

NORME  
INTERNATIONALE

CEI  
IEC

INTERNATIONAL  
STANDARD

**60235-2A**

Première édition  
First edition  
1974-01

---

---

**Premier complément à la Publication 60235-2 (1972)**

**Mesure des caractéristiques électriques  
des tubes pour hyperfréquences**

**Deuxième partie:**

**Mesures générales**

**Chapitre V: Méthodes de mesure du bruit parasite**

**First supplement to Publication 60235-2 (1972)**

**Measurement of the electrical properties  
of microwave tubes**

**Part 2:**

**General measurements**

**Chapter V: Methods of measuring parasitic noise**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60235-2A: 1974

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> 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**

**60235-2A**

Première édition  
First edition  
1974-01

---

---

**Premier complément à la Publication 60235-2 (1972)**

**Mesure des caractéristiques électriques  
des tubes pour hyperfréquences**

**Deuxième partie:**

**Mesures générales**

**Chapitre V: Méthodes de mesure du bruit parasite**

**First supplement to Publication 60235-2 (1972)**

**Measurement of the electrical properties  
of microwave tubes**

**Part 2:**

**General measurements**

**Chapter V: Methods of measuring parasitic noise**

© IEC 1974 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  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe 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

**U**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                   | Pages |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                               | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                 | 4     |
| Articles                                                                          |       |
| 22. Introduction au chapitre V . . . . .                                          | 6     |
| 23. Théorie générale . . . . .                                                    | 6     |
| 23.1 Introduction . . . . .                                                       | 6     |
| 23.2 Classification du bruit . . . . .                                            | 6     |
| 24. Etalon de bruit et sources d'étalonnage . . . . .                             | 8     |
| 24.1 Etalon de bruit et source d'étalonnage pour le bruit de fond . . . . .       | 8     |
| 24.2 Etalon de bruit et source d'étalonnage pour le bruit de modulation . . . . . | 8     |
| 25. Mesures . . . . .                                                             | 8     |
| 25.1 Mesures du bruit de fond . . . . .                                           | 10    |
| 25.2 Mesures du bruit de modulation . . . . .                                     | 24    |
| FIGURES . . . . .                                                                 | 42    |
| ANNEXE — Tableau donnant les caractéristiques des méthodes de mesure . . . . .    | 54    |

## CONTENTS

|                                                                            | Page |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                         | 5    |
| PREFACE . . . . .                                                          | 5    |
| Clause                                                                     |      |
| 22. Introduction to Chapter V . . . . .                                    | 7    |
| 23. General theory . . . . .                                               | 7    |
| 23.1 Introduction . . . . .                                                | 7    |
| 23.2 Classification of noise . . . . .                                     | 7    |
| 24. Noise reference and calibration sources . . . . .                      | 9    |
| 24.1 Noise reference and calibration source for background noise . . . . . | 9    |
| 24.2 Noise reference and calibration source for modulation noise . . . . . | 9    |
| 25. Measurements . . . . .                                                 | 9    |
| 25.1 Background noise measurements . . . . .                               | 11   |
| 25.2 Modulation noise measurements . . . . .                               | 25   |
| FIGURES . . . . .                                                          | 42   |
| APPENDIX — Table of measurement method characteristics . . . . .           | 55   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

**PREMIER COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 235-2 (1972)**  
**MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES**  
**DEUXIÈME PARTIE: MESURES GÉNÉRALES**  
**CHAPITRE V: MÉTHODES DE MESURE DU BRUIT PARASITE**

---

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 recommandation a été préparée par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques, et le Sous-Comité 39A: Tubes pour hyperfréquences.

Elle forme le chapitre V de la partie traitant des mesures générales des tubes pour hyperfréquences.

Un premier projet fut diffusé en 1969, un second et un troisième projets suivirent en 1969 et 1971 résultant des discussions menées lors des réunions tenues respectivement à Varsovie et à Washington. Après la réunion tenue à Paris en 1971, un projet final, document 39(Bureau Central)253, fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en janvier 1973.

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

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Allemagne             | Italie                  |
| Australie             | Japon                   |
| Belgique              | Royaume-Uni             |
| Canada                | Suède                   |
| Egypte                | Suisse                  |
| Etats-Unis d'Amérique | Tchécoslovaquie         |
| Finlande              | Turquie                 |
| France                | Union des Républiques   |
| Israël                | Socialistes Soviétiques |

---

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 235-2 (1972)**  
**MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF MICROWAVE TUBES**  
**PART 2: GENERAL MEASUREMENTS**  
**CHAPTER V: METHODS OF MEASURING PARASITIC NOISE**

---

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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes, and Sub-Committee 39A, Microwave Tubes.

It forms Chapter V of the part dealing with general measurements of microwave tubes.

