NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI IEC 60510-3-2

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Troisième partie: Méthodes de mesure applicables aux combinaisons de sous-ensembles

Section deux – Mesure du facteur de qualité (*G/T*) du système de réception dans la gamme de 4 GHz à 6 GHz

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 3: Methods of measurement for combinations of sub-systems

Section Two – Measurement of the figure of merit (*G/T*) of the receiving system in the 4 GHz to 6 GHz range



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60510-3-2: 1980

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

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

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

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-3-2

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Troisième partie: Méthodes de mesure applicables aux combinaisons de sous-ensembles

Section deux – Mesure du facteur de qualité (*G/T*) du système de réception dans la gamme de 4 GHz à 6 GHz

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 3: Methods of measurement for combinations of sub-systems

Section Two – Measurement of the figure of merit (*G/T*) of the receiving system in the 4 GHz to 6 GHz range

© IEC 1980 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE N

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

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

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

SECTION DEUX — MESURE DU FACTEUR DE QUALITÉ (G/T) DU SYSTÈME DE RÉCEPTION DANS LA GAMME DE 4 GHz À 6 GHz

Articles

1. Domaine d'application 6

2. Définitions 6

   2.1 Facteur de qualité (G/T) 6
   2.2 Radiosource stellaire 6
   2.3 Atmosphère normalisée 8

3. Considérations générales 8

4. Mesure de G/T utilisant des radiosources stellaires étalonnées 8

   4.1 Expression analytique de G/T en fonction du facteur Y 8
   4.2 Choix de la radiosource 12
   4.3 Technique de pointage 14
   4.4 Méthode de mesure 14
   4.5 Analyse de l'erreur 16
   4.6 Présentation des résultats 18
   4.7 Détails à spécifier 18

5. Détermination de G/T par la méthode indirecte 18

6. Références 18

ANNEXE A — Caractéristiques des principales radiosources stellaires 20

FIGURES 24

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

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

SECTION TWO — MEASUREMENT OF THE FIGURE OF MERIT (G/T) OF THE RECEIVING SYSTEM IN THE 4 GHz TO 6 GHz RANGE

Clause

1. Scope 7

2. Definitions 7

   2.1 Figure of merit (G/T) 7
   2.2 Radio star 7
   2.3 Standard atmosphere 9

3. General considerations 9

4. Measurements of G/T using calibrated radio stars 9

   4.1 Analytical expression of G/T as a function of Y-factor 9
   4.2 Choice of the radio star 13
   4.3 Pointing technique 15
   4.4 Method of measurement 15
   4.5 Error analysis 17
   4.6 Presentation of results 19
   4.7 Details to be specified 19

5. Determination of G/T by the indirect method 19

6. References 19

APPENDIX A — Characteristics of the principal radio stars 21

FIGURES 24

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE POUR LES ÉQUIPEMENTS RADIOÉLECTRIQUES UTILISÉS DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES

Troisième partie: Méthodes de mesure applicables aux combinaisons de sous-ensembles

Section Deux — Mesure du facteur de qualité (*G/T*) du système de réception dans la gamme de 4 GHz à 6 GHz

PRÉAMBULE

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

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

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 12E: Systèmes pour hyperfréquences, du Comité d'Etudes N° 12 de la CEI: Radiocommunications.

Un projet pour cette section deux fut discuté lors de la réunion tenue à Berlin en 1973. A la suite de cette réunion, le document 12E(Bureau Central)24 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	France	Roumanie
Allemagne	Italie	Royaume-Uni
Belgique	Japon	Suède
Canada	Pays-Bas	Suisse
Danemark	Pologne	Turquie
Etats-Unis d'Amérique		

A la suite de quoi, un autre document, 12E(Bureau Central)57, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1977. Les modifications proposées se trouvent dans les paragraphes 4.2 et 4.5.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Canada	Pologne
Allemagne	Danemark	Royaume-Uni
Australie	Egypte	Suède
Autriche	Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Belgique	France	

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 3: Methods of measurement for combinations of sub-systems

Section Two: Measurement of the figure of merit (*G/T*) of the receiving system in the 4 GHz to 6 GHz range

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 12E: Microwave Systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

A draft of this Section Two was discussed at the meeting held in Berlin in 1973. As a result of this meeting, Document 12E(Central Office)24 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Japan	Sweden
Canada	Netherlands	Switzerland
Denmark	Poland	Turkey
France	Romania	United Kingdom
Germany	South Africa (Republic of)	United States of America
Italy		

Following this, Document 12E(Central Office)57 was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1977. The proposed amendments are reflected in Sub-clauses 4.2 and 4.5.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Egypt	Sweden
Austria	France	Turkey
Belgium	Germany	United Kingdom
Canada	Poland	United States of America
Denmark	South Africa (Republic of)	

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

MÉTHODES DE MESURE POUR LES ÉQUIPEMENTS RADIOÉLECTRIQUES UTILISÉS DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES

Troisième partie: Méthodes de mesure applicables aux combinaisons de sous-ensembles

---

SECTION DEUX — MESURE DU FACTEUR DE QUALITÉ (*G/T*) DU SYSTÈME DE RÉCEPTION DANS LA GAMME DE 4 GHz À 6 GHz

1. Domaine d'application

Cette norme donne des méthodes pour la mesure du facteur de qualité (*G/T*) du système de réception d'une station terrienne dans le cas de systèmes dans la gamme de 4 GHz à 6 GHz. Une méthode qui utilise des radiosources stellaires ayant une densité de flux connue à l'emplacement de la station terrienne tient compte de l'erreur causée par des paramètres divers. Une méthode indirecte est aussi donnée.

2. Définitions

2.1 *Facteur de qualité (G/T)*

Le facteur de qualité (*G/T*) du système de réception d'une station terrienne est le rapport du gain de l'antenne de réception à la température de bruit du système, tous deux étant rapportés à la bride de sortie du sous-ensemble antenne. Le *G/T* est habituellement exprimé comme suit:

$$G/T = 10 \log_{10} \frac{\text{gain de l'antenne en puissance}}{\text{température de bruit du système (K)}} \leftrightarrow, \text{dB/K} \qquad (1)$$

Le (*G/T*) peut être rapporté à un autre point du système de réception, par exemple à la bride d'entrée de l'amplificateur à faible bruit. Dans ce cas, le gain et la température de bruit doivent tous deux être évalués en ce point. Le rapport *G/T* restera toutefois inchangé.

La température de bruit du système de réception comporte aussi des contributions dues à des sections du récepteur situées en aval du point de mesure.

Note. — Lorsqu'on mesure le *G/T*, l'émetteur doit fonctionner à sa puissance nominale maximale. Si le fonctionnement de l'émetteur dégrade le *G/T* du récepteur, c'est la valeur ainsi dégradée qui doit être indiquée dans la présentation des résultats.

2.2 *Radiosource stellaire*

Une radiosource stellaire est une source cosmique de bruit en hyperfréquence. Il existe quatre radiosources stellaires, dont les caractéristiques sont connues avec une précision suffisante pour permettre leur utilisation dans la mesure du *G/T*. Ce sont: Cassiopée A, Taureau A, Cygne A et Orion A. Leurs caractéristiques sont indiquées à l'annexe A.

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

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 3: Methods of measurement for combinations of sub-systems

---

SECTION TWO: MEASUREMENT OF THE FIGURE OF MERIT (G/T) OF THE RECEIVING SYSTEM IN THE 4 GHz TO 6 GHz RANGE

1. Scope

This standard gives methods for measuring the figure of merit (G/T) of earth station receiving systems operating in the 4 GHz to 6 GHz range. One method, using stars having known flux densities at the site of the earth station, takes into account the error caused by various parameters. An indirect method is also given.

2. Definitions

2.1 *Figure of merit (G/T)*

The figure of merit (G/T) of an earth station receiving system is the ratio of the receiving antenna gain to the system noise temperature referred to the output flange of the antenna sub-system. The ratio G/T usually is expressed as follows:

$$G/T = 10 \log_{10} \frac{\text{antenna power gain}}{\text{system noise temperature (K)}} \leftrightarrow, \text{dB/K} \qquad (1)$$

The G/T also may be referred to another point of the receiving system, e.g. the low-noise amplifier input port. In this case, both the gain and the noise temperature needs to be evaluated at this point; the G/T ratio, however, will remain unchanged.

