

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60510-1-5**

Première édition  
First edition  
1988-07

---

---

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

**Première partie: Mesures communes aux  
sous-ensembles et à leurs combinaisons**  
Section cinq – Mesures de température de bruit

**Methods of measurements for radio equipment  
used in satellite earth stations**

**Part 1: Measurements common to sub-systems  
and combinations of sub-systems**  
Section Five – Noise temperature measurements



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60510-1-5: 1988

## 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**

**60510-1-5**

Première édition  
First edition  
1988-07

---

---

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

**Première partie: Mesures communes aux  
sous-ensembles et à leurs combinaisons**  
Section cinq – Mesures de température de bruit

**Methods of measurements for radio equipment  
used in satellite earth stations**

**Part 1: Measurements common to sub-systems  
and combinations of sub-systems**  
Section Five – Noise temperature measurements

© IEC 1988 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](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**Q**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                      | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE.....                                                                       | 4     |
| PRÉFACE .....                                                                        | 4     |
| Articles                                                                             |       |
| 1. Domaine d'application .....                                                       | 6     |
| 2. Introduction.....                                                                 | 6     |
| 3. Définitions .....                                                                 | 6     |
| 3.1 Densité spectrale de la puissance de bruit (densité de puissance de bruit) ..... | 6     |
| 3.2 Densité de puissance de bruit disponible .....                                   | 8     |
| 3.3 Température de bruit .....                                                       | 8     |
| 3.4 Température de bruit moyenne .....                                               | 8     |
| 3.5 Largeur de bande de bruit .....                                                  | 8     |
| 3.6 Température de bruit en service ou température de bruit d'un système.....        | 8     |
| 3.7 Source de bruit de référence .....                                               | 10    |
| 3.8 Température de bruit équivalente d'entrée d'un dispositif à deux accès.....      | 10    |
| 3.9 Facteur de bruit moyen .....                                                     | 12    |
| 4. Généralités .....                                                                 | 12    |
| 5. Méthodes de mesure .....                                                          | 14    |
| 5.1 Méthodes du facteur $Y$ .....                                                    | 14    |
| 5.1.1 Méthode du milliwattmètre .....                                                | 14    |
| 5.1.2 Méthode de l'atténuateur variable .....                                        | 16    |
| 5.2 Méthodes de la perte de 3 dB .....                                               | 18    |
| 5.2.1 Méthode de la source variable.....                                             | 18    |
| 5.2.2 Méthode de la source fixe .....                                                | 20    |
| 5.3 Méthode du mesureur automatique du facteur de bruit (ANFM) .....                 | 22    |
| 5.4 Méthode des ondes entretenues .....                                              | 24    |
| 6. Présentation des résultats.....                                                   | 26    |
| 7. Détails à spécifier .....                                                         | 26    |
| ANNEXE A — Mesure de la largeur de bande de bruit .....                              | 28    |
| FIGURES .....                                                                        | 30    |

## CONTENTS

|                                                                   | Page |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                    | 5    |
| PREFACE .....                                                     | 5    |
| Clause                                                            |      |
| 1. Scope .....                                                    | 7    |
| 2. Introduction .....                                             | 7    |
| 3. Definitions .....                                              | 7    |
| 3.1 Noise power spectral density (noise power density) .....      | 7    |
| 3.2 Available noise power density .....                           | 9    |
| 3.3 Noise temperature .....                                       | 9    |
| 3.4 Average noise temperature .....                               | 9    |
| 3.5 Noise bandwidth .....                                         | 9    |
| 3.6 Operating noise temperature or system noise temperature ..... | 9    |
| 3.7 Reference noise source .....                                  | 11   |
| 3.8 Equivalent input noise temperature of a two-port device ..... | 11   |
| 3.9 Average noise figure .....                                    | 13   |
| 4. General considerations .....                                   | 13   |
| 5. Methods of measurement .....                                   | 15   |
| 5.1 Y-factor methods .....                                        | 15   |
| 5.1.1 Power meter method .....                                    | 15   |
| 5.1.2 Variable attenuator method .....                            | 17   |
| 5.2 3 dB loss methods .....                                       | 19   |
| 5.2.1 Variable source method .....                                | 19   |
| 5.2.2 Fixed source method .....                                   | 21   |
| 5.3 Automatic noise figure meter (ANFM) method .....              | 23   |
| 5.4 C.W. method .....                                             | 25   |
| 6. Presentation of results .....                                  | 27   |
| 7. Details to be specified .....                                  | 27   |
| APPENDIX A — Measurement of the noise bandwidth .....             | 29   |
| FIGURES .....                                                     | 30   |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES DE MESURE POUR LES ÉQUIPEMENTS  
RADIOÉLECTRIQUES UTILISÉS DANS LES STATIONS TERRIENNES  
DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES****Première partie: Mesures communes à des sous-systèmes et à des combinaisons  
de sous-systèmes****Section cinq – Mesures de température de bruit**