A first draft was circulated in 1969, a second and third draft followed successively in 1969 and 1971 as a result of discussions which took place during the meetings held in Warsaw and in Washington respectively. After the meeting held in Paris in 1971, a final draft, document 39(Central Office)253, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Australia      | Italy                    |
| Belgium        | Japan                    |
| Canada         | Sweden                   |
| Czechoslovakia | Switzerland              |
| Egypt          | Turkey                   |
| Finland        | Union of Soviet          |
| France         | Socialist Republics      |
| Germany        | United Kingdom           |
| Israel         | United States of America |

---

**PREMIER COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 235-2 (1972)**  
**MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES**  
**DEUXIÈME PARTIE : MESURES GÉNÉRALES**  
**CHAPITRE V : MÉTHODES DE MESURE DU BRUIT PARASITE**

---

## 22. Introduction au chapitre V

Le présent chapitre donne des méthodes représentatives de mesure du bruit se produisant dans les tubes pour hyperfréquences.

Ces méthodes sont résumées et comparées dans l'annexe pour faciliter le choix de la meilleure méthode à utiliser dans une situation particulière.

Les méthodes de mesures données dans ce chapitre sont suffisamment précises pour procurer un moyen de vérifier le bruit produit par le tube pour hyperfréquences, dans des limites acceptables.

## 23. Théorie générale

### 23.1 Introduction

On effectue des mesures de bruit sur les tubes pour hyperfréquences pour vérifier la contribution du tube à la dégradation du fonctionnement d'un système, causée par le bruit.

En conséquence, le type de mesure de bruit qui peut être souhaitable dépend non pas uniquement du type de tube (c'est-à-dire oscillateur ou amplificateur) mais aussi de l'application du système dans lequel le tube sera utilisé.

Dans les mesures de bruit, les composantes de modulation en fréquence et en phase ne peuvent être distinguées.

En conséquence, le résultat d'une telle mesure peut être exprimé d'une façon ou d'une autre.

Les mesures de bruit ne peuvent être effectuées avec précision que si le système est adapté avec soin dans son ensemble.

### 23.2 Classification du bruit

En général, les effets du bruit peuvent être décrits comme bruit de fond ou bruit de modulation.

La différence peut être expliquée comme suit :

#### 23.2.1 Bruit de fond

Bruit qui est toujours présent dans un tube pour hyperfréquences. Il a une très large bande et a une répartition de fréquence comme indiqué à la figure 18, page 42.

Ce bruit est généralement aléatoire et constitué de bruit thermique, de bruit de scintillation, de bruit de grenaille, de bruit ionique et de bruit provenant de tout autre processus aléatoire.

Le bruit de fond dans un amplificateur s'exprime au moyen du facteur de bruit.

#### 23.2.2 Bruit de modulation

Le bruit de modulation provient de l'interaction d'une porteuse et de signaux de modulation (voir paragraphes 23.2.2.1 et 23.2.2.2).

En général, ce bruit provoque simultanément des bandes latérales de modulation en amplitude et en fréquence.

**FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 235-2 (1972)**  
**MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF MICROWAVE TUBES**  
**PART 2: GENERAL MEASUREMENTS**  
**CHAPTER V: METHODS OF MEASURING PARASITIC NOISE**

---

**22. Introduction to Chapter V**

This chapter gives representative methods for measurement of noise developed in microwave tubes.

These methods are summarized and compared in the Appendix to facilitate selection of the best method for use in a particular situation.

The methods of measurement given in this chapter are sufficiently accurate to provide a means of assessing noise contributed by the microwave tube within acceptable limits.

**23. General theory**

**23.1 Introduction**

Noise measurements are made on microwave tubes to assess the contribution of the tube to system performance degradation arising from noise.

Consequently, the type of noise measurement that may be desirable is not solely dependent on the type of tube (i.e. oscillator or amplifier) but also on the system application for which it is to be used.

In noise measurements, frequency modulation and phase modulation components are indistinguishable.

The result of such a measurement may thus be expressed in either way.

Measurements of noise can be made with accuracy only if the system is carefully matched throughout.

**23.2 Classification of noise**

In general terms, noise effects may be described as background noise or modulation noise.

The difference may be described as follows:

**23.2.1 Background noise**

Noise that is always present within a microwave tube. It is very broad-band, having a frequency distribution as shown in Figure 18, page 42.

It is usually random noise made up of thermal noise, flicker noise, shot noise, ionic noise and noise arising from any other random process.

Background noise in an amplifier is expressed in terms of noise figure.

**23.2.2 Modulation noise**

Modulation noise arises from interaction of a carrier with modulating signals (see Sub-clauses 23.2.2.1 and 23.2.2.2).

This generally results in simultaneous amplitude and frequency modulation sidebands.

Le bruit de modulation est mesuré et exprimé en fonction du rapport porteuse à bruit.

Dans la plupart des cas, la mesure peut être exprimée sous forme du rapport de (1) la puissance porteuse plus la puissance totale de bruit sur (2) la puissance de bruit dans une bande passante donnée, mesurée à un écart de fréquence donné de la fréquence porteuse.

#### 23.2.2.1 *Modulation par bruit de fond*

Lorsque le bruit de modulation résulte d'une modulation par le bruit de fond, les bandes latérales sont corrélées l'une à l'autre mais ne sont pas cohérentes.