The receiving system noise temperature also includes contributions from the sections of the receiving system following the measurement point.

Note. — When the G/T is measured, the transmitter should be in operation at the maximum rated power. If the operation of the transmitter degrades the receiver G/T, it is the degraded value which should be given in the presentation of results.

2.2 *Radio star*

A radio star is a cosmic source of noise power at microwave frequencies. Four radio stars, Cassiopeia A, Taurus A, Cygnus A and Orion A, have characteristics which are known with sufficient accuracy to permit their use for the measurement of G/T. The characteristics are shown in Appendix A.

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

2.3 *Atmosphère normalisée*

L'atmosphère normalisée de référence, définie par la Publication 160 de la CEI: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures, a les caractéristiques suivantes:

Température	20 °C
Humidité relative	65%
Pression atmosphérique	$1{,}013 \times 10^5$ Pa (1 013 mbar)

3. Considérations générales

Le facteur de qualité d'une station terrienne, le G/T, est la caractéristique critique pour obtenir le rapport porteuse à bruit à l'entrée du démodulateur à partir d'une puissance surfacique spécifiée à la surface de la terre, due à l'émission du satellite. Il est donc nécessaire de déterminer le G/T avec la précision maximale.

Il y a deux méthodes principales pour déterminer G/T: la méthode directe et la méthode indirecte. La première fournit une mesure directe de G/T à l'aide d'une radiosource stellaire. La seconde est basée sur des mesures indépendantes du gain de l'antenne de réception et de la température de bruit du système.

Pour les antennes de grand diamètre, la méthode directe est généralement recommandée car elle permet d'obtenir la précision maximale. Ce point sera discuté en détail plus loin.

Quand l'antenne a des possibilités limitées d'orientation, ou est installée en un lieu n'offrant pas une bonne visibilité des sources stellaires connues pour tous les angles spécifiés, la méthode indirecte devra être employée.

Les conditions dans lesquelles la valeur spécifiée du G/T doit être obtenue sont, habituellement, les suivantes:

a) sous divers angles de site allant de 5° jusqu'à un angle maximal spécifié pour le fonctionnement de la station terrienne;
b) aux fréquences situées au milieu et près des bords de la bande de réception;
c) pour toutes les polarisations spécifiées;
d) dans des conditions de ciel clair;
e) sous un vent faible.

4. Mesure de G/T utilisant des radiosources stellaires étalonnées

4.1 *Expression analytique de G/T en fonction du facteur Y*

Il est connu qu'une radiosource stellaire émet une puissance de bruit en hyperfréquences. Donc, quand l'antenne de réception d'une station terrienne est pointée sur une radiosource stellaire, la puissance de bruit reçue par l'antenne augmente de:

$$P_s = \frac{S \cdot A \cdot B}{2} = \frac{s \cdot \lambda^2 \cdot G \cdot B}{8\pi} \text{ (watts)} \qquad (2)$$

où:

P_s est l'augmentation de la puissance de bruit en watts quand l'antenne est pointée sur une radiosource stellaire
S est la puissance surfacique produite par la radiosource en W $m^{-2}Hz^{-1}$, à la fréquence de mesure
A est la surface effective de l'antenne de réception, en mètres carrés
B est la bande de bruit de récepteur, en Hz
G est le gain en réception de l'antenne à la fréquence spécifiée
λ est la longueur d'onde, en mètres

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

2.3 *Standard atmosphere*

The standard reference atmosphere as defined by IEC Publication 160: Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes, is:

Temperature	20 °C
Relative humidity	65%
Air pressure	1.013×10^5 Pa (1 013 mbar)

3. General considerations

The figure of merit G/T, is the critical earth station parameter for obtaining the carrier-to-noise ratio at the demodulator input for a specified flux density at the surface of the earth due to a satellite transmission. It is necessary therefore to determine the G/T of the receiving system with the maximum accuracy.

There are two principal methods for determining G/T — namely the direct method and the indirect method. The first is the direct measurement of G/T using a radio star. The second is based on independent measurements of receiver antenna gain and system noise temperature.

For large antennas, the direct method of measurement is generally recommended since it provides the maximum accuracy: this will be discussed in detail later.

When the antenna has limited steering ability or is located unfavourably with respect to good visibility of the known radio stars for all specified angles, the indirect method must be employed.

It is customary to obtain the specified G/T under the following conditions:

a) at various elevation angles from 5° to the maximum specified operating angle;

b) for receive mid-band frequencies and near for band-edge frequencies;
c) for all specified polarizations;
d) under clear sky conditions;
e) in light wind.

4. Measurements of G/T using calibrated radio stars

4.1 *Analytical expression of G/T as a function of Y-factor*

It is well known that a radio star emits noise power at microwave frequencies. When the receiving antenna of an earth station is pointed at a radio star, the noise power received by the antenna increases by:

$$P_s = \frac{S \cdot A \cdot B}{2} = \frac{s \cdot \lambda^2 \cdot G \cdot B}{8\pi} \text{ (watts)} \qquad (2)$$

where:

P_s is the noise power increase in watts when the antenna is pointed at a radio star
S is the spectral power flux density of the radio source in $W\,m^{-2}Hz^{-1}$ at the frequency of measurement
A is the effective area of the receiving antenna in square metres
B is the receiver noise bandwidth in Hz
G is the receive gain of the antenna at the specified frequency
λ is the wavelength in metres

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

Le facteur 2, qui apparaît dans cette expression, vient de ce que le système de réception a une polarisation déterminée tandis que la polarisation de la radiosource est généralement aléatoire. L'équation n'est valable que pour une radiosource ponctuelle émettant à travers une atmosphère n'introduisant pas d'affaiblissement. En pratique, aucune de ces deux conditions n'est remplie et l'équation (2) ci-dessus doit être corrigée comme suit:

$$P_s = \frac{S \cdot \lambda^2 \cdot G \cdot B}{8\pi \cdot K_1 \cdot K_2} \tag{3}$$

où:

$K_1 > 1$ est un facteur de correction qui tient compte de l'affaiblissement atmosphérique
$K_2 \geqslant 1$ est le facteur de correction lié à l'étendue angulaire de la radiosource

Si P_{tot} est la puissance totale de bruit disponible quand l'antenne est pointée sur la source cosmique, et P_n la puissance de bruit disponible quand l'antenne est pointée sur le fond du ciel sous le même angle de site, on peut alors écrire:

$$P_s = P_{tot} - P_n \tag{4}$$

où:

$P_n = k \cdot T \cdot B$
T est la température de bruit du système de réception, y compris la température du bruit céleste

Des équations précédentes, on tire:

$$G/T = \frac{8\pi \cdot k \cdot K_1 \cdot K_2}{S \cdot \lambda^2} (Y-1) \tag{5}$$

où k est la constante de Boltzmann, $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ (J/K)

Le facteur Y est le rapport de la puissance de bruit reçue quand l'antenne est pointée sur la source cosmique, à la puissance reçue quand l'antenne est pointée sur le fond du ciel, sous le même angle de site. Tous les autres paramètres ont déjà été définis dans les équations précédentes.

Cette méthode présente un avantage fondamental sur celle qui détermine G/T à partir de mesures séparées de G et de T, à savoir: le rapport Y est déterminé par une seule mesure relative, au lieu de deux mesures absolues. Ainsi la valeur de G/T est obtenue avec une meilleure précision.

Le facteur de correction pour l'affaiblissement atmosphérique, K_1, est fonction de l'angle de site de l'antenne, de la fréquence de réception, de l'altitude de l'antenne au-dessus du niveau de la mer, de la température et de la densité atmosphérique et, enfin, de l'humidité.

La valeur du facteur K_1, à utiliser dans l'équation (5), peut être obtenue au moyen de courbes du type donné à la figure 1, page 24. Ces courbes montrent, pour les fréquences le plus communément utilisées, la variation de K_1 avec l'angle de site pour une antenne située au niveau de la mer et une atmosphère standard.

