

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

1580-7

Première édition
First edition
1996-06

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 7:
Méthode graphique pour déterminer
les performances d'un guide d'ondes**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 7:
Graphical method for the determination
of waveguide performance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1580-7: 1996

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

1580-7

Première édition
First edition
1996-06

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 7:
Méthode graphique pour déterminer
les performances d'un guide d'ondes**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 7:
Graphical method for the determination
of waveguide performance**

© CEI 1996 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 Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

H

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Forme de présentation	6
3 Exemples	6
3.1 Guides d'ondes rectangulaires normaux	6
3.2 Guides d'ondes rectangulaires plats moyens	8
3.3 Guides d'ondes carrés	8
3.4 Guides d'ondes circulaires	8
4 Formules pour les longueurs d'ondes de coupure	8
4.1 Guides rectangulaires	8
4.2 Guides circulaires	10
Figures 1 à 4	12 à 15

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope.....	7
2 Form of presentation	7
3 Examples.....	7
3.1 Ordinary rectangular waveguides	7
3.2 Medium flat rectangular waveguides	9
3.3 Square waveguides	9
3.4 Circular waveguides	9
4 Formulae for cut-off wavelengths.....	9
4.1 Rectangular waveguides.....	9
4.2 Circular waveguides	11
Figures 1 to 4.....	12 to 15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 7: Méthode graphique pour déterminer les performances d'un guide d'ondes

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 1580-7 a été établie par le sous-comité 46B: Guides d'ondes et dispositifs accessoires, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46B/208/FDIS	46B/214/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –

Part 7: Graphical method for the determination of
waveguide performance

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, express as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1580-7 has been prepared by IEC subcommittee 46B: Waveguides and their accessories, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, and accessories for communication and signalling.

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

FDIS	Report on voting
46B/208/FDIS	46B/214/RVD

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

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 7: Méthode graphique pour déterminer les performances d'un guide d'ondes

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 1580 est applicable aux performances des guides d'ondes.

L'objet est de donner un moyen de déterminer les fréquences de coupure du mode dominant et des modes d'ordre supérieur dans des guides d'ondes de types variés fonctionnant dans la bande de fréquences de 1 GHz à 27 GHz. Il est seulement destiné à être utilisé en annexe des méthodes de mesures publiées par le SC 46B.

2 Forme de présentation

2.1 Les informations sont présentées sous la forme de nomogrammes (voir figures 1 à 3) pour les types de guides d'ondes suivants:

- guides d'ondes rectangulaires normaux (rapport de dimensions 2:1);
- guides d'ondes rectangulaires plats moyens (rapport de dimensions 3:1);
- guides d'ondes carrés;
- guides d'ondes circulaires.

2.2 Pour déterminer les performances d'un guide d'ondes, projeter une ligne horizontale correspondant à un mode spécifié en coupant l'axe a/λ . Tracer une ligne à partir du point d'intersection passant par l'axe 'a' (mm) jusqu'à l'axe des fréquences.

2.3 Si une plus grande précision est requise, la fréquence de coupure peut être calculée en utilisant les relations listées dans l'article 4 pour les longueurs d'ondes de coupure (λ_c).

La fréquence de coupure est alors donnée par $f_c = c/\lambda_c$ où 'c' est la célérité de la lumière.

2.4 Des exemples sont donnés ci-dessous pour illustrer l'utilisation des nomogrammes.

3 Exemples

3.1 Guides d'ondes rectangulaires normaux

3.1.1 Pour les guides rectangulaires normaux, la bande de fréquences recommandée s'étend de 25 % au-dessus de la fréquence de coupure du mode dominant à 5 % en dessous de la fréquence de coupure du mode d'ordre immédiatement supérieur.

3.1.2 Pour déterminer la bande de fonctionnement normal pour, disons, un guide R48, procéder comme suit en utilisant le nomogramme de la figure 2:

- a) projeter les lignes horizontales TE_{10} et TE_{20} de manière à couper l'axe a/λ à 0,5 et 1,0 respectivement;

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –

Part 7: Graphical method for the determination of waveguide performance

1 Scope

This part of IEC 1580 is applicable to waveguide performance.