#### 23.2.2.2 *Modulation par d'autres effets*

Lorsque le bruit de modulation résulte d'une modulation par un signal cohérent ou quasi cohérent, tel que du ronflement ou des oscillations ioniques, les bandes latérales sont corrélées l'une à l'autre et avec la porteuse.

Ces bandes sont aussi cohérentes ou quasi cohérentes et peuvent donner lieu à des lignes spectrales anormales, par exemple dans les radars à effets doppler.

La répartition en fréquence du bruit de modulation est, en général, celle indiquée à la figure 19, page 42.

### 24. Etalon de bruit et sources d'étalonnage

#### 24.1 *Etalon de bruit et source d'étalonnage pour le bruit de fond*

La source fondamentale de puissance de bruit pour les mesures en hyperfréquences est le tube à décharge dans un gaz.

La puissance de sortie d'un tel tube est à très large bande et de l'ordre de 15 dB à 18 dB au-dessus du bruit thermique. Le tube est étalonné à l'aide d'un étalon primaire pour être utilisé comme référence pour toutes les mesures usuelles.

#### 24.2 *Etalon de bruit et source d'étalonnage pour le bruit de modulation*

Dans l'étalonnage du système de mesure du bruit de modulation, on devra utiliser des générateurs de signaux ayant des modulateurs M.A./M.F. internes ou externes, d'indice de modulation bas et connu. Dans l'étalonnage, les sorties correspondant à plusieurs valeurs données d'indice de modulation sont notées et une courbe d'étalonnage est tracée.

### 25. Mesures

#### *Introduction générale*

Les méthodes de mesure du bruit sont fondamentalement similaires en ce qu'elles cherchent à mesurer une faible quantité de puissance de bruit dans une bande passante relativement étroite.

L'existence de diverses méthodes d'isolement, de détection et d'analyse de cette puissance conduit à une large gamme de méthodes pour des applications particulières.

Les méthodes données dans cette recommandation sont représentatives.

D'autres combinaisons, en particulier pour l'étalonnage et l'analyse, peuvent donner des résultats également utiles pour des applications particulières.

Une méthode couramment utilisée, mais qui n'est pas décrite en détail dans cette recommandation, est celle de la dégradation du facteur de bruit.

Cette méthode est plus associée aux essais d'équipements qu'aux essais de composants, mais elle est souvent utilisée car elle représente réellement une situation de travail.

Modulation noise is measured and expressed in terms of carrier-to-noise ratio.

In most practical cases, the measurement may be expressed as the ratio of (1) the carrier power plus overall noise power to (2) the noise power within a stated bandwidth measured at a stated frequency distance from the carrier frequency.

#### 23.2.2.1 *Modulation by background noise*

When modulation noise is a result of modulation by background noise, the sidebands are correlated with each other but they are not coherent.

#### 23.2.2.2 *Modulation by other effects*

When modulation noise is a result of modulation by a coherent or quasi-coherent signal, such as hum or ionic oscillations, the sidebands are correlated with each other and with the carrier.

They are also coherent or quasi-coherent and may give rise to anomalous spectral lines in, for example, doppler radars.

The frequency distribution of modulation noise is usually as shown in Figure 19, page 42.

### 24. Noise reference and calibration sources

#### 24.1 *Noise reference and calibration source for background noise*

The basic source for noise power in microwave measurements is the gas discharge tube.

The output power from such a tube is very broad-band and of the order of 15 dB to 18 dB above thermal noise. The tube is calibrated with a primary standard for use as a reference standard for all the usual measurements.

#### 24.2 *Noise reference and calibration source for modulation noise*

In the calibration of the modulation noise measurement system, use should be made of signal generators having internal or external A.M./F.M. modulators of stated low modulation index. In the calibration, the outputs corresponding to several stated values of modulation index are noted and a calibration curve is drawn.

### 25. Measurements

#### *General introduction*

Methods of measuring noise are basically similar in that they all involve the measurement of a small amount of noise power in a relatively narrow bandwidth.

The availability of various methods of isolation, detection and analysis of this power leads to a wide range of methods for particular applications.

The methods given in this recommendation are representative.

Other combinations, particularly of calibration and analysis, may give equally useful results for particular applications.

A method commonly used, but not described in detail in this recommendation, is that of noise factor degradation.

This method is more associated with equipment tests than with device tests, but is often used because it represents a real working situation.

Dans cette méthode, on mesure le facteur de bruit d'un récepteur, d'abord avec un dispositif étalon ou de référence, puis avec un dispositif dont on désire connaître le comportement.

La variation du facteur de bruit entre ces deux mesures représente la qualité du dispositif mesuré, et est exprimée comme une dégradation du facteur de bruit.

Cette méthode est très utile pour comparer une série de dispositifs sans donner nécessairement une valeur absolue pour le facteur de bruit d'un dispositif.

D'autres effets dans le tube à mesurer, tels que des oscillations parasites, une instabilité, une dérive et des fluctuations, peuvent contribuer à la puissance de bruit mesurée, mais ce n'est pas le but des méthodes données ici que de distinguer entre les causes du bruit, mais simplement de mesurer sa valeur.

