

RAPPORT DE LA CEI IEC REPORT

CEI
IEC
268-16

Première édition
First edition
1988



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Equipements pour systèmes électroacoustiques

Seizième partie: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole
dans les salles de conférence par la méthode «RASTI»

Sound system equipment

Part 16: The objective rating of speech intelligibility
in auditoria by the "RASTI" method

Publication
268-16: 1988

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

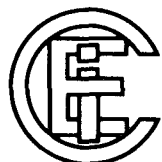
IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

RAPPORT DE LA CEI IEC REPORT

CEI
IEC
268-16

Première édition
First edition
1988



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Equipements pour systèmes électroacoustiques

Seizième partie: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole
dans les salles de conférence par la méthode «RASTI»

Sound system equipment

Part 16: The objective rating of speech intelligibility
in auditoria by the "RASTI" method

© CEI 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 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Terminologie	6
4. Description de la méthode	6
4.1 Généralités	6
4.2 La méthode STI	6
4.3 La méthode RASTI	8
FIGURES	12
ANNEXE A – Mise en œuvre du processus de mesure RASTI	16
ANNEXE B – Relation générale entre la qualité de transmission de la parole sous l'angle de l'intelligibilité et l'indice RASTI	24
ANNEXE C – Bibliographie	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Terminology	7
4. Description of the method	7
4.1 General	7
4.2 The STI method	7
4.3 The RASTI method	9
FIGURES	13
APPENDIX A – Implementation of the RASTI measuring method	17
APPENDIX B – General relation between the quality of speech transmission, with respect to intelligibility and the RASTI index	25
APPENDIX C – Bibliography	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES**Seizième partie: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole
dans les salles de conférence par la méthode «RASTI»**

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

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 84 de la CEI: Equipements et systèmes dans le domaine des techniques audio, vidéo et audiovisuelles.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
84(BC)2	84(BC)15

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

La publication suivante de la CEI est citée dans le présent rapport:

Publication n° 225 (1966): Filtres de bandes d'octave, de demi-octave et de tiers d'octave destinés à l'analyse des bruits et des vibrations.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOUND SYSTEM EQUIPMENT**Part 16: The objective rating of speech intelligibility in auditoria
by the “RASTI” method**

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 report has been prepared by IEC Technical Committee No. 84: Equipment and systems in the field of audio, video and audiovisual engineering.

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

Six Months Rule	Report on Voting
84(CO)2	84(CO)15

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

The following IEC publication is quoted in this report:

Publication No. 225 (1966): Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations.

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES

Seizième partie: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole dans les salles de conférence par la méthode «RASTI»

1. Domaine d'application

Le présent rapport concerne une méthode objective d'évaluation de la qualité de transmission de la parole sous l'angle de l'intelligibilité. On se réfère à cette méthode sous la désignation de méthode «RASTI».

2. Objet

La présente méthode est destinée à l'évaluation de la transmission de la parole dans les salles de conférence munies ou non d'un système de sonorisation.

3. Terminologie

STI: Indice de transmission de la parole (désigné en abrégé par STI en anglais): grandeur qui représente la qualité de transmission de la parole sous l'angle de l'intelligibilité.

RASTI: Abréviation désignant l'indice de transmission de la parole, obtenu par une méthode simplifiée de la méthode STI, dite «méthode STI rapide».

4. Description de la méthode

4.1 Généralités

La détermination de la qualité de transmission de la parole sous l'angle de l'intelligibilité est basée sur la diminution du taux de modulation m_i d'un signal d'essai, simulant les caractéristiques acoustiques d'un locuteur réel, lorsque ce signal est transmis dans une salle. Le signal d'essai est émis par une source sonore située à la place du locuteur; il est reçu par un microphone situé à une place d'auditeur. Le taux de modulation du signal reçu est m_o .

Les caractéristiques essentielles de la source sonore sont les suivantes: dimensions physiques, directivité, position et niveau de pression acoustique.

Le signal d'essai est constitué d'un signal de bruit, dont le spectre est celui de la parole, modulé en intensité par un signal sinusoïdal de fréquence F (voir figure 1, page 12).

La diminution du taux de modulation est exprimée par la fonction de transfert de la modulation $m(F)$ telle que:

$$m(F) = \frac{m_o}{m_i}$$

Cette diminution est interprétée en terme de rapport apparent signal sur bruit, qu'elle qu'en soit la cause: réverbération, écho ou bruit.

4.2 La méthode STI

La méthode STI est basée sur la détermination de la fonction de transfert de la modulation $m(F)$ pour 98 points obtenus à partir de 14 fréquences de modulation, échelonnées de tiers d'octave en tiers d'octave de 0,63 Hz à 12,5 Hz et à partir de sept bandes d'octave dont les fréquences médianes sont échelonnées de 125 Hz à 8 kHz (voir figure 2, page 14).

SOUND SYSTEM EQUIPMENT

Part 16: The objective rating of speech intelligibility in auditoria by the “RASTI” method

1. Scope

This report concerns an objective method for rating the transmission quality of speech with respect to intelligibility. The method is referred to as the “RASTI” method.

2. Object

The method is intended for rating speech transmission in auditoria, with or without sound systems.

3. Terminology

STI: Speech transmission index, a physical quantity, representing the transmission quality of speech with respect to intelligibility.

RASTI: Rapid speech transmission index, as obtained by a condensed version of the STI method.

4. Description of the method

4.1 General

The determination of the transmission quality of speech with respect to intelligibility is based on the reduction of the modulation index m_i of a test signal, simulating the acoustical characteristics of a real talker, when passed through a room. The test signal is transmitted by a sound source, situated at the talker's position, to a microphone at any listener's position, where the modulation index is m_o .

For the sound source, the important characteristics are: the physical size, the directivity, the position and the sound pressure level.

The test signal consists of a noise carrier with a speech-shaped frequency spectrum and a sinusoidal intensity modulation with modulation frequency F (see Figure 1, page 13).

The reduction of the modulation index is quantified by the Modulation Transfer Function $m(F)$ which is determined by:

$$m(F) = \frac{m_o}{m_i}$$

and is interpreted in terms of an apparent signal-to-noise ratio, irrespective of the cause of the reduction, which can be reverberation, echoes or interfering noise.

4.2 The STI method

The STI method is based on the determination of the Modulation Transfer Function $m(F)$ for 98 data points, obtained for 14 modulation frequencies at 1/3 octave intervals ranging from 0.63 Hz up to and including 12.5 Hz and for seven octave bands with centre frequencies ranging from 125 Hz up to and including 8 kHz (see Figure 2, page 15).