## 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: Faisceaux hertziens et systèmes fixes de télécommunication par satellite, du Comité d'Etudes n° 12 de la CEI: Radio-communications.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 12E(BC)117         | 12E(BC)122      |

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT  
USED IN SATELLITE EARTH STATIONS****Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations  
of sub-systems****Section Five – Noise temperature measurements**

## 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 recommendation for their national rules in so far as the 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: Radio Relay and Fixed-satellite Communications Systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

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

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| Six Months' Rule | Report on Voting |
| 12E(CO)117       | 12E(CO)122       |

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

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

## Première partie: Mesures communes à des sous-systèmes et à des combinaisons de sous-systèmes

### Section cinq – Mesures de température de bruit

#### 1. Domaine d'application

La présente section porte sur les méthodes de mesure devant être utilisées pour évaluer la température de bruit et le facteur de bruit de sous-systèmes et/ou de combinaisons de sous-systèmes dans des conditions linéaires où l'on dispose d'accès appropriés.

Des mesures appropriées à des systèmes ou sous-systèmes particuliers sont données dans les deuxième et troisième parties de la présente publication.

#### 2. Introduction

Le bruit peut survenir soit extérieurement, soit intérieurement, c'est-à-dire au sein même du matériel. Le bruit extérieur est surtout dû à une source de parasites quelconque associée à un rayonnement thermique venant de l'atmosphère et de la surface de la terre. Le bruit interne est issu du bruit thermique et du bruit des circuits, comme l'effet de grenaille dans des tubes électroniques, le bruit de fluctuation dans les semiconducteurs et les mouvements aux limites de domaines dans les dispositifs ferromagnétiques.

La température de bruit est une mesure commode de la puissance du bruit produite par un système ou un sous-système; il s'agit presque toujours d'une température «équivalente», et non d'une température réelle, puisqu'elle constitue une mesure du résultat de toutes les sources de bruit, qu'elles soient thermiques ou non.

#### 3. Définitions

Les définitions suivantes sont applicables à la présente section.

##### 3.1 Densité spectrale de la puissance de bruit (densité de puissance de bruit)

La densité spectrale de la puissance de bruit est définie par:

$$N(f) = \frac{dP_n(f)}{df} \quad (3-1)$$

où:

$N(f)$  est la densité spectrale de la puissance du bruit, fonction de la fréquence

$dP_n(f)$  est la puissance de bruit totale contenue dans l'intervalle de fréquence  $df$

*Note.* — Dans la pratique, la densité spectrale de la puissance de bruit peut être considérée comme la puissance de bruit contenue dans une largeur de bande d'un hertz.

## METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

### Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems

#### Section Five – Noise temperature measurements

#### 1. Scope

This section covers the methods of measurement to be used in order to evaluate the noise temperature and the noise figure of sub-systems, and/or combinations of sub-systems, under linear conditions where appropriate ports are available.

Measurements appropriate to specific systems or sub-systems are given in Parts 2 and 3 of this publication.

#### 2. Introduction

Noise may arise externally or internally, i.e. within the equipment itself. External noise is principally due to any interference source, together with thermal radiation from the atmosphere and the surface of the earth. Internal noise arises from thermal noise and from circuit noise such as shot noise in thermionic tubes, fluctuation noise in semiconductors and movements of domain boundaries in ferromagnetic devices.

The noise temperature is a convenient measure of the noise power produced by a system or sub-system; it is almost always an “equivalent” temperature rather than an actual temperature, since it is a measure of the result of all the noise sources both thermal and non-thermal.

#### 3. Definitions

The following definitions are applicable to this section.