D'autres facteurs ont été laissés de côté en raison de leur influence réduite sur la précision de détermination de G/T. Ce sont, entre autres, le rayonnement cosmique ambiant, les variations de l'affaiblissement de propagation et l'effet de l'altitude de la station terrienne au-dessus du niveau de la mer.

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

The factor 2 which appears in the expression arises because the receiving system has a given polarization, whereas the polarization of the radio star is generally random. The equation is valid for a point-source radio star radiating through a lossless atmosphere. Since in practice neither of these two conditions prevail, equation (2) must be corrected to the following form:

$$P_s = \frac{S \cdot \lambda^2 \cdot G \cdot B}{8\pi \cdot K_1 \cdot K_2} \tag{3}$$

where:

$K_1 > 1$ is the correction factor which takes into account the effect of atmospheric attenuation
$K_2 \geqslant 1$ is the correction factor for the angular spread of the radio source

If P_{tot} is the total noise power available when the antenna is directed towards the cosmic source, and P_n is the noise power available when the antenna is pointed towards the background sky at the same elevation angle, it is then possible to write:

$$P_s = P_{tot} - P_n \tag{4}$$

where:

$P_n = k \cdot T \cdot B$
T is the receiving system noise-temperature, including sky noise temperature

From the above equations, the figure of merit can be expressed as:

$$G/T = \frac{8\pi \cdot k \cdot K_1 \cdot K_2}{S \cdot \lambda^2} (Y - 1) \tag{5}$$

where k is Boltzmann's constant, $1.38 \cdot 10^{-23}$ (J/K)

The factor Y is the ratio of the noise power received when the antenna is pointed towards the cosmic source to that received when the antenna is pointed towards the background sky at the same elevation angle. All other parameters are identical with those defined in the previous equations.

Compared with the determination of G/T from values of G and T measured separately, there is a basic advantage since the ratio Y can be determined by one relative measurement instead of by two absolute measurements, thereby enabling the value of G/T to be obtained more accurately.

The correction factor for atmospheric attenuation, K_1, is a function of the antenna elevation pointing angle, the receive frequency, the altitude of the antenna relative to sea level, the temperature and density of the atmosphere and the humidity.

The value of K_1, to be used in equation (5), can be obtained from the curves of the type shown in Figure 1, page 24. These curves indicate, for the most commonly used frequencies, the variation of K_1 with the elevation angle for an antenna located at sea level in a standard atmosphere.

Other factors have been disregarded because their effect on the accuracy of determination of G/T is small. These factors include the cosmic background radiation, the fluctuations of propagation loss and the effect of the height of the earth station above sea level.

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

Le facteur K_2 tient compte de ce qu'en pratique la radiosource stellaire ne peut pas être assimilée à une source ponctuelle, et que la puissance de bruit reçue par l'antenne en provenance d'une radiosource non ponctuelle dépend de la directivité de l'antenne. K_2 est donné par:

$$K_2 = \frac{\int_{\Omega_S} B(\phi, \theta)\, d\Omega}{\int_{\Omega_S} B(\phi, \theta)\, P(\phi, \theta)\, d\Omega} \qquad (6)$$

où:

$B(\phi, \theta)$ est la répartition de la brillance de la radiosource
$P(\phi, \theta)$ est le diagramme normalisé de directivité de l'antenne
$d\Omega$ = $\sin\theta d\phi d\theta$, est la différentielle de l'angle solide, en stéradians
(ϕ, θ) est la direction, en coordonnées sphériques, du rayon vecteur correspondant à l'angle solide $d\Omega$
Ωs est l'angle solide sous lequel est vue la source, exprimé en stéradians

Le facteur de correction K_2 dépend de la largeur du faisceau de l'antenne et de la radiosource stellaire. La figure 2, page 25, donne le facteur K_2 en fonction de l'ouverture du faisceau à demi-puissance de l'antenne, pour trois radiosources. Les expressions analytiques de ces courbes sont données à l'annexe A.

La puissance surfacique S, qui apparaît dans l'équation (5), dépend non seulement de la radiosource choisie, mais encore de la fréquence à laquelle on mesure G/T. Des valeurs de S pour chaque radiosource et pour chaque fréquence sont données à l'annexe A.

4.2 *Choix de la radiosource*

Le choix de la radiosource pour les mesures de G/T dépend, en particulier, de la durée de visibilité de cette radiosource au lieu où l'antenne est située. En général, l'étoile suit une trajectoire apparente circulaire dans le ciel.

Si la distance polaire de l'étoile (qui est le complément de l'angle de déclinaison) est inférieure à la latitude de la station terrienne et si l'étoile et la station sont dans le même hémisphère (Nord ou Sud), l'ensemble de la trajectoire est au-dessus de l'horizon. L'angle de site le plus faible (E_1) est celui de la «culmination inférieure» et s'obtient par:

$$E_1 = L + D - 90 \text{ (degrés)} \qquad (7)$$

où D et L sont comme indiqués à la figure 3, page 26.

Pour d'autres étoiles, une partie seulement de la trajectoire est au-dessus de l'horizon, si bien que ces étoiles ont un lever et un coucher. On dispose donc d'angles de site comptés au-dessus de l'horizon.

L'angle de site le plus élevé (E_h) d'une étoile quelconque correspond à sa «culmination supérieure». Les trois cas suivants peuvent se présenter:

a) Si l'étoile et la station terrienne sont dans le même hémisphère et si $D > L$, on a:

$$E_h = L + (90° - D) \qquad (8)$$

b) Si l'étoile et la station terrienne sont dans le même hémisphère et si $D < L$, on a:

$$E_h = (90° - L) + D \qquad (9)$$

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

The correction factor K_2 allows for the fact that, in practice, the radio star cannot be treated as a point source and that the noise power received by the antenna from an extended radio source is dependent upon the beam-width of the antenna. K_2 is given by:

$$K_2 = \frac{\int_{\Omega_S} B(\phi,\theta)\, d\Omega}{\int_{\Omega_S} B(\phi,\theta)\, P(\phi,\theta)\, d\Omega} \qquad (6)$$

where:

$B(\phi,\theta)$ is the brightness distribution of the radio source
$P(\phi,\theta)$ is the normalized directivity pattern of the antenna
$d\Omega$ = $\sin\theta d\phi d\theta$, the differential of solid angle in steradians
(ϕ,θ) is the direction in spherical co-ordinates of a radius vector to the differential solid angle $d\Omega$
Ωs is the solid angle subtended by the source in steradians

The correction factor K_2 depends upon the beam-width of the antenna and upon the radio star. Figure 2, page 25, shows K_2 as a function of the half-power beam-width of the antenna for three radio stars. The analytical expressions of these curves are given in Appendix A.

The flux density S, which appears in equation (5), depends not only upon the radio star chosen but also upon the frequency at which G/T is measured. Values of S for each radio star and for each frequency are given in Appendix A.

4.2 *Choice of the radio star*

The choice of the radio star for G/T measurements depends in particular upon the duration of visibility of a given radio star from the antenna site. In general, the star will appear to move along a circular trajectory in the sky.

If the polar distance of the star (which is the complement of the declination angle) is less than the latitude of the earth station site and both star and site are in the same hemisphere (North or South), then the complete trajectory lies above the horizon. The lowest elevation angle (E_1) is at "lower culmination" and is given by:

$$E_1 = L + D - 90 \text{ (degrees)} \qquad (7)$$

where D and L are as shown in Figure 3, page 26.

For other stars, only part of the trajectory will be above the horizon, so that these stars will rise and set. Thus, evaluation angles down to the horizon will be available.

The highest elevation angle (E_h) for any star will occur at "upper culmination". There are three possible cases as follows:

a) When the star and the earth station are in the same hemisphere and when $D > L$, then:

$$E_h = L + (90° - D) \qquad (8)$$

b) When the star and the earth station are in the same hemisphere, and when $D < L$, then:

$$E_h = (90° - L) + D \qquad (9)$$

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

c) Si l'étoile et la station terrienne ne sont pas dans le même hémisphère et si $D < 90 - L$, on a:

$$E_h = 90 - (L + D) \tag{10}$$

En culmination supérieure et en culmination inférieure, le déplacement se fait principalement en azimut. Aux élongations maximales est et ouest, le mouvement se produit principalement en site. C'est en ces points que les mesures les plus précises peuvent être effectuées, en raison de la plus grande facilité de poursuite.