4.3 La méthode RASTI

4.3.1 Généralités

Dans la plupart des situations réellement rencontrées dans les salles de conférence, la méthode STI constitue une grille d'analyse inutilement détaillée. Pour obtenir une méthode rapide d'évaluation des conditions d'écoute dans une salle de conférence, il a été établi une procédure plus rapide, appelée méthode «RASTI» (STI RAPide).

Dans la méthode RASTI, l'analyse est limitée, à deux bandes d'octave uniquement, de fréquences médianes de 500 Hz et 2 kHz, et à quatre ou cinq fréquences de modulation dans ces bandes (voir figure 2).

Cette méthode est utilisable principalement pour comparer la qualité de transmission à différentes places et pour diverses conditions dans une même salle. On peut l'utiliser en particulier pour établir l'effet de modifications des propriétés acoustiques de la salle, y compris l'effet de la présence des auditeurs ou de modifications du système de sonorisation [3]*. On peut également utiliser cette méthode pour déterminer une valeur représentative de la qualité de transmission de la parole sous l'angle de l'intelligibilité lorsque l'on compare différentes salles dans des conditions semblables. Un exemple d'une telle utilisation est donné dans l'annexe B.

L'annexe A donne des explications complémentaires sur la méthode RASTI.

4.3.2 Précision de la méthode RASTI

Même en présence de conditions de perturbations constantes, les mesures successives ne produisent pas normalement des résultats identiques, du fait que le signal d'essai est un bruit aléatoire dont la bande est limitée. Les résultats sont plutôt distribués autour d'une moyenne avec un certain écart type. Ce dernier dépend, en particulier, de la durée de la mesure. La figure A3, page 22, donne des valeurs typiques de moyenne et d'écart type pour une durée de mesure spécifiée.

4.3.3 Limitation de la méthode RASTI

L'application de la méthode RASTI est limitée par des facteurs relatifs à la transmission de la parole, au bruit ambiant et à la réverbération. Par conséquent, il convient que son application soit limitée aux cas où les exigences suivantes sont remplies:

- a) Linéarité du dispositif de transmission de la parole (pas d'écrtage, etc.), car la méthode RASTI ne tient pas compte des distorsions de non-linéarité.
- b) Dispositif de transmission à large bande (de façon typique de 200 Hz à 6 kHz), car la méthode RASTI est fondée sur l'hypothèse d'un spectre de parole pratiquement illimité.
- c) Conditions relatives à la salle, telles que le bruit ambiant ne contienne pas de son pur perceptible et ne présente pas, dans la bande d'octave considérée, de crêtes ou de creux marqués.
- d) Conditions relatives à la salle, telles que le bruit ambiant ne soit pas de caractère impulsif.
- e) Le temps de réverbération de la salle ne doit pas dépendre fortement de la fréquence.

Dans le cas où une ou plusieurs de ces exigences ne sont pas remplies, il peut être avantageux d'utiliser la méthode STI [1]*.

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie donnée dans l'annexe C.

4.3 *The RASTI method*

4.3.1 *General*

In most actual situations in auditoria, the STI method constitutes an unnecessarily detailed grid of analysis. To have a fast method for evaluation of auditorium conditions a more rapid procedure was developed, named the RASTI method (RAPid STI).

In the RASTI method, the analysis is restricted to only two octave bands with centre frequencies 500 Hz and 2 kHz, and to only four or five modulation frequencies in these bands (see Figure 2).

The method can primarily be used to compare speech transmission quality at various positions and for various conditions within the same auditorium, in particular for assessing the effect of changes in the acoustical properties. This includes effects from the presence of an audience, or of changes in any sound system [3]*. The method is also applicable to determine the absolute rating of the speech transmission quality with respect to intelligibility, when comparing different auditoria under similar conditions. An example of this application is given in Appendix B.

A further explanation of the RASTI method is given in Appendix A.

4.3.2 *Precision of the RASTI method*

Because the test signal is band-limited random noise, repetition of a measurement will not normally produce identical results, even under conditions of steady interference. Rather the results will centre on a mean with a certain standard deviation. This depends, among other factors, on the measuring time involved. Typical values for mean and standard deviation for a specified measuring time are given in Figure A3, page 23.

4.3.3 *Limitations of the RASTI method*

The application of the RASTI method is limited by factors concerned with speech transmission, background noise and reverberation. Therefore the application should be restricted to cases where the following requirements are met:

- a) An essentially linear speech transmission (no clipping, etc.), as the method does not account for non-linear distortion.
- b) A wide-band speech transmission (typically 200 Hz to 6 kHz), as the method is based on the assumption of an essentially unlimited speech spectrum.
- c) Background noise without audible tones, nor showing marked peaks or troughs in the octave-band spectrum.
- d) Background noise not being of an impulsive character.
- e) A reverberation time not strongly depending on the frequency.

In cases where one or more of these requirements are not met, it may be advantageous to use the STI method [1]*.

* Figures between square brackets refer to the bibliography given in Appendix C.

4.3.4 Méthode de mesure

1) Le signal acoustique d'essai doit être produit par une source montée dans une enceinte appropriée dont les dimensions sont de même ordre de grandeur que celles de la tête humaine. L'indice de directivité (pour l'axe de référence à 0° d'azimut et 0° d'élévation) doit être de 1 dB à 3 dB à 500 Hz et de 2 dB à 5 dB à 2 kHz. La réponse en fréquence, mesurée dans une direction quelconque doit être raisonnablement plate dans chacune des bandes d'octave données et plate à ± 2 dB dans l'axe de référence.

La source sonore doit être placée dans la position de la tête du locuteur réel par rapport à la salle de conférence, l'axe de référence pointé dans la même direction que le locuteur lorsqu'il s'adresse à l'auditoire.

Le niveau du signal d'essai doit être réglé pour obtenir un niveau de référence pour la parole de 60 dB. Pour des mesures complémentaires, on peut choisir également d'autres niveaux de référence pour la parole. Ces niveaux peuvent être déterminés en effectuant des mesures du niveau équivalent de pression acoustique pondéré A ($L_{A,eq}$), dans la salle de conférence en essai, en face d'un locuteur réel et à une distance de 1 m de sa bouche.

Le niveau du signal d'essai est réglé de façon à obtenir un niveau de pression acoustique efficace à long terme de -1 dB par rapport à cette référence dans la bande d'octave de médiane 500 Hz et de -10 dB dans la bande d'octave de médiane 2 kHz. Toutes les mesures doivent être effectuées dans l'axe de référence de la source sonore à une distance de 1 m.