A cause de la variété des mesures à effectuer, il est généralement pratique de combiner les diverses méthodes par l'usage d'un même appareillage qui peut être branché de façon telle que, par simple réarrangement, plusieurs mesures différentes peuvent être effectuées, par exemple la mesure du bruit de modulation en amplitude et du bruit de modulation en fréquence en changeant la phase d'une porteuse de référence.

Les méthodes de mesure décrites dans ce document ont été divisées en deux groupes, celles concernant le bruit de fond et celles concernant le bruit de modulation.

Des mesures complètes sur un type de tube particulier révèlent la composante prédominante de bruit et, par la suite, la méthode de mesure peut être limitée à ce type de bruit.

Il y a, en conséquence, un certain recouvrement entre les méthodes de mesure effectuées dans une gamme particulière de fréquence de bande latérale.

La déviation de fréquence du générateur de signal est étalonnée par la méthode de la « disparition de la porteuse » et interpolée pour les faibles indices de modulation généralement désirés en réduisant la tension d'accord électronique au moyen d'un atténuateur variable étalonné.

Des précautions sont prises pour assurer la linéarité de la caractéristique de modulation en fréquence et pour minimiser une éventuelle modulation en amplitude du générateur de signal.

Tout effet parasite de modulation en fréquence du générateur de signal d'étalonnage peut être réduit en utilisant un indicateur à bande étroite (par exemple un analyseur de spectre) accordé sur la fréquence de la modulation d'étalonnage.

Lorsqu'un bruit de modulation notable se produit dans une zone où le bruit de fond est présent, les deux méthodes peuvent être utilisées.

### 25.1 Mesures du bruit de fond

Le bruit de fond en l'absence d'un signal de porteuse est généralement mesuré à l'aide d'un récepteur hétérodyne car la détection directe aurait une faible sensibilité pour de faibles niveaux de puissance et serait entachée d'un bruit, de niveau très élevé, produit par un détecteur à semiconducteur aux très basses fréquences.

L'oscillateur local hétérodyne produit le niveau de porteuse correct pour obtenir un facteur de bruit minimum au détecteur.

Une amplification convenable à la fréquence intermédiaire permet alors d'effectuer une mesure précise.

Lorsqu'une porteuse est présente, elle est utilisée comme signal de l'oscillateur local pour transformer, à une fréquence intermédiaire, une portion du bruit de fond.

La bande passante et la fréquence centrale de l'amplificateur à fréquence intermédiaire déterminent quelle portion du spectre du bruit de fond est mesurée par rapport à la fréquence du signal de la porteuse.

Ceci est illustré à la figure 20, page 43.

Le niveau de cette portion est mesuré sur un récepteur à fréquence intermédiaire.

Les bandes latérales sont alors supprimées par des moyens appropriés et une quantité connue de bruit provenant d'une source de bruit est substituée pour donner la même indication du récepteur.

In this method, the noise factor of a receiver is measured, first with a standard or reference device, and then with a device whose performance is required to be known.

The change in noise factor between these two measurements represents the quality of the device being measured, and is expressed as a noise factor degradation.

This method is very useful for comparing a series of devices without necessarily giving an absolute value for the device noise factor.

Other effects in the tube being measured, such as unwanted oscillations, instability, drift and jitter, may contribute to the noise power measured, but it is not the purpose of the methods given here to distinguish between the causes of noise, but simply to measure its value.

Because of the variety of measurements to be made, it is usually convenient to combine the different methods by use of the same equipment, which may be connected in such a way that by simple rearrangement several different measurements can be made, such as amplitude modulation noise and frequency modulation noise by changing the phase of a reference carrier.

The methods of measurement described in this document have been divided into two groups, those related to background noise and those related to modulation noise.

Full measurements on a particular type of tube reveal the predominant noise component and subsequently the method of measurement may be restricted to this type of noise.

There is, therefore, some overlap between the methods of measurement carried out in a particular sideband frequency range.

The frequency deviation of the signal generator is calibrated by the “disappearing carrier” method and interpolated to the low modulation indices usually required by reducing the electronic tuning voltage by means of a calibrated variable attenuator.

Precautions are taken to ensure a linear frequency modulation characteristic and to minimize incidental amplitude modulation of the signal generator.

Any effect of unwanted frequency modulation of the calibrating signal generator may be minimized by using a narrow-band indicator (e.g. spectrum analyser) tuned to the frequency of the calibrating modulation.

When a noticeable modulation noise occurs in a region where background noise is present, both methods may be used.

### 25.1 *Background noise measurements*

Background noise in the absence of a carrier signal is generally measured using a heterodyne receiver because direct detection would have poor sensitivity at low power levels and suffer from the very considerable noise generated by a semi-conductor detector at very low frequencies.

The heterodyne local oscillator provides the correct carrier level for minimum noise factor of the detector.

Suitable amplification at intermediate frequency then permits an accurate measurement to be made.