The objective is to provide a means for determining the cut-off frequencies for the dominant and higher order modes in waveguides of various types over the frequency range from 1 GHz to 27 GHz. It is only intended to be used as an appendix to the measuring method published by SC 46B.

2 Form of presentation

2.1 Information is presented in the form of nomograms (see figures 1 to 3) for the following waveguide types:

- ordinary rectangular waveguide (aspect ratio 2:1);
- medium flat rectangular waveguide (aspect ratio 3:1);
- square waveguide;
- circular waveguide.

2.2 To determine waveguide performance, project a line horizontally corresponding to a specified mode to cut the a/λ axis. Draw a line from this point through the 'a' (mm) line to cut the frequency axis.

2.3 If greater accuracy is required, the cut-off frequencies can be calculated using the relationships listed in clause 4 for the cut-off wavelengths (λ_c).

Cut-off frequency is then given by $f_c = c/\lambda_c$, where 'c' is the velocity of light.

2.4 Examples are given below to illustrate the use of the nomograms.

3 Examples

3.1 Ordinary rectangular waveguides

3.1.1 For ordinary rectangular waveguides the recommended frequency range extends from 25 % above the dominant mode cut-off to 5 % below the cut-off for the next higher order mode.

3.1.2 To determine the normal operating frequency band for, say, R48 waveguide, proceed as follows using the nomogram shown as figure 2:

- a) project the TE_{10} and TE_{20} lines horizontally to cut the a/λ axis at 0,5 and 1,0 respectively;

b) tracer une ligne partant des points 0,5 et 1,0 passant par le point $a = 47,55$ mm et coupant l'axe des fréquences aux points correspondants aux fréquences de coupure désirées;

c) lire la valeur 3,15 GHz pour le mode TE_{10} et 6,31 GHz pour le mode TE_{20} .

3.1.3 La bande normale de fonctionnement pour le R48 est donc:

$$(3,15 + 25 \%) = 3,94 \text{ GHz à } (6,31 - 5 \%) = 5,99 \text{ GHz}$$

3.2 Guides d'ondes rectangulaires plats moyens

Pour ces guides d'ondes, la suppression du mode TE_{20} donne une largeur de bande nominale de $1,5:0,5 = 3:1$ en comparaison des $2:1$ pour les guides d'ondes rectangulaires normaux.

Le mode TE_{20} est un mode impair qui peut facilement être supprimé avec un filtre.

3.3 Guides d'ondes carrés

Pour déterminer la fréquence de coupure commune pour les modes TE_{11} et TM_{11} dans un guide carré avec $a = 34$ mm procéder comme suit:

- projeter les lignes communes horizontales TE_{11} et TM_{11} pour couper l'axe a/λ au point A (voir figure 4);
- tracer une ligne partant de A, passant par $a = 34$ mm et coupant l'axe des fréquences en B correspondant à la fréquence de coupure de 6,24 GHz.

3.4 Guides d'ondes circulaires

Pour déterminer le diamètre 'a' et la fréquence de coupure d'un guide circulaire travaillant jusqu'à 11 GHz dans le mode dominant (TE_{11}) seulement, procéder comme suit:

- projeter les lignes horizontales TE_{11} et TM_{01} pour couper respectivement l'axe a/λ en C et D (voir figure 4);
- en autorisant un facteur de sécurité de 1 %, joindre le point D au point correspondant à 11,1 GHz sur l'axe des fréquences. Cette ligne coupe la ligne 'a' en E correspondant à une valeur $a = 20,7$ mm;
- tracer une ligne partant de C passant par E et coupant l'axe des fréquences en F, correspondant à la fréquence de coupure de 8,5 GHz.

4 Formules pour les longueurs d'ondes de coupure

4.1 Guides rectangulaires

Pour les modes TE_{mn} et TM_{mn} :

$$\lambda_c = \frac{2 \times \sqrt{ab}}{\sqrt{m^2 \times \frac{b}{a} + n^2 \times \frac{a}{b}}}$$

où

a = grande dimension du guide d'ondes;

b = petite dimension du guide d'ondes.