2) Le signal d'essai doit être constitué d'un signal de bruit modulé en intensité par un signal sinusoïdal. Le taux de modulation m_i doit être bien défini. Les fréquences de modulation doivent être les suivantes, à $\pm 5\%$ près:

- Dans la bande de fréquence médiane de 500 Hz: 1 Hz, 2 Hz, 4 Hz et 8 Hz.
- Dans la bande de fréquence médiane de 2 kHz: 0,7 Hz, 1,4 Hz, 2,8 Hz, 5,6 Hz et 11,2 Hz.

3) Un microphone de mesure omnidirectionnel doit être placé dans la salle de conférence; on peut utiliser tout point correspondant à la place qu'occuperait un auditeur.

La sortie du microphone est appliquée à des filtres de bande d'octave de fréquences médianes 500 Hz et 2 kHz, conformes à la Publication 225 de la CEI.

4) Les taux de modulation résultants m_o sont déduits des signaux après filtrage.

5) Les rapports du taux de modulation résultant m_o au taux de modulation initial m_i sont déterminés par l'équation:

$$m = \frac{m_o}{m_i} \quad (m \leq 1)$$

6) Convertir chacune des neuf valeurs de m en valeur de x en utilisant la relation suivante:

$$x = 10 \lg [m/(1-m)]$$

Note. – Ce résultat peut être interprété comme l'expression en décibels d'un rapport signal sur bruit apparent.

7) Remplacer les valeurs supérieures à $+15$ dB par $+15$ dB et les valeurs inférieures à -15 dB par -15 dB.

8) Déterminer la moyenne arithmétique $\bar{x}$ des neuf valeurs ainsi obtenues.

9) Réduire à l'indice y compris entre 0 et 1:

$$y = (\bar{x} + 15)/30$$

La valeur ainsi calculée est celle de l'indice RASTI pour les conditions choisies ou spécifiées.

4.3.4 Method of measurement

1) The acoustical test signal shall be produced by a sound source mounted in an appropriate enclosure with dimensions of the same order as the human head. The directivity index (for the reference axis at 0° azimuth and 0° elevation) shall be, at 500 Hz: 1 dB to 3 dB and at 2 kHz: 2 dB to 5 dB. The frequency response measured in any direction shall be reasonably flat (on the reference axis ± 2 dB) within the given octave bands.

The sound source shall be situated in the position of the head of a real talker in the auditorium, with the reference axis pointing in the normal speaking direction.

The test signal level shall be adjusted to a reference speech level of 60 dB. In additional measurements, other reference speech levels may be chosen also, which may result from actual measurements of the equivalent A-weighted sound pressure level ($L_{A,eq}$) for real talkers in auditorium under test at a distance of 1 m in front of the talker's mouth.

The adjustment of the test signal shall be such that the long-term r.m.s. sound pressure level for the octave band with centre frequency 500 Hz is -1 dB and for the octave band with centre frequency 2 kHz is -10 dB relative to the reference speech level. These levels refer to the reference axis of the sound source at a distance of 1 m.

2) The test signal shall be a noise carrier with sinusoidal intensity modulation, with a well-defined initial modulation index m_i . The modulation frequencies, with a tolerance of $\pm 5\%$, shall be:

- for the 500 Hz band 1 Hz, 2 Hz, 4 Hz and 8 Hz;
- for the 2 kHz band 0.7 Hz, 1.4 Hz, 2.8 Hz, 5.6 Hz and 11.2 Hz.

3) An omni-directional measuring microphone shall be positioned in the auditorium; any position which could be occupied by a listener in the auditorium can be used.

Octave filters with centre frequencies 500 Hz and 2 kHz according to IEC Publication 225 are applied to the microphone output.

4) The resulting modulation indexes m_o are derived from the filtered signals.

5) The ratios of the resulting modulation index m_o to the initial modulation index m_i are determined by the equation:

$$m = \frac{m_o}{m_i} \quad (m \leq 1)$$

6) Each of the nine values of m is then converted into x according to:

$$x = 10 \lg [m/(1-m)]$$

Note. – This may be interpreted as an apparent signal-to-noise ratio, in decibels.

7) Replace the values above $+15$ dB by $+15$ dB and below -15 dB by -15 dB.

8) Determine the arithmetic mean $\bar{x}$ of the nine values thus obtained.

9) Normalize to an index y , ranging from 0 to 1 by the equation:

$$y = (\bar{x} + 15)/30$$

giving the RASTI index for the chosen or specified conditions.

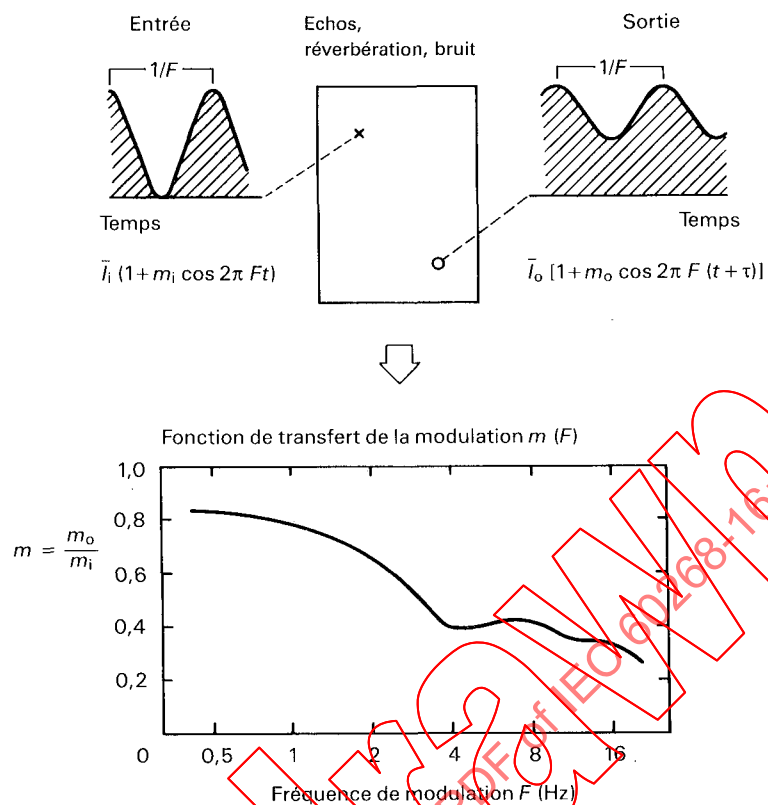


FIG. 1. – Variation de la fonction de transfert de la modulation (voir paragraphe 4.1).