When a carrier is present, it is used as a local oscillator signal to transform a portion of the background noise to an intermediate frequency.

The bandwidth and centre frequency of the intermediate frequency amplifier determine which portion of the background noise spectrum in relation to the signal carrier frequency is being measured.

This is illustrated in Figure 20, page 43.

The level of this portion is measured on an intermediate frequency receiver.

The sidebands are then suppressed by appropriate means and a known amount of noise from a noise source is substituted to give the same receiver indication.

Ainsi, le récepteur à fréquence intermédiaire est utilisé pour comparer la puissance de bruit étalonée avec celle provenant du tube mesuré.

L'avantage de cette méthode est sa simplicité et le fait qu'il n'est pas nécessaire de déterminer le facteur de bruit du récepteur ni d'étalonner l'indicateur de sortie.

### 25.1.1 Mesure du facteur de bruit (tubes amplificateurs)

Un schéma fonctionnel du circuit correspondant à cette méthode est indiqué à la figure 21, page 43.

#### 25.1.1.1 Théorie

Cette méthode est utilisée pour les mesures en l'absence de porteuse, pour des facteurs de bruit compris approximativement entre 3 dB et 30 dB et particulièrement pour les tubes à onde progressive.

La précision peut être meilleure que 0,1 dB.

On mesure le bruit en sortie du tube amplificateur avec l'entrée du tube d'abord branchée sur une terminaison adaptée, à la température de référence, puis sur une source de bruit étalonée.

Le facteur de bruit est évalué en comparant (1) la quantité de puissance de bruit connue ajoutée par la source de bruit avec (2) la puissance de bruit indiquée produite par l'amplificateur.

Le facteur de bruit obtenu est la moyenne sur la largeur de bande du récepteur, qui comprend, généralement, à la fois les bandes latérales supérieure et inférieure également espacées de la fréquence de référence par la valeur de la fréquence intermédiaire du récepteur.

#### 25.1.1.2 Mesure

On fait fonctionner le tube, dans des conditions données, dans le circuit indiqué à la figure 21.

La source de bruit étant coupée, on accorde le récepteur sur la fréquence de référence et on le règle pour donner une sortie convenable, qui est notée.

La source de bruit étant mise en circuit, une atténuation supplémentaire  $A$ , nécessaire pour obtenir la même sortie du récepteur, est notée.

Lorsque le gain du tube mesuré est suffisamment élevé et que toute contribution de bruit provenant de l'atténuateur peut être négligée, le facteur de bruit  $F$  est donné par :

$$F = \frac{REB}{A-1}$$

où :

$REB$  = rapport d'excès de bruit de la source de bruit,

$A$  = atténuation supplémentaire, exprimée en rapport de puissance.

Le facteur de bruit  $F$  peut aussi être exprimé en décibels par :

$$F = 10 \log_{10} \frac{REB}{A-1}$$

Notes 1. — Un récepteur hétérodyne est généralement utilisé. Si le récepteur fonctionne sur une plage linéaire de conversion de puissance à la fréquence intermédiaire, un atténuateur à la fréquence intermédiaire peut être utilisé au lieu d'un atténuateur à la fréquence radioélectrique. Le facteur de bruit du tube doit alors être calculé selon la formule :

$$F = \frac{REB}{A-1} - \frac{F_r-1}{g}$$

ou :

$F_r$  = facteur de bruit du récepteur,

$g$  = gain du tube mesuré (exprimé sous forme de rapport de puissance).

2. — Pour un récepteur hétérodyne, la fréquence intermédiaire et la bande passante devront être choisies pour correspondre aux conditions dans lesquelles on pense que le tube mesuré sera utilisé. Pour des fréquences intermédiaires supérieures à 10 MHz, le bruit de modulation est en général négligeable.

Thus the intermediate frequency receiver is used to compare the calibrated noise power with that from the tube being measured.

The advantage of this method is its simplicity and the fact that the determination of the receiver noise factor and calibration of the output meter are unnecessary.

#### 25.1.1 Noise factor measurement (amplifier tubes)

A block diagram of the circuit for this method is shown in Figure 21, page 43.

##### 25.1.1.1 Theory

This method is used for measurements in the absence of a carrier for noise factors in the range approximately 3 dB to 30 dB and particularly for travelling-wave tubes.

The accuracy can be within 0.1 dB.

The noise output from the amplifier tube is measured with the tube input first connected to a matched termination at the reference temperature and then to a calibrated noise source.

The noise factor is evaluated by comparing (1) the known amount of noise power added from the noise source with (2) the indicated power generated by the amplifier.

The result of the measurement is the measured value of the noise factor averaged over the receiver bandwidth, which usually comprises both upper and lower sidebands equally spaced from the reference frequency by the intermediate frequency of the receiver.

##### 25.1.1.2 Measurement

The tube is operated, under stated conditions, in the circuit shown in Figure 21.

With the noise source switched off, the receiver is tuned to the reference frequency and is adjusted to give a suitable output, which is recorded.