##### 3.1 Noise power spectral density (noise power density)

Noise power spectral density is defined by:

$$N(f) = \frac{dP_n(f)}{df} \quad (3-1)$$

where:

$N(f)$  is the noise power spectral density as a function of the frequency  
 $dP_n(f)$  is the total noise power contained within the frequency interval  $df$

*Note.* — For practical purposes, the noise power spectral density can be considered as the noise power contained in a 1 Hz bandwidth.

### 3.2 Densité de puissance de bruit disponible

La densité de puissance de bruit disponible est la densité de puissance de bruit délivrée par une source de bruit à une charge adaptée.

### 3.3 Température de bruit

La température de bruit est le rapport de la densité de puissance de bruit disponible à la constante de Boltzmann:

$$T_n(f) = \frac{N(f)}{k} \quad (\text{K}) \quad (3-2)$$

où:

$T_n(f)$  est la température de bruit, fonction de la fréquence  
 $k$  est la constante de Boltzmann, soit  $1,3805 \times 10^{-23}$  J/K

La température de bruit est invariablement une température «équivalente» et non une température réelle. Même si la totalité de la puissance de bruit est d'origine thermique, la température de bruit n'est pas uniquement due au rayonnement d'un seul corps à une seule température.

L'indice «n» indique une température équivalente et son absence indique une température réelle.

### 3.4 Température de bruit moyenne

La température de bruit moyenne est définie par:

$$\bar{T}_n = \frac{P_n}{kB} \quad (\text{K}) \quad (3-3)$$

où:

$\bar{T}_n$  est la valeur moyenne  
 $P_n$  est la puissance de bruit totale dans la largeur de bande de bruit  $B$  définie dans le paragraphe ci-dessous

### 3.5 Largeur de bande de bruit

Si  $G(f)$  représente le gain en puissance disponible d'un réseau linéaire sans bruit, gain dépendant de la fréquence, et  $G_o$  le gain en puissance disponible à la fréquence centrale ou de référence  $f_o$ , la largeur de bande de bruit  $B$  est définie comme la largeur de bande d'un filtre idéal sans bruit ayant une caractéristique amplitude/fréquence de forme rectangulaire avec un gain en puissance disponible  $G_o$ , et ayant une puissance de bruit de sortie correspondant à un filtre réel (voir figure 1). La densité de puissance de bruit est supposée constante en fonction de la fréquence.

La puissance de bruit à la sortie du filtre peut alors s'exprimer par:

$$P_{no} = \int_0^\infty NG(f) df = NBG_o \quad (\text{W}) \quad (3-4)$$

où:

$N$  est la puissance de bruit disponible à l'entrée du filtre

D'après l'équation (3-4), la largeur de bande de bruit  $B$  est donnée par:

$$B = \frac{1}{G_o} \int_0^\infty G(f) df \quad (\text{Hz}) \quad (3-5)$$

On notera que la valeur de la largeur de bande de bruit  $B$  n'est pas un paramètre constant d'un filtre, mais dépend du choix de  $f_o$  qui, à son tour, définit  $G_o$ .

### 3.6 Température de bruit en service ou température de bruit d'un système

La température de bruit en service ( $T_{op}$ ) d'un sous-système ou d'une combinaison de sous-systèmes est la température de bruit qui tient compte du bruit engendré par la totalité des sources, aussi bien extérieures qu'intérieures, dans le matériel essayé.

### 3.2 Available noise power density

The available noise power density is that noise power density delivered from a noise source to a matched load.

### 3.3 Noise temperature

Noise temperature is the ratio of the available noise power density to Boltzmann's constant:

$$T_n(f) = \frac{N(f)}{k} \quad (\text{K}) \quad (3-2)$$

where:

$T_n(f)$  is the noise temperature as a function of the frequency  
 $k$  is Boltzmann's constant,  $1.3805 \times 10^{-23}$  J/K

The noise temperature is invariably an "equivalent" temperature, rather than an actual temperature. Even when the total noise power is of thermal origin, the noise temperature is not due solely to the radiation from a single body at a single temperature.

The subscript 'n' indicates an equivalent temperature, and omission of it indicates an actual temperature.

### 3.4 Average noise temperature

The average noise temperature is defined by:

$$\bar{T}_n = \frac{P_n}{kB} \quad (\text{K}) \quad (3-3)$$

where:

$\bar{T}_n$  is the average value, and  
 $P_n$  is the total noise power within the noise bandwidth  $B$ , defined in the sub-clause below

### 3.5 Noise bandwidth

If  $G(f)$  represents the frequency-dependent available power gain of a noise-free linear network, and  $G_o$  is its available power gain at the nominal centre or reference frequency  $f_o$ , then the noise bandwidth  $B$  is defined as the bandwidth of an ideal noise-free filter having a rectangular-shaped amplitude/frequency characteristic with an available power gain  $G_o$ , and having a noise power output equal to an actual filter (see Figure 1). It is assumed that the noise power density is constant with frequency.