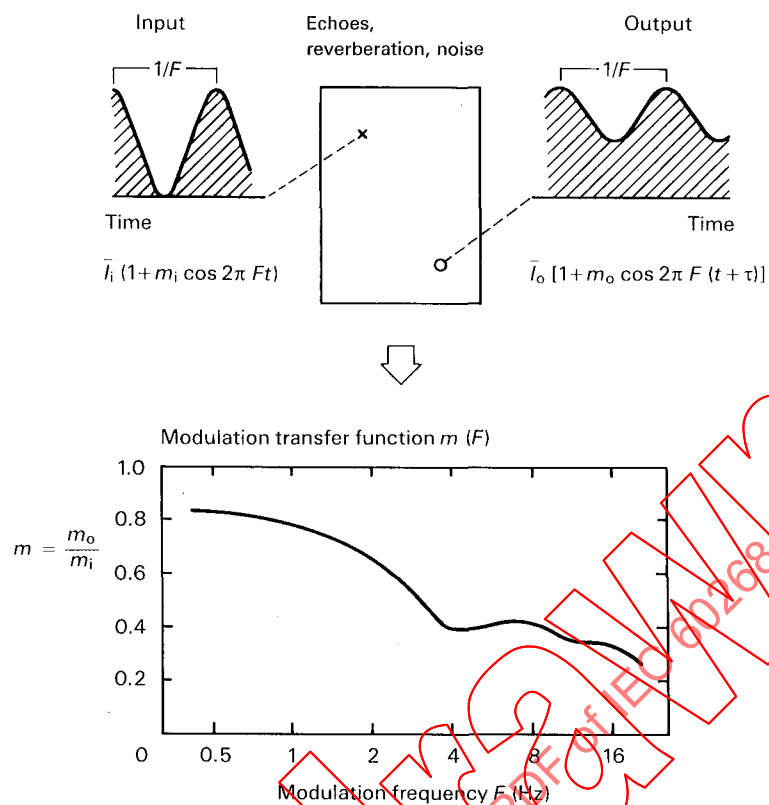
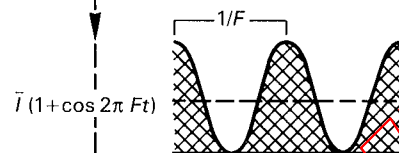
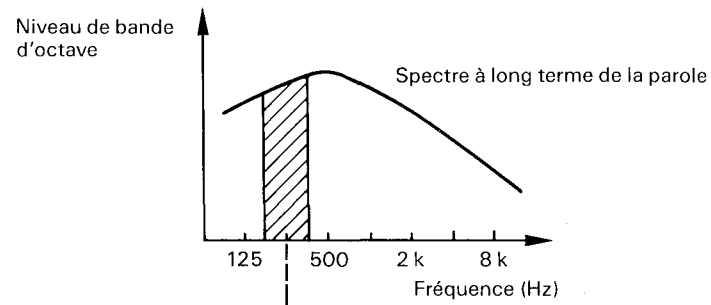
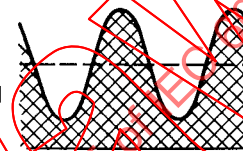


FIG. 1. – Deviation of the modulation transfer function (see Sub-clause 4.1).



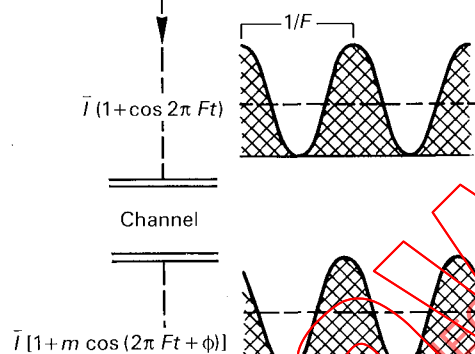
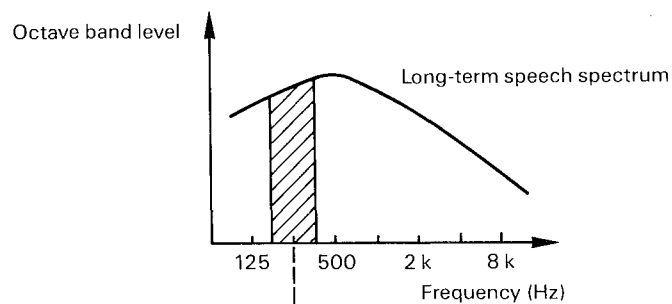
Canal

$$\bar{I} [1 + m \cos (2\pi Ft + \phi)]$$



Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
$F_1 = 0,63$							
$F_2 = 0,8$							
$F_3 = 1,0$							
$F_4 = 1,25$							
$F_5 = 1,6$							
$F_6 = 2,0$							
$F_7 = 2,5$							
$F_8 = 3,15$							
$F_9 = 4,0$							
$F_{10} = 5,0$							
$F_{11} = 6,3$							
$F_{12} = 8,0$							
$F_{13} = 10$							
$F_{14} = 12,5$							

FIG.2. – Fréquences utilisées pour les méthodes STI et RASTI (voir paragraphe 4.3.1).



Octave band (Hz)	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
$F_1 = 0.63$							
$F_2 = 0.8$							
$F_3 = 1.0$							
$F_4 = 1.25$							
$F_5 = 1.6$							
$F_6 = 2.0$							
$F_7 = 2.5$							
$F_8 = 3.15$							
$F_9 = 4.0$							
$F_{10} = 5.0$							
$F_{11} = 6.3$							
$F_{12} = 8.0$							
$F_{13} = 10$							
$F_{14} = 12.5$							

FIG. 2. – Frequencies for STI and RASTI methods (see Sub-clause 4.3.1).

ANNEXE A

MISE EN ŒUVRE DU PROCESSUS DE MESURE RASTI

Etant donné la définition de l'indice RASTI, les mesures correspondantes peuvent être effectuées de bien des façons. La figure A1, page 18, illustre, à titre d'exemple, les caractéristiques d'un signal d'essai particulier RASTI utilisé dans les essais décrits sous la référence [2].

Les deux filtres d'octave agissent simultanément sur un signal d'enveloppe complexe dans lequel les cinq fréquences de modulation sont mises en jeu simultanément. Le taux de modulation pour chaque fréquence de modulation considérée individuellement est nécessairement 0,32 car l'enveloppe d'intensité ne peut pas descendre au-dessous de 0; en conséquence, lorsque l'on spécifie le facteur m de réduction du taux de modulation, on rapporte le taux de modulation obtenu à ce taux initial de 0,32.