With the noise source switched on, the additional attenuation  $A$ , required to obtain the same receiver output, is recorded.

When the gain of the tube being measured is sufficiently high and any noise contribution from the attenuator can be neglected, the noise factor  $F$  is given by:

$$F = \frac{ENR}{A-1}$$

where:

$ENR$  = excess noise ratio of the noise source,

$A$  = additional attenuation expressed as a power ratio.

The noise factor,  $F$ , may also be expressed in decibels as:

$$F = 10 \log_{10} \frac{ENR}{A-1}$$

*Notes 1.* — A heterodyne receiver is usually used. If the receiver is operated over a linear range of intermediate frequency power conversion, an intermediate frequency attenuator may be used in place of a radio-frequency attenuator. The tube noise factor should then be calculated from the formula:

$$F = \frac{ENR}{A-1} - \frac{F_r-1}{g}$$

where:

$F_r$  = receiver noise factor,

$g$  = gain of tube being measured (expressed as a power ratio).

2. — For a heterodyne receiver, the intermediate frequency and bandwidth should be chosen to represent a situation in which the tube being measured is expected to be used. For intermediate frequencies greater than 10 MHz, the modulation noise is usually not significant.

La puissance de bruit indiquée est la moyenne sur la plage de fréquences de la bande latérale unique ou des deux bandes latérales selon le type de récepteur utilisé.

L'oscillateur local d'un récepteur à deux bandes latérales est accordé sur la fréquence de référence afin que la puissance de bruit soit intégrée sur deux bandes également espacées de la fréquence de référence par la valeur de la fréquence intermédiaire.

Le facteur de bruit sur une bande étroite, qui donne une valeur approchée d'un facteur de bruit ponctuel, peut être mesuré en utilisant un récepteur à bande étroite ou un analyseur de spectre.

3. — Pour des tubes ayant un facteur de bruit élevé, la sortie de la source de bruit peut être accrue par amplification convenable, par exemple à l'aide d'un tube à onde progressive situé entre la source de bruit et le tube mesuré.

La nouvelle valeur de *REB* est alors:

$$REB' = g' (REB + F') - 1$$

où:

$g'$  = gain de l'amplificateur de bruit, exprimé en rapport de puissances,

$F'$  = facteur de bruit de l'amplificateur de bruit.

4. — Le rapport de (1) la puissance de sortie de bruit du tube avec la source de bruit en circuit à (2) la puissance avec la source de bruit coupée est désigné sous la forme de facteur *Y*.

Ce rapport est donné par *A* tant que la contribution au bruit des atténuateurs et du récepteur peut être négligée.

5. — Une lecture continue ou une mesure automatique du facteur de bruit peut être effectuée en utilisant une source de bruit commutée et un détecteur synchrone dans le récepteur.

Le facteur *Y* est indiqué sur un indicateur étalonné directement en facteur de bruit.

Une fréquence de commutation convenable, par exemple 1 kHz, permet de faire apparaître les mesures à la fréquence de balayage sur un oscilloscope ou un enregistreur.

### Précautions

1. La valeur initiale de l'atténuation doit être aussi faible que possible.
2. La source de bruit doit être convenablement chargée. Lorsque la charge ne fait pas partie de la monture du tube de bruit, on doit suivre les exigences du fabricant.
3. Il peut être nécessaire d'utiliser un isolateur pour éviter l'interaction avec le circuit d'entrée du récepteur.
4. Dans les mesures à deux bandes latérales, il peut être nécessaire de vérifier que le facteur de bruit du tube ne varie pas de façon notable sur la plage de fréquences représentée par les bandes latérales supérieure et inférieure, afin que le résultat obtenu puisse être considéré comme représentant la valeur à la fréquence de référence.
5. Si un filtre de réjection est utilisé pour procurer une réception à bande latérale unique, un isolateur doit être utilisé pour éviter les réflexions venant du tube mesuré.

## 25.1.2 Mesure du bruit de bande latérale à l'aide d'un filtre accordé

### 25.1.2.1 Théorie

Un schéma fonctionnel du circuit correspondant à cette méthode est indiqué à la figure 22, page 44. Les bandes latérales de bruit à mesurer sont associées à une porteuse de puissance suffisante pour faire fonctionner le détecteur en tant que mélangeur avec un facteur de bruit optimal et une perte de conversion optimale. La porteuse est maintenue à ce niveau pendant qu'on compare à la puissance de référence de bruit le bruit dans les bandes latérales supérieure et inférieure, correspondant à un écart égal à la fréquence intermédiaire par rapport à la porteuse, et dans la bande passante de la fréquence intermédiaire (figure 20, page 43). La comparaison est effectuée en supprimant les bandes latérales de bruit du tube à l'aide d'un filtre et en les remplaçant par une puissance venant de la source étalon de bruit. L'indication de sortie à la fréquence intermédiaire étant intégrée sur les bandes latérales supérieure et inférieure, ni les pointes ni l'asymétrie du bruit ne sont indiquées.

