$$

where

subscript "t" refers to the antenna under test. The transmit power from the antenna under test, P_t , is recorded.

From the above, the gain of the antenna under test can be calculated as:

$$G_t = (G_m + P_m) + (L_t - L_m) + (a_t - a_m) - P_t \quad (5-8)$$

where

P_m and P_t are measured values and the values of the other parameters are known (from previous measurements or calculation).

The measurement accuracy mainly depends on that of the antenna gain of the SSM and the measurement accuracy of the transmit power from the SSM antenna and the antenna under test. The error is typically of the order of 1 dB to 2 dB.

In this measurement, the polarization of the satellite antenna and that of the antenna under test shall be aligned in case of linear polarization. The error due to a misalignment of the polarization angle of 8°, for example, is approximately 0,08 dB.

5.2.4 Radio star method

The gain measurement using a radio star is performed by a measurement of G/T and the system noise temperature at the same reference point of the antenna. The antenna gain is calculated by the following equation:

$$G = (G/T) + 10 \log T_s \quad (5-9)$$

where

G is the gain of the antenna under test (dB);

G/T is the receive figure of merit measured by the radio star method (dB/K);

T_s is the measured system noise temperature (K).

The measurements of the system noise temperature and G/T are described in clauses 8 and 9, respectively.

5.3 Presentation of results

The antenna gain at the gain-reference point shall be expressed in decibels relative to an isotropic source for the specified frequencies and polarizations. It is preferable to perform the measurements at least at three frequencies within the specified frequency band and to represent the frequency dependence of the gain graphically.