Ainsi, plutôt que d'utiliser la méthode d'origine dans laquelle le signal d'essai et l'analyse sont modifiés successivement (comme dans la figure 2, page 14) nécessitant une synchronisation entre la source et le récepteur, une méthode pratique consiste à appliquer un signal complexe contenant à la fois les deux bandes d'octave, ce qui permet une analyse en parallèle de ces deux bandes et des différentes fréquences de modulation.

La figure A2 donne le principe d'une réalisation possible du générateur et de l'analyseur de signal d'essai pour la méthode RASTI. L'enveloppe du signal de bruit à large bande est modulée *indépendamment* par deux modulateurs d'amplitude distincts. La fonction enveloppe appropriée est mise en mémoire dans une mémoire morte (ROM). La durée de l'échantillon est commandée par une horloge avec un rapport de 2/3 entre les modulateurs.

Les bruits modulés sont filtrés par les deux filtres d'octave (500 Hz et 2 kHz); le signal du filtre à 2 kHz correspond aux fréquences de modulation allant de 0,7 Hz à 11,2 Hz et le signal du filtre à 500 Hz correspond aux fréquences de modulation allant de 1 Hz à 16 Hz.

Les deux signaux sont pondérés conformément au spectre à long terme de la parole et, après amplification de puissance (PA), sont appliqués à un haut-parleur. Le signal reçu par le microphone est traité dans deux canaux parallèles: le premier tient compte de la bande d'octave de médiane 500 Hz, le second tient compte de la bande d'octave de médiane 2 kHz. Les signaux à la sortie de ces filtres traversent un détecteur d'enveloppe combiné à un filtre passe-bas; ils sont ensuite appliqués à un convertisseur analogique-numérique.

L'enveloppe est échantillonnée et traitée afin d'obtenir les rapports de réduction de la modulation pour les neuf fréquences de modulation, à partir desquelles l'indice RASTI est calculé.

La durée pendant laquelle on analyse le signal d'essai a une grande influence sur la précision (reproductibilité) de la valeur résultant de la méthode RASTI. En pratique, une durée d'environ 10 s est un compromis utile entre le temps de mesure et la précision. La figure A3, page 22, illustre la précision obtenue avec un temps de mesure de cet ordre.

APPENDIX A

IMPLEMENTATION OF THE RASTI MEASURING METHOD

Given the definition of RASTI, the relevant measurements can be performed in many ways. As an example, the characteristics of a specific RASTI test signal, which was used in the tests described in reference [2], are illustrated in Figure A1, page 19.

Both octave bands are presented simultaneously, each with a complex intensity envelope in which the five relevant modulation frequencies are also presented simultaneously. Since the intensity envelope cannot drop below 0, the modulation index for each individual modulation frequency can only be 0.32. Hence, in specifying the modulation reduction factor m , the resulting modulation index is referred to this initial modulation index of 0.32.

Thus, rather than the original approach in which the test signal and the analysis are adapted to each data point successively (as in Figure 2, page 15) needing a time synchronization between source and receiver, a practical approach is to apply a complex signal containing both octave bands in parallel, which allows a parallel analysis of the two octave bands and of the different modulation frequencies.

The principles of a possible RASTI test signal generator and analyser are given in Figure A2. The envelope of the wide-band noise source is modulated *independently* by two separate amplitude modulators. The appropriate envelope function is stored in a Read-Only-Memory (ROM). The sample generation time is controlled by a clock/control unit and has a ratio of 2:3 for the two modulators.

The modulated noises are filtered by two octave filters (500 Hz and 2 kHz), the signal from the 500 Hz filter having modulation frequencies of 1 Hz to 16 Hz and the signal from the 2 kHz filter having modulation frequencies of 0.7 Hz to 11.2 Hz.

The two signals are weighted according to the long-term speech spectrum and, after power amplification (PA), supplied to a loudspeaker. The transmitted test signal as received by a microphone is processed in two parallel channels: one considering the octave band with centre frequency 500 Hz, a second considering the octave band with centre frequency 2 kHz. The signals at the outputs of these filters are passed through an envelope detector-lowpass filter combination and then connected to one of the inputs of an analogue-to-digital converter.

Here the received envelope is sampled and processed in order to obtain the modulation reduction for the nine modulation frequencies for which the RASTI index is calculated.

The period of time during which the analysis of the test signal is performed has great influence on the accuracy (reproducibility) of the resulting RASTI value. In practice, a time interval of about 10 s is a useful compromise between measuring time and accuracy. Figure A3, page 23, illustrates the accuracy obtained with a measuring time of this order.