Le but principal de la mesure est de déterminer la partie du bruit d'un récepteur provenant de l'oscillateur local et, en conséquence, la fréquence intermédiaire sera généralement choisie de façon telle qu'elle se trouve au-dessus de toute bande latérale de modulation, mais l'indication comprendra le bruit de modulation en amplitude plus le bruit de fond.

La sensibilité et la précision dans les mesures à faible niveau dépendent de la sensibilité de l'appareillage de mesure utilisé.

Pour atteindre des niveaux approchant  $-174$  dBm/Hz, il est nécessaire d'utiliser un indicateur à corrélation de niveaux ou un détecteur synchrone.

The indicated noise power is the average over the single or double sideband frequency range(s) according to the type of receiver used.

The local oscillator of a double-sideband receiver is tuned to the reference frequency so that the noise power is averaged over two bands equally spaced from the reference frequency by the intermediate frequency.

The noise factor over a narrow bandwidth, which will approach a true spot noise factor, can be measured by using a narrow-band receiver or a spectrum analyser.

3. — For tubes with a high noise factor, the noise source output may be increased by suitable amplification, for example, a travelling-wave tube between the noise source and the tube being measured.

The new value of *ENR* is then:

$$ENR' = g' (ENR + F') - 1$$

where:

$g'$  = noise amplifier gain, expressed as a power ratio,

$F'$  = noise factor of the noise amplifier.

4. — The ratio of (1) the noise output power from the tube with the noise source switched on, to (2) the power with the noise source switched off, is known as the *Y*-factor.

This ratio is given by *A* as long as the noise contribution from the attenuators and the receiver can be neglected.

5. — A continuous reading or automatic noise factor measurement may be made by using a switched noise source and a synchronous detector in the receiver.

The *Y*-factor is indicated on a meter calibrated directly in noise factor.

A suitable switching frequency, for example 1 kHz, permits swept frequency measurements to be displayed on an oscilloscope or recorder.

### Precautions

1. The initial value of attenuation should be as small as possible.
2. The noise source shall be correctly terminated. Where the termination is not part of the noise tube mount, the manufacturer's requirements shall be complied with.
3. An isolator may be necessary to prevent interaction with the receiver input circuit.
4. In double-sideband measurements, it may be necessary to confirm that the noise figure of the tube does not vary substantially over the frequency range represented by the upper and lower sidebands, so that the result obtained may be considered as representing the value at the reference frequency.
5. If a rejection filter is used to provide single-sideband reception, an isolator should be used to prevent reflection back to the tube being measured.

### 25.1.2 Sideband noise measurement using a tunable filter

#### 25.1.2.1 Theory

A block diagram of the circuit for this method is shown in Figure 22, page 44. The noise sidebands to be measured are associated with a carrier of sufficient power to operate the detector as a mixer with optimum noise factor and conversion loss. The carrier is maintained at this level while the noise in the upper and lower sidebands, corresponding to the intermediate frequency separation from the carrier and intermediate frequency bandwidth (Figure 20, page 43), is compared with the reference noise power. The comparison is made by suppressing the tube noise sidebands by means of a filter and replacing them by power from the calibrated noise source. Because the intermediate frequency output indication is the average over upper and lower sidebands, noise peaks or asymmetry are not indicated.

The main purpose of the measurement is to determine the noise that will be contributed to receiver noise by a local oscillator and hence the intermediate frequency will usually be chosen to lie above any modulation sidebands, but the indication will include amplitude modulation noise plus background noise.

The sensitivity and resolution in low-level measurements depend on the sensitivity of the measuring equipment used.

To attain levels approaching  $-174$  dBm/Hz, it is necessary to use a correlation-level meter or synchronous detector.

### 25.1.2.2 Mesure

Le tube à mesurer est branché dans le circuit indiqué à la figure 22, page 44. Dans ce circuit, le filtre accordable est utilisé pour transmettre la fréquence de référence avec ou sans ses bandes latérales associées. Le coupleur directionnel est généralement un hybride à 3 dB.

La cavité étant, à l'origine, désaccordée afin de ne transmettre que la fréquence de référence, le court-circuit variable est réglé pour obtenir la transmission minimale, puis la cavité accordée pour avoir une transmission maximale à travers le filtre.

Le tube à mesurer est réglé pour fonctionner à la fréquence de référence dans des conditions de puissance optimale. Le filtre accordable est alors réglé pour permettre la transmission de la fréquence de référence et de ses bandes latérales de bruit. La puissance parvenant au détecteur est réglée à un niveau convenable, comme indiqué par le courant redressé par le détecteur, et le gain de l'amplificateur est réglé pour donner une indication satisfaisante à la sortie.

La source de bruit est mise en circuit et le filtre accordable est réglé pour permettre la transmission de la fréquence de référence seulement.

L'atténuateur se trouvant dans le bras correspondant à la source de bruit est alors réglé pour ramener l'indication de sortie à la même valeur que celle obtenue avec la transmission de la fréquence de référence et des bandes latérales de bruit.

Dans toutes ces mesures, il est essentiel que la puissance parvenant au détecteur soit maintenue à un niveau constant.