The noise power at the output of the filter can then be expressed as follows:

$$P_{no} = \int_0^\infty NG(f) df = NBG_o \quad (\text{W}) \quad (3-4)$$

where:

$N$  is the available noise power at the input of the filter

From equation (3-4), the noise bandwidth  $B$  is given by:

$$B = \frac{1}{G_o} \int_0^\infty G(f) df \quad (\text{Hz}) \quad (3-5)$$

It should be noted that the value of the noise bandwidth  $B$  is not a constant parameter of a filter, but depends upon the choice of  $f_o$ , which in turn defines  $G_o$ .

### 3.6 Operating noise temperature or system noise temperature

The operating noise temperature ( $T_{op}$ ) of a sub-system or combination of sub-systems is that noise temperature which accounts for the noise generated by all sources, both external and internal, in the equipment under test.

Pour un dispositif à deux accès ou un certain nombre de dispositifs à deux accès en série, la  $T_{op}$  correspondant à l'accès d'entrée du premier est donnée par:

$$T_{op} = T_i + T_e \quad (3-6)$$

où  $T_i$  est la température de bruit à l'accès d'entrée et  $T_e$  est la température de bruit d'entrée équivalente du dispositif ou de la chaîne de dispositifs constituant le matériel essayé.

Le terme «température de bruit d'un système» est souvent employé pour indiquer la température de bruit d'un système de communication complet et est désigné par  $T_s$ .

Le terme «température de bruit en service» s'emploie dans le même sens, mais est souvent utilisé dans un sens plus général pour tout ensemble comportant une source de bruit, un système ou sous-système en essai et une charge, et est désigné par  $T_{op}$ .

### 3.7 Source de bruit de référence

Une source de bruit de référence est une source dont la température de bruit peut être maintenue constante pendant un intervalle de mesure. Il est généralement inutile de connaître la température de bruit d'une source de bruit de référence. Toutefois, si la température de bruit est connue, la source est désignée par source de bruit étalon. La température de bruit d'une source de bruit de référence peut être la température ambiante. Une charge thermique à température ambiante en est un exemple type.

La source de bruit de référence consiste souvent en une charge chaude ou en une charge froide et un atténuateur (donnant un affaiblissement de rapport  $L$ ) se trouvant à la température ambiante ou presque (voir figure 2). Dans ce cas, la température de référence  $T_r$  est donnée par:

$$T_r = \frac{T_{source}}{L} + T_a \left( \frac{L-1}{L} \right) \quad (K) \quad (3-7)$$

### 3.8 Température de bruit équivalente d'entrée d'un dispositif à deux accès

La température de bruit équivalente d'entrée d'un dispositif à deux accès est une température de bruit fictive qui, ajoutée à celle d'un dispositif sans bruit à deux accès théoriquement idéal ayant la même impédance d'entrée et le même gain que le vrai dispositif, produira la même densité de puissance de bruit de sortie que le dispositif réel.

La densité de puissance de bruit de sortie  $N_o$  d'un dispositif à deux accès, avec une température de bruit équivalente d'entrée  $T_e$  lorsqu'il est relié à une source de bruit de température  $T_{source}$ , est donnée par:

$$N_o = (T_{source} + T_e) kG \quad (W/Hz) \quad (3-8)$$

où:

$k$  est la constante de Boltzmann, et

$G$  est le gain de l'amplificateur

Si  $\bar{T}_e$  est la température de bruit équivalente d'entrée *moyenne* dans une largeur de bande donnée  $B$ , la puissance de bruit de sortie  $P_{no}$  d'un dispositif à deux accès est alors:

$$P_{no} = (T_{source} + \bar{T}_e) kGB \quad (3-9)$$

où:

$B$  est la largeur de bande de bruit, et

$T_{source}$  est supposée constante sur la largeur de bande  $B$

Sauf indication contraire, le terme *température de bruit équivalente d'entrée* sera interprété comme signifiant la température de bruit moyenne d'entrée sur une largeur de bande donnée.