Les sources connues avec la meilleure précision sont Cassiopée A et Cygne A.

4.3 *Technique de pointage*

Afin d'obtenir la meilleure précision sur la mesure du facteur Y, on doit rendre maximale la réponse au signal rayonné par la source, ce qui correspond à l'alignement précis du faisceau électromagnétique de l'antenne sur le centre de brillance de l'étoile.

La précision de pointage dépend des moyens disponibles pour la commande d'orientation de l'antenne. La meilleure précision du pointage est assurée par une poursuite programmée, comportant la possibilité d'apporter des décalages manuels en fonction des besoins. Si la station ne comporte pas de moyens de poursuite programmée, la poursuite de l'étoile pourra être obtenue en commande manuelle en cherchant à maintenir la puissance reçue de la source à son maximum.

4.4 *Méthode de mesure*

La figure 4, page 27, montre un dispositif simple de mesure de G/T dans lequel le facteur Y est mesuré en fréquence intermédiaire. Par suite, tout le bruit du récepteur, y compris celui des étages f.i., est pris en compte. Avant d'effectuer la mesure, on contrôlera que la linéarité du récepteur est compatible avec le degré de précision désiré pour la mesure.

En utilisant la technique décrite au paragraphe 4.3, la radiosource est poursuivie en s'efforçant de maintenir la puissance reçue au maximum. Le niveau de puissance P_1 mesuré par l'enregistreur peut alors s'écrire:

$$P_1 = g \cdot \frac{P_{tot}}{L_{a_1}} \tag{11}$$

où:

g est le gain total du récepteur

P_{tot} est la puissance totale du bruit, en watts (rapportée à l'entrée du récepteur), disponible quand l'antenne est pointée sur la source cosmique

L_{a_1} est égal à $10^{\frac{a_1}{10}}$

a_1 est l'affaiblissement introduit par l'affaiblisseur variable f.i., en décibels

On tourne ensuite l'antenne d'un certain angle afin de la pointer sur le fond du ciel sous le même angle de site. Pour conserver le même niveau de référence P_1 sur l'enregistreur, il faut modifier l'affaiblissement introduit par l'atténuateur variable f.i. Si L_{a_2} est le nouvel affaiblissement, on peut écrire:

$$P_1 = g \cdot \frac{P_n}{L_{a_2}} \tag{12}$$

où:

g a la même valeur que précédemment, seulement si le récepteur est linéaire

P_n est la puissance de bruit disponible quand l'antenne est pointée sur le fond du ciel sous le même angle de site, rapportée à l'entrée du récepteur, en watts

L_{a_2} est égal à $10^{\frac{a_2}{10}}$

a_2 est le nouvel affaiblissement, en décibels, de l'affaiblisseur f.i. qui maintient l'enregistrement au même niveau de référence, P_1

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

c) When the star and the earth station are in opposite hemispheres, and when $D < 90 - L$, then:

$$E_h = 90 - (L + D) \tag{10}$$

At upper and lower culmination, the motion is mostly in azimuth; at greatest elongation east and west, the motion is mainly in elevation. The most accurate measurements can be made at these points due to the easier tracking procedures.

The most accurately known sources are Cassiopeia A and Cygnus A.

4.3 *Pointing technique*

To obtain the maximum accuracy in the measurement of the Y-factor, it is necessary to maximize the response from the source which corresponds to the optimum alignment between the r.f. beam of the antenna and the centre of brightness of the star.

The pointing accuracy is related to the antenna steering capability. The optimum pointing accuracy is provided by a programmed tracking arrangement having the facility for injecting manual off-sets as required. If the antenna is not provided with programmed tracking, the star can be tracked under manual control by seeking to maintain at a maximum the power received from the star.

4.4 *Method of measurement*

Figure 4, page 27, shows a simplified arrangement for determining G/T in which the Y-factor is measured at i.f. Consequently all of the receiver noise including that of the i.f. stages is taken into account. Before making the measurement, the linearity of the receiver should be checked to ensure that it is compatible with the desired degree of measurement accuracy.

Using the procedure described in Sub-clause 4.3, the radio star is tracked by endeavouring to maintain the received power at a maximum. In this condition the power level, P_1, measured by the recording equipment, can be written as follows:

$$P_1 = g \cdot \frac{P_{tot}}{L_{a_1}} \tag{11}$$

where:

g is the total gain of the receiver and low-noise amplifier

P_{tot} is the total noise power in watts (referred to the input of the receiver) available when the antenna is directed towards the cosmic source.

L_{a_1} is equal to $10^{\frac{a_1}{10}}$

a_1 is the attenuation in decibels of the i.f. variable-attenuator in this condition

The antenna is then moved through an angular distance from the star and pointed towards the background sky at the same elevation angle. In this new condition, to keep the recorder on the reference level, P_1, it is necessary to change the attenuation of the i.f. variable attenuator. If L_{a_2} is the new attenuation then:

$$P_1 = g \cdot \frac{P_n}{L_{a_2}} \tag{12}$$

where:

g is the same value as before only if the receiver and low noise amplifier are linear

P_n is the noise power in watts (referred to the input of the receiver) available when the antenna is pointed towards the background sky at the same elevation angle

L_{a_2} is equal to $10^{\frac{a_2}{10}}$

a_2 is the new attenuation in decibels of the i.f. attenuator needed to keep the recorder at the reference level, P_1

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

Des équations ci-dessus, on tire le facteur Y:

$$Y = \frac{P_{tot}}{P_n} = \frac{L_{a_1}}{L_{a_2}} = 10^{\frac{a_1 - a_2}{10}} \qquad (13)$$

Si la non-linéarité de l'équipement de réception est notable, il est conseillé d'utiliser un affaiblisseur radiofréquence soigneusement étalonné et inséré immédiatement après l'amplificateur à faible bruit. Dans ce cas, seul l'amplificateur à faible bruit doit être linéaire: cette méthode est illustrée à la figure 5, page 27. En procédant de cette façon, on ne tient pas compte du bruit de la partie du récepteur placée en aval. Une correction est donc nécessaire. Les équations (2) à (6) doivent être appliquées pour calculer le facteur de qualité.

Note. — Une précision plus élevée dans la détermination du facteur de qualité G/T peut être obtenue en utilisant un radiomètre du type Dicke après l'amplificateur à faible bruit au lieu du système de réception normal.

4.5 *Analyse de l'erreur*

La contribution des divers paramètres à l'erreur relative globale maximale peut se calculer avec l'expression:

$$\frac{\Delta(G/T)}{G/T} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta K_1}{K_1} + \frac{\Delta K_2}{K_2} + \frac{\Delta Y}{Y} \cdot \frac{Y}{Y-1} \qquad (14)$$

Pour les radiosources que nous avons considérées, l'erreur relative $\frac{\Delta S}{S}$ sur la puissance surfacique est d'environ 0,02.

La contribution à l'erreur due au facteur de correction K_1 augmente quand l'angle de site diminue. Pour un angle de site de 5°, la contribution $\Delta K_1/K_1$ est d'environ 0,01. Cette contribution décroît aux angles de site plus élevés et devient pratiquement négligeable pour des angles supérieurs à 40°.

La contribution à l'erreur due à $\Delta K_2/K_2$ peut varier considérablement selon la source cosmique utilisée. L'erreur dépend, de plus, de la précision avec laquelle on connaît la distribution de la brillance de l'étoile et la géométrie du faisceau principal de l'antenne. Une difficulté particulière vient du fait que le faisceau principal de l'antenne n'est ni exactement symétrique autour de l'axe de rotation ni indépendant de l'angle de site. Pour des ouvertures de faisceau à demi-puissance de $\beta \simeq 0{,}2°$, habituellement, la contribution due à $\Delta K_2/K_2$ sera d'au moins 0,01.

La contribution à l'erreur due au facteur Y dépend de l'erreur relative $\Delta Y/Y$ et du rapport $Y/Y-1$. Cette contribution devient considérable quand la puissance, P_s, reçue de l'étoile est insuffisante par rapport au bruit P_n du système.