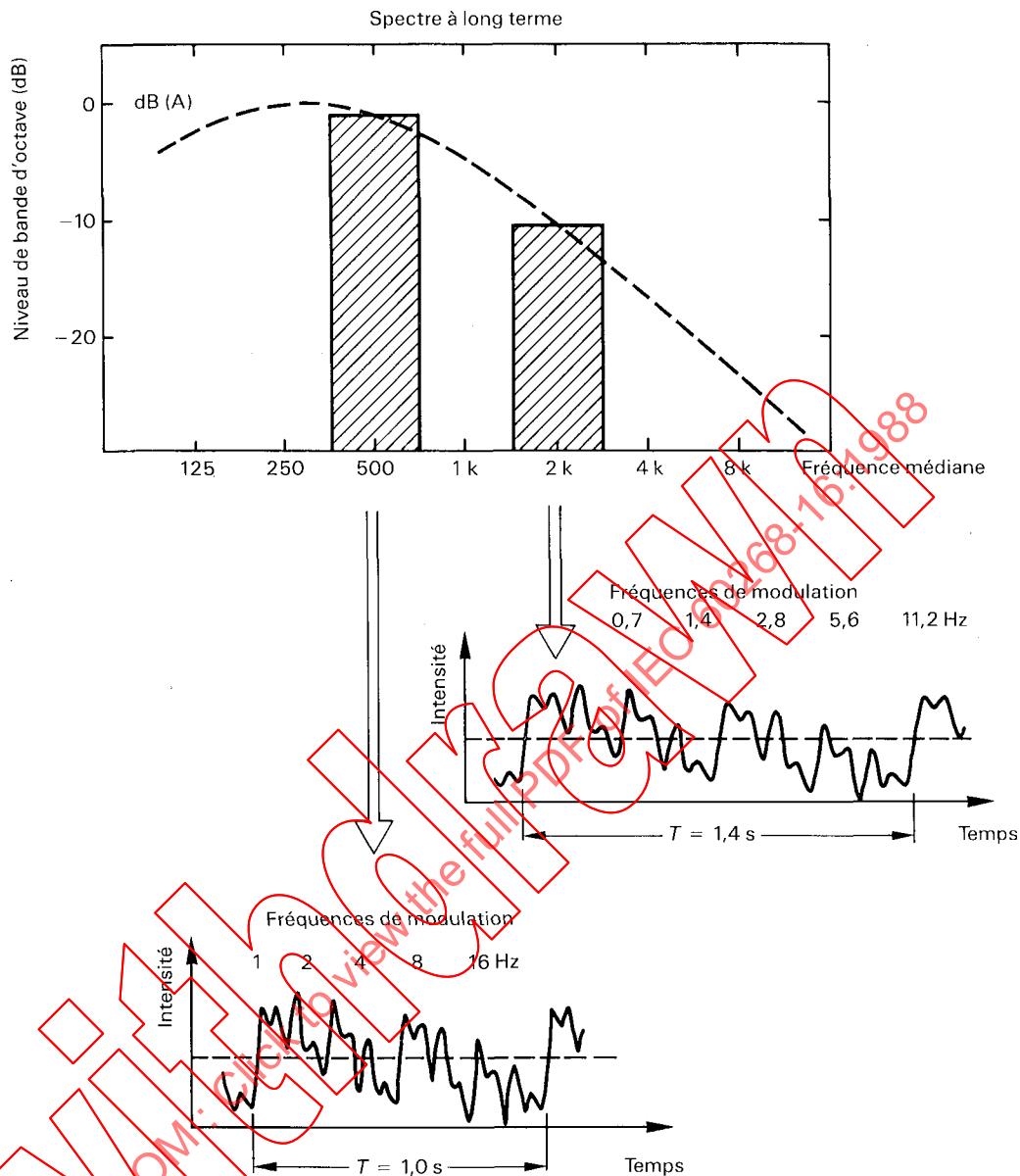


FIG. A1. – Illustration d'un signal d'essai de la méthode RASTI utilisé en pratique.

Note. – Les deux bandes d'octave de bruit sont présentées simultanément. Chacune possède une enveloppe d'intensité due à la modulation simultanée de chaque bande par cinq signaux sinusoïdaux additionnés en phase avec un taux de modulation de 0,32. Comme le montre la figure A2, une fonction enveloppe mise en mémoire sous forme numérique est utilisée pour moduler les deux bandes d'octave. Elle est appliquée avec deux vitesses de lecture correspondant l'une à un cycle de 1s pour la bande d'octave de médiane 500 Hz et l'autre à un cycle de 1,4s pour la bande d'octave de médiane 2 kHz. On obtient ainsi les fréquences de modulation souhaitées pour les deux bandes d'octave à l'exception de la modulation de 16 Hz dans la bande d'octave inférieure, qui n'est pas utilisée dans l'analyse.

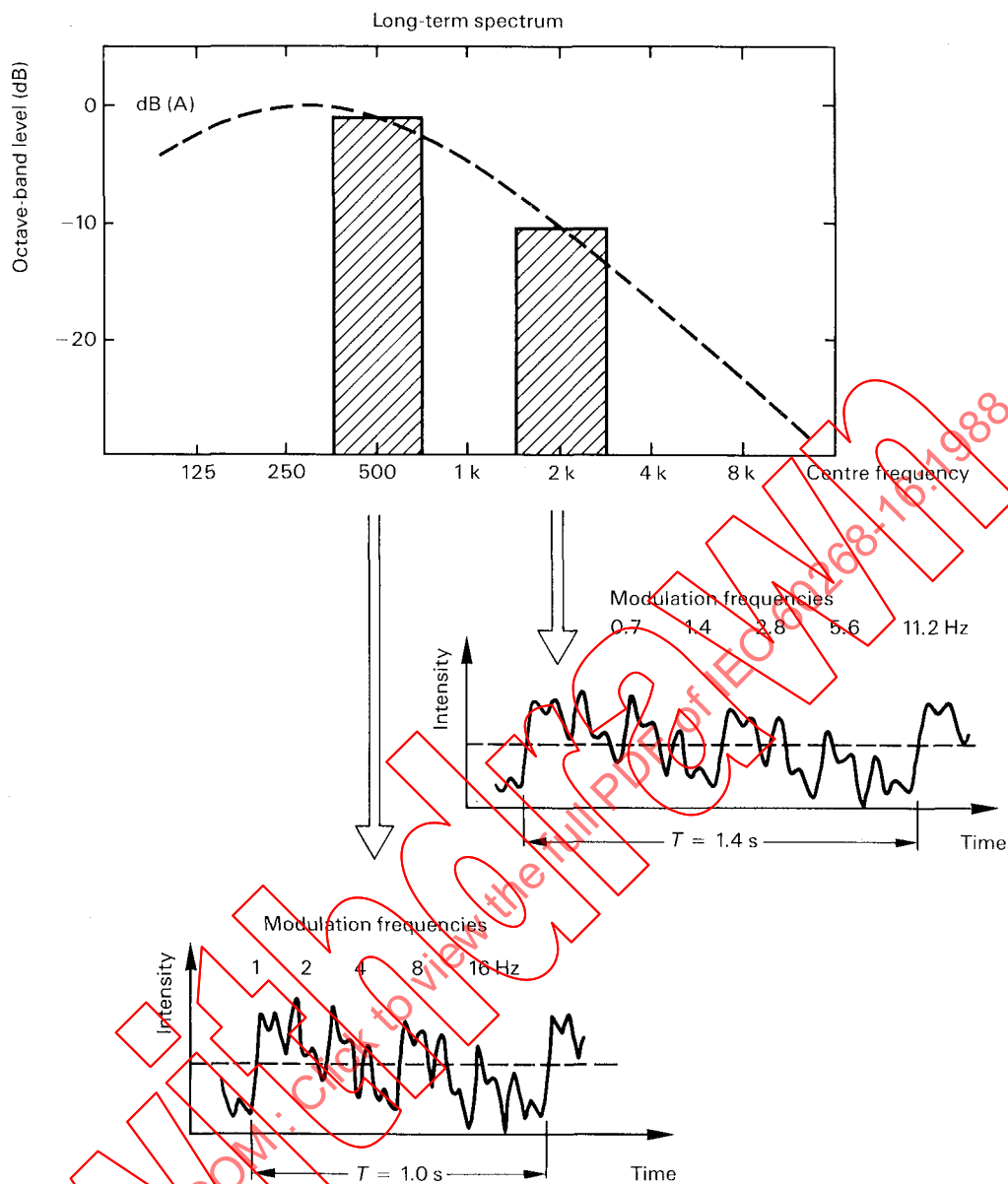


FIG. A1. – Illustration of a practical RASTI test signal.