Pendant la partie de la mesure pour laquelle la sortie de la source de bruit n'est pas nécessaire, une atténuation suffisante est insérée pour supprimer effectivement la puissance provenant de la source de bruit.

La puissance de bruit requise  $P_n$  par unité de bande passante à l'entrée du détecteur est exprimée en dBm/Hz par la formule:

$$P_n = K T_o + REB - A_{ns} - L_d + S$$

où:

$$K T_o = -174 \text{ dBm/Hz}$$

$$REB = \text{rapport d'excès de bruit de la source de bruit, en dB}$$

$$= 10 \log_{10} \frac{T_1 - 290}{290}$$

$$T_1 = \text{température de bruit de la source de bruit}$$

$$A_{ns} = \text{atténuation de l'atténuateur variable étaloné, en dB}$$

$$L_d = \text{atténuation amenée par le coupleur et l'isolateur 2, en dB}$$

$$S = 10 \log_{10} \frac{S_f}{S_f - 1}$$

où  $S_f$  est le facteur de suppression de bande latérale du filtre, exprimé en rapport de puissances supérieur à l'unité.

La valeur de  $S_f$  peut être déterminée par une mesure séparée de la perte de transmission du filtre aux fréquences des bandes latérales supérieure et inférieure utilisées dans la mesure. La perte est mesurée pour les deux réglages du filtre utilisé en cours de mesure. Le rapport de ces valeurs donne le facteur de suppression. Si le facteur varie sur la plage de fréquences de bande latérale correspondant à la bande passante de l'amplificateur à fréquence intermédiaire, une valeur moyenne doit être prise, et si on utilise une détection sur deux bandes latérales, la puissance transmise dans les deux bandes latérales pour la même puissance incidente doit être ajoutée avant de calculer le rapport.

On peut aussi déterminer  $S_f$  en cours de mesure en injectant un signal à une fréquence de bande latérale dans l'isolateur 1 à l'aide d'un coupleur directionnel. Le rapport des puissances requises pour obtenir le même effet additionnel dans le récepteur sur chacune des deux parties de la mesure donne une valeur du facteur de suppression. Il doit être intégré comme pour la détermination séparée.

Pour déterminer le rapport de porteuse à bruit, on mesure la puissance de la fréquence porteuse à l'entrée du détecteur ou on la rapporte à cette entrée.

### 25.1.2.2 Measurement

The tube to be measured is connected in the circuit shown in Figure 22, page 44. In this circuit, the tunable filter is used to transmit the reference frequency with or without its associated sidebands. The directional coupler is usually a 3 dB hybrid.

With the cavity initially detuned, to transmit the reference frequency only, the variable short circuit is adjusted for minimum transmission, and the cavity is tuned for maximum transmission through the filter.

The tube to be measured is adjusted to operate at the reference frequency under optimum-power conditions. The tunable filter is then adjusted to provide transmission of the reference frequency and its noise sidebands. The power into the detector is adjusted to a suitable level, as indicated by the detector rectified current, and the gain of the amplifier is adjusted to provide a convenient output indication.

The noise source is switched on and the tunable filter is adjusted to provide transmission of the reference frequency only.

The attenuator in the noise source arm is then adjusted to return the output indication to the same value as that obtained with the transmission of the reference frequency and the noise sidebands.

It is essential throughout these measurements that the power into the detector be maintained at a fixed level.

For that part of the measurement in which the noise source output is not required, sufficient attenuation is inserted to remove effectively the noise source power.

The required noise power  $P_n$  per unit bandwidth at the detector input is expressed in dBm/Hz by the formula:

$$P_n = K T_o + ENR - A_{ns} - L_d + S$$

where:

$K T_o = -174$  dBm/Hz

$ENR$  = excess noise ratio of noise source, in dB

$$= 10 \log_{10} \frac{T_1 - 290}{290}$$

$T_1$  = noise temperature of the noise source

$A_{ns}$  = attenuation of the calibrated variable attenuator, in dB

$L_d$  = attenuation caused by the coupler and isolator 2, in dB

$$S = 10 \log_{10} \frac{S_f}{S_f - 1}$$

where  $S_f$  is the sideband suppression factor of the filter expressed as a power ratio greater than unity.

The value of  $S_f$  can be determined by a separate measurement of the transmission loss of the filter at the upper and lower sideband frequencies used in the measurement. The loss is measured for the two filter settings used in the measurement. The ratio of these values gives the suppression factor. If the factor varies over the sideband frequency range corresponding to the bandwidth of the intermediate frequency amplifier, an average value shall be taken, and if double-sideband detection is used, transmitted power in the two sidebands for the same incident power shall be added before the ratio is taken.

$S_f$  can also be determined during the measurement by injecting a signal at a sideband frequency into isolator 1, via a directional coupler. The ratio of the powers required to produce the same additional effect in the receiver in each of the two parts of the measurement gives a value of the suppression factor. It shall be averaged, as for the separate determination.

To determine the carrier/noise ratio, the carrier-frequency power is measured at, or referred to, the detector input.