La précision de mesure est notablement réduite quand Y est inférieur à 2. Le G/T minimal nécessaire pour une mesure précise ($Y > 2$), avec diverses radiosources stellaires, est donné ci-dessous. Ce G/T est applicable à 4 GHz et à un angle de site de 30°, mais il ne comprend pas le facteur de correction pour l'effet dû à la conjonction de la directivité de l'antenne et de la répartition de brillance de la radiosource.

Radiosource	Ascension droite en heures	Déclinaison en degrés	G/T
Cassiopée A	23,4	58,6	36 dB
Taureau A	5,5	22,0	37 dB
Cygne A	20,0	40,6	39 dB
Orion A	5,5	–5,4	39 dB

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

From the above, it is possible to obtain the Y-factor:

$$Y = \frac{P_{tot}}{P_n} = \frac{L_{a_1}}{L_{a_2}} = 10^{\frac{a_1 - a_2}{10}} \qquad (13)$$

When the receiving equipment non-linearity is significant, it is advisable to obtain the Y-factor from a carefully calibrated r.f. attenuator inserted after the low-noise amplifier. In this case only the low-noise amplifier must be linear: the arrangement is shown in Figure 5, page 27. With this procedure, the noise of the remaining part of the receiver is not taken into account and a correction is therefore necessary. Equations (2) to (6) should be used to calculate the figure of merit.

Note. — A higher accuracy in determining the figure of merit G/T may be achieved by using a Dicke-type radiometer fed from the low-noise amplifier instead of using the complete receiving system.

4.5 *Error analysis*

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

$$\frac{\Delta (G/T)}{G/T} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta K_1}{K_1} + \frac{\Delta K_2}{K_2} + \frac{\Delta Y}{Y} \cdot \frac{Y}{Y-1} \qquad (14)$$

For the radio stars considered, the relative error $\frac{\Delta S}{S}$, due to the flux density, is about 0.02.

The percentage error to be attributed to the correction factor K_1 increases with decreasing elevation. For an elevation angle of 5°, the error contribution $\Delta K_1/K_1$ is about 0.01. This contribution decreases for higher elevations and becomes practically negligible at angles >40°.

The error contribution due to $\Delta K_2/K_2$ may differ widely depending upon the cosmic source used. Furthermore, the contribution depends upon how precisely the flux distribution of the star and the geometry of the main lobe of the antenna are known. A particular difficulty is due to the fact that the antenna main lobe is generally neither exactly symmetrical with respect to rotation nor independent of the elevation. With half-power beam-widths of $\beta \simeq 0.2°$, there will usually be a contribution due to $\Delta K_2/K_2$ of at least 0.01.

The error contribution due to the Y-factor depends upon the relative error $\Delta Y/Y$ and on the ratio $Y/Y - 1$. This contribution becomes considerable when the power, P_s, received from the star is insufficient in relation to the system noise, P_n.

The measurement accuracy is considerably reduced when Y is less than 2. The minimum G/T required for accurate measurement ($Y > 2$) with various radio stars is given below and is applicable at 4 GHz and 30° elevation, but the antenna beam-width/star-brightness distribution correction factor is excluded:

Radio star	Right ascension in hours	Declinaison in degrees	G/T
Cassiopeia A	23.4	58.6	36 dB
Taurus A	5.5	22.0	37 dB
Cygnus A	20.0	40.6	39 dB
Orion A	5.5	–5.4	39 dB

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

L'erreur relative, $\Delta Y/Y$, dépend des instabilités dans le matériel de mesure en cours de mesure, qui provoquent une fluctuation dans les lectures du niveau de bruit. Elle dépend, de plus, de la précision de l'affaiblisseur étalonné. Avec un dispositif stable, on peut obtenir $\Delta Y/Y = 0{,}01$.

Avec cette erreur relative, et si $Y \geqslant 2$, la contribution suivante due au facteur Y ne dépasse pas 0,02:

$$\frac{\Delta Y}{Y} \cdot \frac{Y}{Y-1}$$

L'erreur typique, $\Delta(G/T)/(G/T)$, est d'environ $\pm 5\%$ ($\pm 0{,}2$ dB) pour des stations de facteur de qualité élevé.

4.6 *Présentation des résultats*

Les résultats doivent être donnés en décibels/degré Kelvin (dB/K).

4.7 *Détails à spécifier*

Les points suivants doivent être inclus dans la spécification détaillée de l'équipement:

a) Radiosource à utiliser et sa déclinaison.
b) Fréquences auxquelles doivent être faites les mesures.
c) Polarisations auxquelles doivent être faites les mesures.
d) Angles de site à utiliser.
e) Conditions d'environnement.

5. Détermination de G/T par la méthode indirecte

Lorsque l'antenne a des possibilités limitées de déplacement angulaire ou est installée en un lieu qui ne permet pas une bonne visibilité des radiosources connues pour tous les angles spécifiés, il est nécessaire d'employer la méthode indirecte.

Dans cette méthode, il faut mesurer le gain G de l'antenne de réception, par exemple en utilisant la technique basée sur la mesure absolue de la puissance reçue par l'antenne en provenance d'une source éloignée produisant une puissance surfacique connue.

Comme source éloignée, on peut utiliser un émetteur-balise de satellite.

Il faut également mesurer la température de bruit du système.

6. Références

1) Rapport 390-3 du C.C.I.R.: *Antennes utilisées dans les stations terriennes pour le service fixe par satellite.*

2) *Astronomy and Astrophysics,* par J. W. M. Baars et A. P. Hartsuijker, vol. 17, 1972.

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

The relative error, $\Delta Y/Y$, depends upon the instabilities in the instrumentation, which cause some fluctuation in the noise level readings, and upon the accuracy of the calibrated attenuator. With a stable circuit arrangement, it is possible to obtain $\Delta Y/Y = 0.01$.

With this relative error and if $Y \geqslant 2$, the following error contribution due to the Y-factor does not exceed 0.02:

$$\frac{\Delta Y}{Y} \cdot \frac{Y}{Y-1}$$

The typical error, $\Delta(G/T)/(G/T)$, can be taken as about ±5% (±0.2 dB) for stations with high G/T performance.

4.6 *Presentation of results*

The results should be stated in decibels/degree Kelvin (dB/K).

4.7 *Details to be specified*

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

a) The radio star to be used and its declination angle.
b) The required frequencies.
c) The required polarizations.
d) The elevation angles to be used during the measurements.
e) The environmental conditions.

5. Determination of G/T by the indirect method

When the antenna has limited steering ability or is unfavourably located for good visibility of the known radio stars for all specified angles, it is necessary to employ the indirect method.

With this method it is necessary to measure the receive antenna gain, G, by using the technique based on the absolute measurement of the power received by the antenna from a distant source radiating a known flux density.

A satellite beacon can be employed as a distant source.

It is also necessary to measure the system noise temperature.

6. References

1) C.C.I.R. Report No. 390-3: *Earth-station Antennas for the Fixed Satellite Service.*

2) Astronomy and Astrophysics, by J. W. M. Baars and A. P. Hartsuijker, Vol. 17, 1972.

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

ANNEXE A

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES RADIOSOURCES STELLAIRES

Les caractéristiques des principales radiosources stellaires sont données ci-dessous ainsi que dans l'annexe III de la référence 1 de l'article 6. Cette référence 1 est révisée tous les quatre ans lors de l'assemblée plénière du C.C.I.R.

A1. **Cassiopée A**

Cassiopée A émet un flux qui décroît au taux de 1,1 ± 0,15% par an.

La puissance surfacique spectrale calculée au 1er janvier 1968 était de $1\,047 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} à 4,08 GHz.

La puissance surfacique spectrale de cette radiosource variait avec la fréquence, suivant la loi:

$$S = S(4\text{ GHz}) \times \left(\frac{f}{4}\right)^{-0,787} \qquad (1)$$

Cette équation*, portée sur un diagramme à coordonnées logarithmiques, donne une ligne droite dont la pente est appelée « indice spectral ». A 3,95 GHz, centre de la bande 4 GHz, la densité de flux au 1er janvier 1968 était de $1\,072 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} avec une erreur probable de 2%.