Note. – Two octave bands of noise are presented simultaneously, each with an intensity envelope comprising five simultaneous modulation frequencies added in sine-phase, each with a modulation index of 0.32. As shown in Figure A2, one digitally-stored envelope function is used to modulate both octave bands, which is applied at two different read-out rates, resulting in a cycle of 1s for the envelope of the octave band centred at 500 Hz, and a cycle of 1.4s for the octave band centred at 2 kHz. This results in the wanted modulation frequencies for the two octave bands, with the exception of the 16 Hz modulation in the lower octave band, which is not used in the analysis.

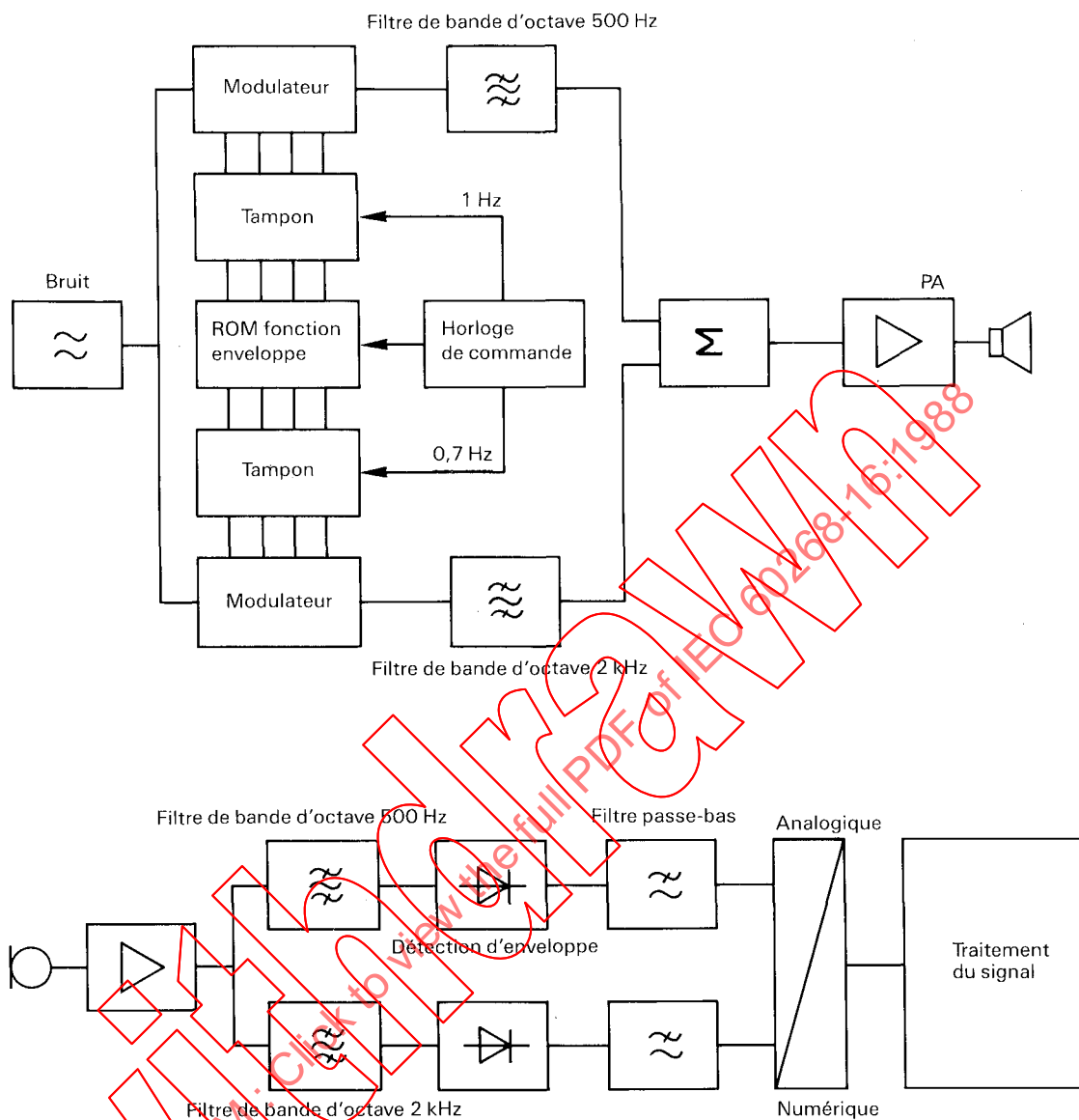


FIG. A2. – Diagramme schématique du générateur et de l'analyseur de signal RASTI.