Cassiopée A ne présente pas de polarisation appréciable et sa répartition de brillance a généralement une symétrie circulaire avec une brillance maximale à environ 2 min d'arc du centre. Une approximation suffisamment précise pour le calcul du facteur de correction K_2 est obtenue en assimilant Cassiopée A à un disque à rayonnement uniforme de diamètre 0,072°. Avec cette hypothèse, le facteur de correction K_2 s'écrit:

$$K_2 = \left[1 - 0,327\left(\frac{0,072}{\beta}\right)^2 + 0,059\left(\frac{0,072}{\beta}\right)^4\right]^{-1} \qquad (2)$$

où β est l'ouverture du faisceau de l'antenne à demi-puissance, en degrés

L'équation ci-dessus s'applique quand $\beta > 0,072°$. La figure 2, page 25, contient le facteur de correction K_2 de Cassiopée A en fonction de l'ouverture à demi-puissance du faisceau.

A2. **Cygne A**

Cygne A émet un flux qui ne varie pas dans le temps. Sa valeur, calculée, est de $465,1 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} à 4,161 GHz. La puissance surfacique spectrale, S, de cette étoile varie avec la fréquence suivant la loi:

$$S \sim f^{-0,85}, \text{ si } f \leqslant 1,6 \text{ GHz}$$

$$S \sim f^{-1,19}, \text{ si } f \geqslant 1,6 \text{ GHz}$$

* Voir la référence 2 de l'article 6.

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

APPENDIX A

CHARACTERISTICS OF THE PRINCIPAL RADIO STARS

The characteristics of the principal radio stars are given below as well as in Appendix III of reference 1 in Clause 6. It should be noted that reference 1 is reviewed every four years at the plenary assemblies of the C.C.I.R.

A1. **Cassiopeia A**

Cassiopeia A radiates a flux which is decreasing at a rate of 1.1 ± 0.15% per annum.

The flux density for 1st January 1968 was calculated to be $1\,047 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} at 4.08 GHz.

The flux density of this radio star depends also upon the frequency, in accordance with the following law:

$$S = S(4\ \text{GHz}) \times \left(\frac{f}{4}\right)^{-0.787} \qquad (1)$$

This equation*, when plotted on logarithmic co-ordinates, is a straight line the slope of which is called the "spectral index". At 3.95 GHz, the centre of the 4 GHz band, the flux density for 1st January 1968 was $1\,072 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} with a probable error of 2%.

Cassiopeia A does not exhibit an appreciable degree of polarization, and its brightness distribution is generally circular-symmetrical with maximum brightness at about 2 min of arc from the centre. A sufficiently accurate approximation for the correction factor K_2 is obtained by considering Cassiopeia A to be a uniformly-radiating disc with a diameter of 0.072°. Using this assumption, the correction factor, K_2, can be written as:

$$K_2 = \left[1 - 0.327\left(\frac{0.072}{\beta}\right)^2 + 0.059\left(\frac{0.072}{\beta}\right)^4\right]^{-1} \qquad (2)$$

where β is the antenna half-power beam-width in degrees

The above equation applies when $\beta > 0.072°$. Figure 2, page 25, contains a curve giving the correction factor K_2 for Cassiopeia A as a function of half-power beam-width.

A2. **Cygnus A**

Cygnus A radiates a flux which does not vary with time. Its value at 4.161 GHz is calculated to be 465.1×10^{-26} W m^{-2}Hz^{-1}. The flux density, S, of this radio star depends upon the frequency as follows:

$$S \sim f^{-0.85}, \text{ if } f \leqslant 1.6\ \text{GHz}$$

$$S \sim f^{-1.19}, \text{ if } f \geqslant 1.6\ \text{GHz}$$

* See reference 2 of Clause 6.

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

On en déduit que la puissance surfacique spectrale à 3,95 GHz est de $494{,}8 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1}. L'erreur probable sur cette valeur est de 3%.

Pour $\beta \geqslant 0{,}2°$, le facteur K_2 est $1 < K_2 < 1{,}02$ ou presque égal à 1.

Toutefois, pour des angles d'ouverture plus faibles, K_2 n'est pas négligeable, comme on le voit sur la figure 2. Cette courbe de correction a été déterminée en prenant comme hypothèse que la répartition du flux de Cygne A est celle de deux sources ponctuelles séparées par 0,033°.

C'est pourquoi on peut représenter cette radiosource stellaire comme une source elliptique dont les deux axes mesurent respectivement 2,3′ et 0,7′.

Jusqu'à ce que la structure de Cygne A aux fréquences utilisées pour les liaisons par satellite ait été complètement étudiée, la valeur $K_2 = 1$ devra être considérée comme la meilleure approximation lorsque $\beta \geqslant 0{,}2°$.

A3. Orion A

Orion A émet un flux qui ne varie pas avec le temps et dont la valeur calculée à 4,08 GHz est de $445{,}0 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1}. Cette source a une faible déclinaison, ce qui permet son utilisation pour des antennes ayant un déplacement limité au-dessus du plan équatorial. Toutefois, les caractéristiques détaillées de Orion A ne sont pas bien connues et on n'a pas encore déterminé avec précision le facteur de correction K_2.

A4. Taureau A

Taureau A émet un flux qui ne varie pas avec le temps. Sa valeur calculée à 3,95 GHz est de $716{,}9 \times 10^{-26}$ W m^{-2}Hz^{-1} avec une erreur probable de 3%.

La densité de flux, S, de Taureau A dépend de la fréquence suivant la loi:

$$S \sim f^{-0{,}25}$$

où f est en hertz

Cette fonction, portée sur un diagramme logarithmique, donne une droite de pente $-0{,}25$. Taureau A présente un degré de polarisation appréciable, particulièrement au centre de la source. Afin d'éliminer la nécessité d'un facteur de correction de polarisation, les mesures doivent être faites en polarisation circulaire. Si l'on doit utiliser une polarisation rectiligne, on fera les mesures à deux polarisations orthogonales et on prendra la moyenne des valeurs obtenues.

Afin de trouver une formule suffisamment précise pour le facteur de correction, on peut considérer Taureau A comme une simple source elliptique de grand axe 0,070° et de petit axe 0,043°, et ayant une distribution gaussienne d'énergie. On peut alors écrire le facteur de correction K_2 comme suit:

$$K_2 = \left[1 + \left(\frac{0{,}070}{\beta}\right)^2\right]^{1/2} \quad \left[1 + \left(\frac{0{,}043}{\beta}\right)^2\right]^{1/2} \qquad (3)$$

où β est l'ouverture du faisceau d'antenne à demi-puissance en degrés

La figure 2, page 25, donne le facteur de correction K_2 pour Taureau A en fonction de l'ouverture du faisceau à demi-puissance.

Note. — Pour trouver la puissance surfacique spectrale S_0 à une fréquence quelconque f_0 on peut utiliser l'expression suivante:

$$\log_{10} \frac{S}{S_0} = \delta \log_{10} \frac{f}{f_0}$$

où S est la puissance surfacique spectrale à la fréquence f et δ est l'indice spectral pour la radiosource considérée.

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

Converted to 3.95 GHz, the flux density is 494.8×10^{-26} W m^{-2}Hz^{-1} with a probable error of 3%.

The correction factor, K_2, for $\beta \geqslant 0.2°$ is $1 < K_2 < 1.02$ or approximately 1.

For narrower half-power beam-widths, however, K_2 is not negligible as may be seen from Figure 2. The determination of the correction curve was based on the assumption that the flux distribution of Cygnus A is given by two point sources separated by 0.033°.

It is possible therefore to represent this radio star as an elliptical source having major and minor axes of 2.3′ and 0.7′ respectively.

Until the structure of Cygnus A at the frequencies used for satellite links has been fully investigated, the value $K_2 = 1$ should be considered as the best approximation for $\beta \geqslant 0.2°$.

A3. **Orion A**

Orion A radiates a flux which does not vary with time. Its value at 4.08 GHz is calculated to be 445.0×10^{-26} W m^{-2}Hz^{-1}. This source has a small declination angle which makes it usable for antennas with limited steering above the equatorial plane. However, the detailed characteristics of Orion A are not well known and the correction factor, K_2, has not yet been accurately determined.

A4. **Taurus A**

Taurus A radiates a flux which does not vary with time. Its value at 3.95 GHz is calculated to be 716.9×10^{-26} W m^{-2}Hz^{-1} with a probable error of 3%.

The flux density, S, of Taurus A depends upon frequency as follows:

$$S \sim f^{-0.25}$$

where f is in hertz

This function, when plotted on logarithmic co-ordinates, is a straight line with a slope equal to −0.25. Taurus A exhibits an appreciable degree of polarization, especially at the centre of the source. To eliminate the need for a polarization correction factor, measurements should be made using circular polarization. If linear polarization has to be used, measurements at orthogonal polarizations should be made and an average of the measured values taken.

To find a sufficiently accurate approximation for correction factor, K_2, it is possible to consider Taurus A as a single elliptical source with major and minor axes of 0.070° and 0.043° respectively, and with a Gaussian distribution of energy. In this case, the correction factor, K_2, can be written as follows:

$$K_2 = \left[1 + \left(\frac{0.070}{\beta}\right)^2\right]^{1/2} \left[1 + \left(\frac{0.043}{\beta}\right)^2\right]^{1/2} \qquad (3)$$

where β is the antenna half-power beam-width in degrees

Figure 2, page 25, gives the correction factor, K_2, for Taurus A as a function of the half-power beam-width.

Note. — The flux density S_0 at any frequency f_0 may be found from the following expression:

$$\log_{10} \frac{S}{S_0} = \delta \log_{10} \frac{f}{f_0}$$

where S is the flux density at frequency f and δ is the spectral index for the radio star.

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

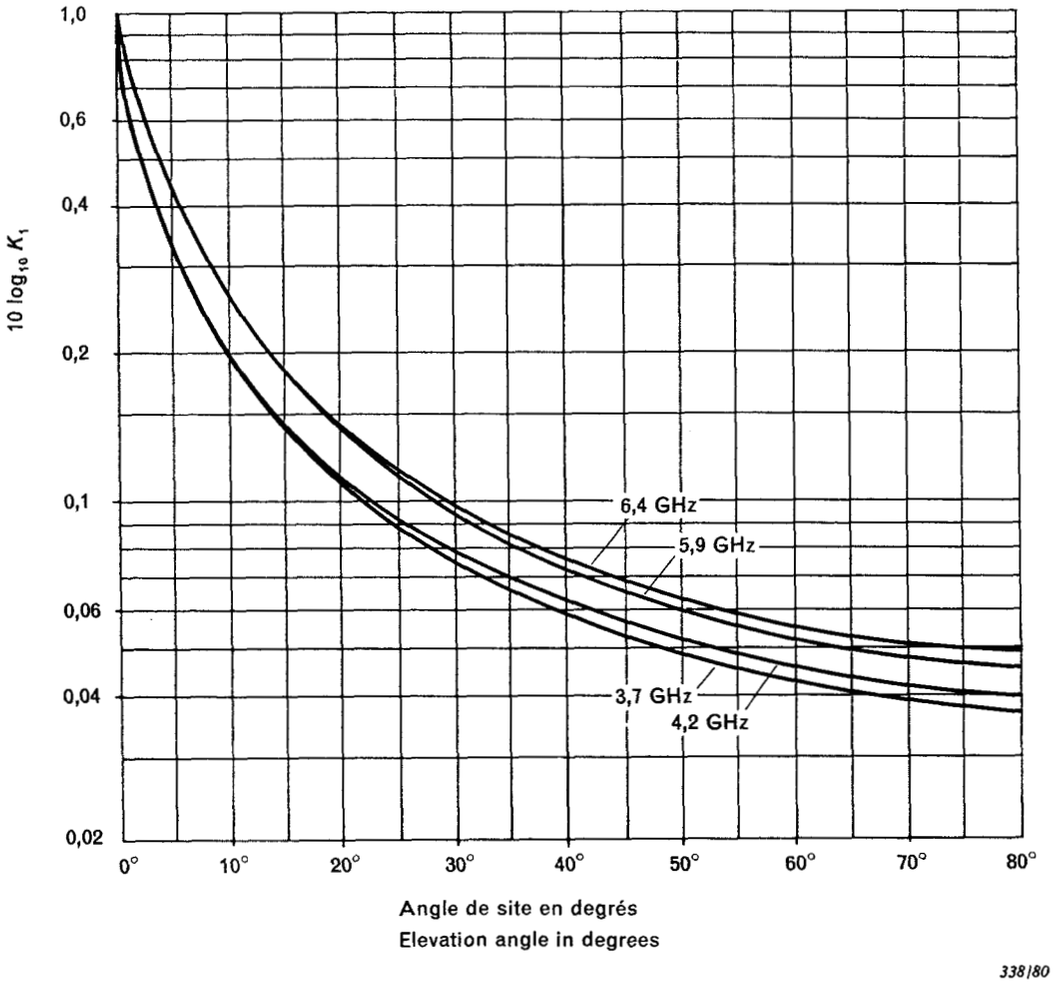


FIG. 1. — Variation du facteur K_1 en fonction de l'angle de site pour une antenne au niveau de la mer et une atmosphère normalisée.
Variation of factor K_1 with elevation angle for an antenna at sea level and standard atmosphere.