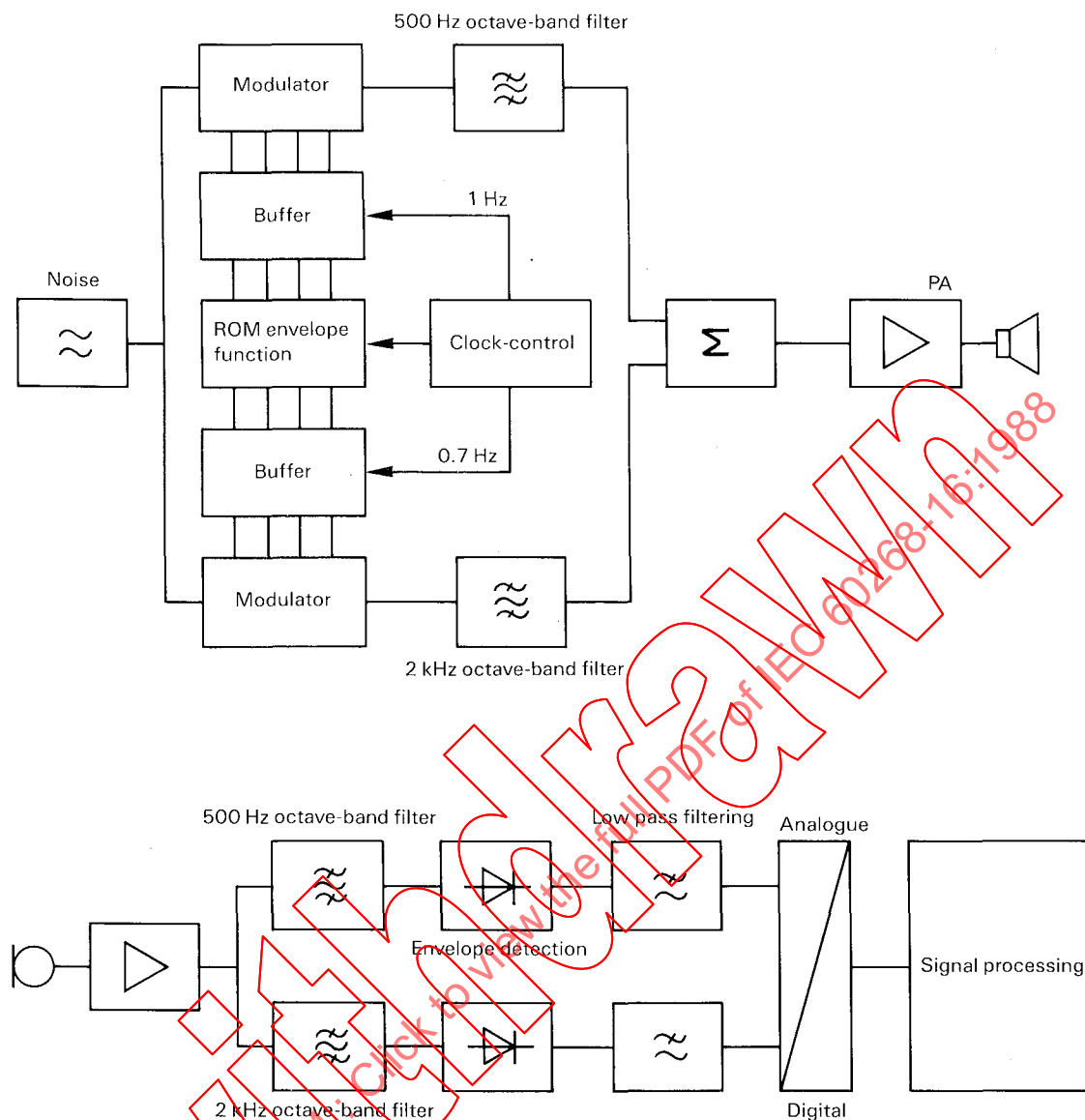


FIG. A2. — Block diagram of the RASTI test signal generator and analyzer.

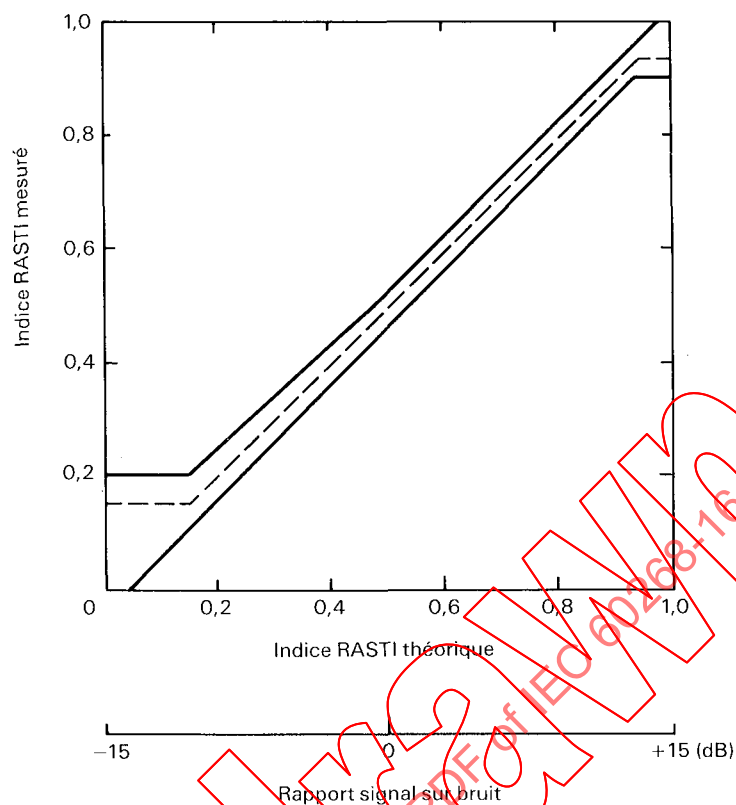


FIG. A3. – Relation entre l'indice RASTI théorique et l'indice RASTI mesuré avec un dispositif réel pour une durée de mesure approximative de 12s.

Note. – Le rapport signal sur bruit est le même pour les deux bandes d'octave et correspond à un bruit thermique ajouté au signal d'essai. On a effectué 35 mesures successives pour diverses valeurs du rapport signal sur bruit, et les courbes donnent respectivement la valeur moyenne et les limites correspondant à une fois l'écart type en plus et en moins de cette moyenne.

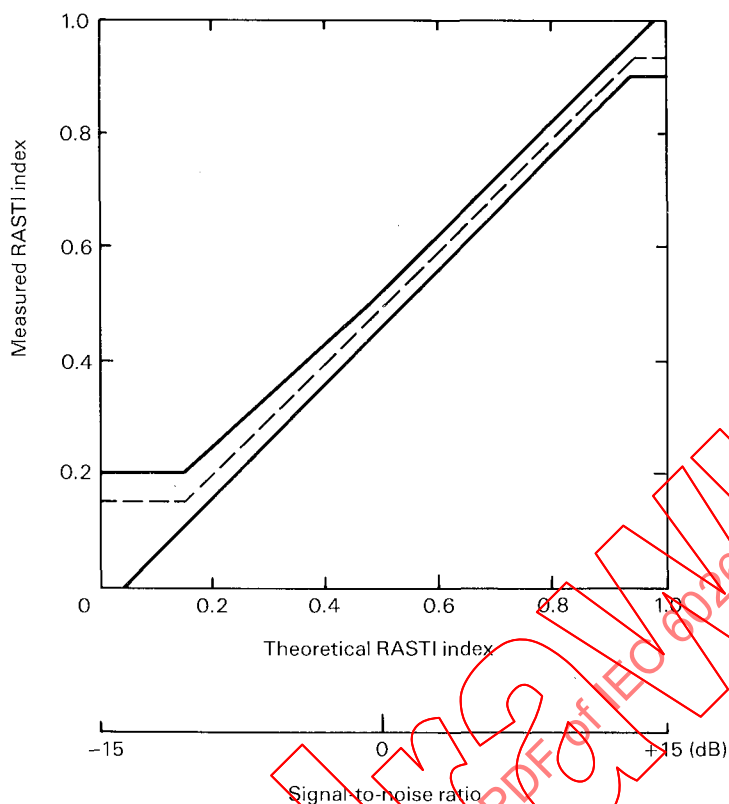


FIG. A3. – Relation between the theoretical RASTI index and the RASTI index as measured with an actual device with a measuring time of approximately 12s.

Note. – The conditions refer to thermal noise added to the test signal, with equal signal-to-noise ratio for both octave bands. For various values of this signal-to-noise ratio, 25 repeated measurements were performed and the curves show the mean and the plus-or-minus-one standard deviation around this mean.