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

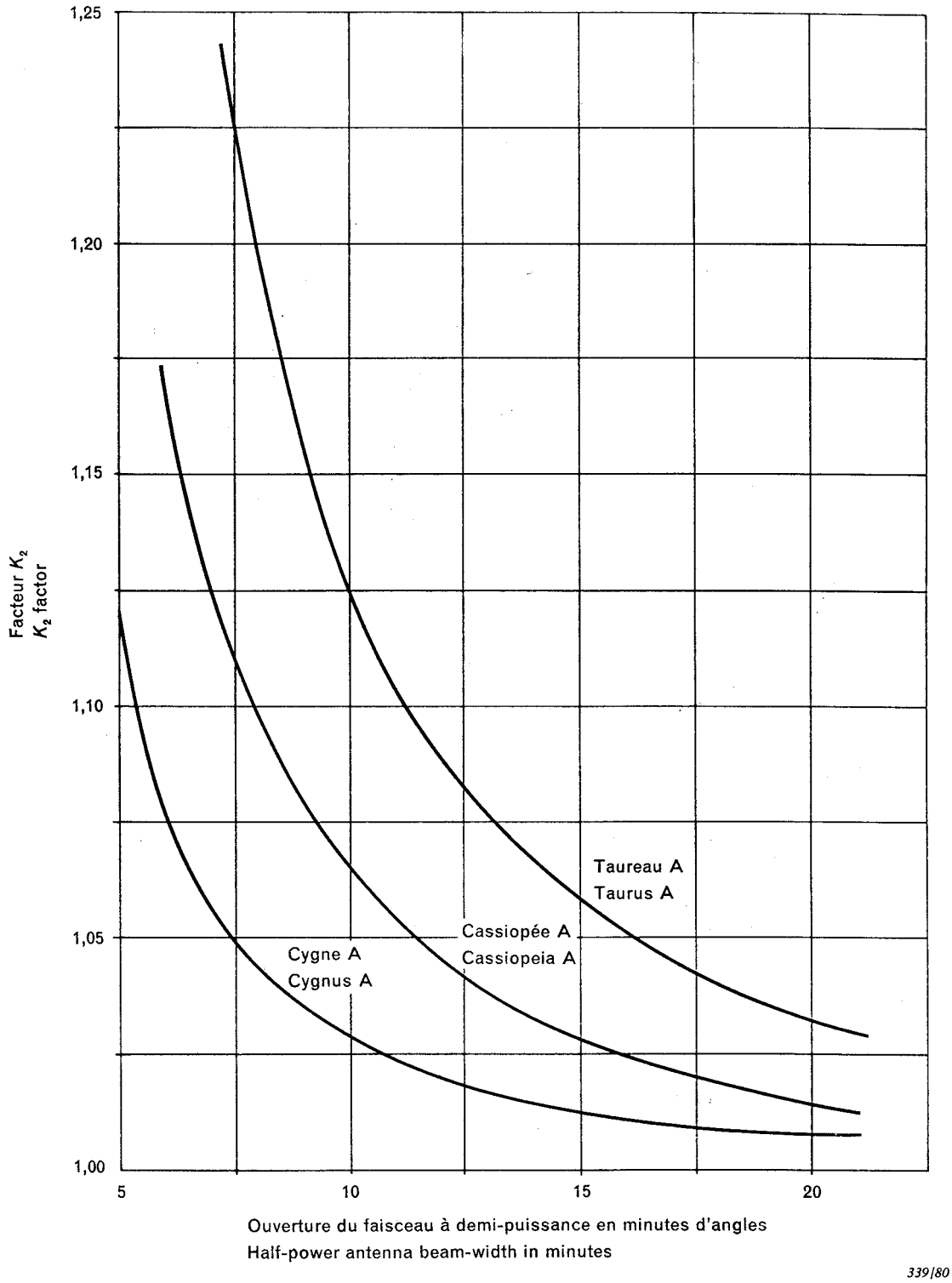
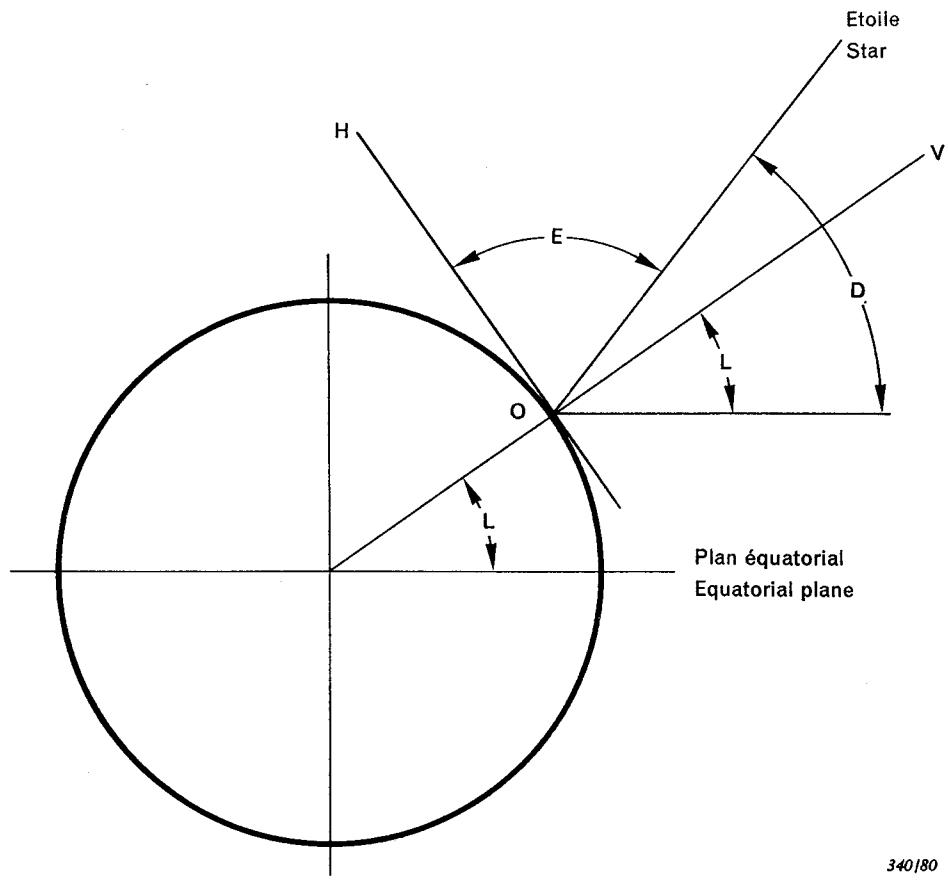


FIG. 2. — Facteur K_2 en fonction de l'ouverture du faisceau d'antenne à demi-puissance.
Factor K_2 as a function of antenna half-power beam-width.

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

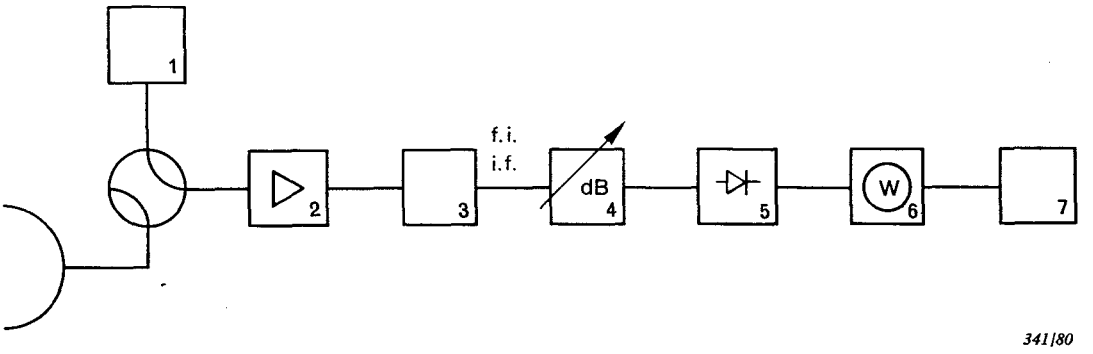


OV = verticale au lieu d'observation
OH = horizontale au lieu d'observation
E = site de la radiosource (valeur absolue en degrés)
D = déclinaison de la radiosource (valeur absolue en degrés)
L = latitude du lieu (valeur absolue en degrés)

OV = vertical at point of observation
OH = horizontal at point of observation
E = elevation angle of radio star (absolute value in degrees)
D = declination of radio star (absolute value in degrees)
L = latitude of point of observation (absolute value in degrees)

FIG. 3. — Termes servant à définir l'élévation d'une radiosource.
Terms defining the elevation of a radio star.

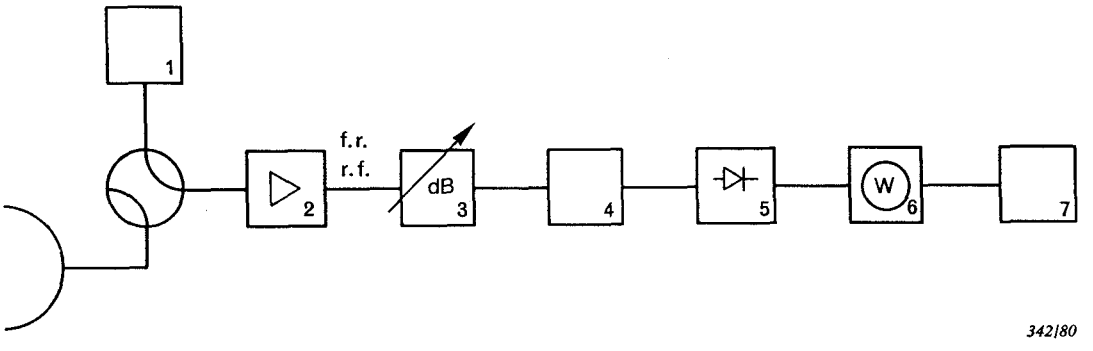
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



1 = charge refroidie
2 = amplificateur
3 = récepteur
4 = affaiblisseur variable f.i.
5 = détecteur
6 = wattmètre
7 = enregistreur

1 = cooled load
2 = low-noise amplifier
3 = receiver
4 = i.f. variable attenuator
5 = detector
6 = power meter
7 = recorder

FIG. 4. — Montage de mesure du G/T.
Arrangement for measuring G/T.



1 = charge refroidie
2 = amplificateur à faible bruit
3 = affaiblisseur variable f.r.
4 = récepteur
5 = détecteur
6 = wattmètre
7 = enregistreur

1 = cooled load
2 = low-noise amplifier
3 = r.f. variable attenuator
4 = receiver
5 = detector
6 = power meter
7 = recorder

FIG. 5. — Variante du montage de mesure du G/T.
Alternative arrangement for measuring G/T.

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

--`,,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

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

Not for Resale

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

ICS 33.060.30

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

--`,,,``,,-`-`,,`,,`,`,,`---

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

Not for Resale