- b) draw a line from the points 0,5 and 1,0 through the point $a = 47,55$ mm to cut the frequency axis at the points corresponding to the required cut-off frequencies;
- c) read off the values 3,15 GHz for the TE_{10} mode and 6,31 GHz for the TE_{20} mode.

3.1.3 The normal operating band for R48 is therefore:

$$(3,15 + 25 \%) = 3,94 \text{ GHz to } (6,31 - 5 \%) = 5,99 \text{ GHz}$$

3.2 Medium flat rectangular waveguides

For these waveguides, suppression of the TE_{20} mode results in a nominal $1,5:0,5 = 3:1$ bandwidth compared with 2:1 for ordinary rectangular waveguides.

The TE_{20} mode is an odd mode which can easily be suppressed by filtering.

3.3 Square waveguides

To determine the common cut-off frequency for the TE_{11} and TM_{11} modes for a square waveguide with $a = 34$ mm proceed as follows:

- a) project the common TE_{11} , TM_{11} line horizontally to cut the a/λ axis at the point A (see figure 4);
- b) draw a line from A through $a = 34$ mm to cut the frequency axis at B, corresponding to the cut-off frequency of 6,24 GHz.

3.4 Circular waveguides

To determine the diameter 'a' and the cut-off frequency for a circular waveguide operating up to 11 GHz in the dominant (TE_{11}) mode only, proceed as follows:

- a) project the TE_{11} and TM_{01} lines horizontally to cut the a/λ axis at the points C and D respectively (see figure 4);
- b) allowing for a safety factor of approximately 1 %, draw a line from point D to the point corresponding to 11,1 GHz on the frequency axis. This cuts the 'a' line at E corresponding to a value $a = 20,7$ mm;
- c) draw a line from C through E to cut the frequency axis at the point F, corresponding to the cut-off frequency of 8,5 GHz.

4 Formulae for cut-off wavelengths

4.1 Rectangular waveguides

For the TE_{mn} and TM_{mn} modes:

$$\lambda_c = \frac{2 \times \sqrt{ab}}{\sqrt{m^2 \times \frac{b}{a} + n^2 \times \frac{a}{b}}}$$

where

a = broad dimension of the wave guide;

b = narrow dimension of the waveguide.

4.2 Guides circulaires

$$\lambda_c = \frac{\pi \times a}{x_{mn}}$$

où

a = diamètre du guide;

x_{mn} = racines d'une fonction de Bessel.

Les 14 premières racines des fonctions de Bessel appropriées pour les modes TE_{mn} (tableau 1) et TM_{mn} (tableau 2) sont données ci dessous.

NOTE – m et n peuvent être interchangées pour donner un ensemble de modes orthogonaux pour guides carrés.

Tableau 1 – Racines de la fonction de Bessel pour les modes TE_{mn}

m n	0	1	2	3	4	5	6
1	3,832	1,841	3,054	4,201	5,317	6,416	7,501
2	7,016	5,331	6,706	8,015	9,282	10,520	11,735

Tableau 2 - Racines de la fonction de Bessel pour les modes TM_{mn}

m n	0	1	2	3	4	5	6
1	2,405	3,832	5,136	6,380	7,588	8,771	9,936
2	5,520	7,016	8,417	9,761	11,065	12,339	13,589

4.2 Circular waveguides

$$\lambda_c = \frac{\pi \times a}{x_{mn}}$$

where

a = diameter of the guide;

x_{mn} = roots of a Bessel function.

The first 14 roots of the appropriate Bessel functions are tabulated below for the TE_{mn} (table 1) and TM_{mn} (table 2) modes.

NOTE – m and n can be interchanged to give an orthogonal set of modes for square waveguides.

Table 1 – Roots of Bessel function for TE_{mn} modes

m n	0	1	2	3	4	5	6
1	3,832	1,841	3,054	4,201	5,317	6,416	7,501
2	7,016	5,331	6,706	8,015	9,282	10,520	11,735

Table 2 – Roots of Bessel function for TM_{mn} modes

m n	0	1	2	3	4	5	6
1	2,405	3,832	5,136	6,380	7,588	8,771	9,936
2	5,520	7,016	8,417	9,761	11,065	12,339	13,589

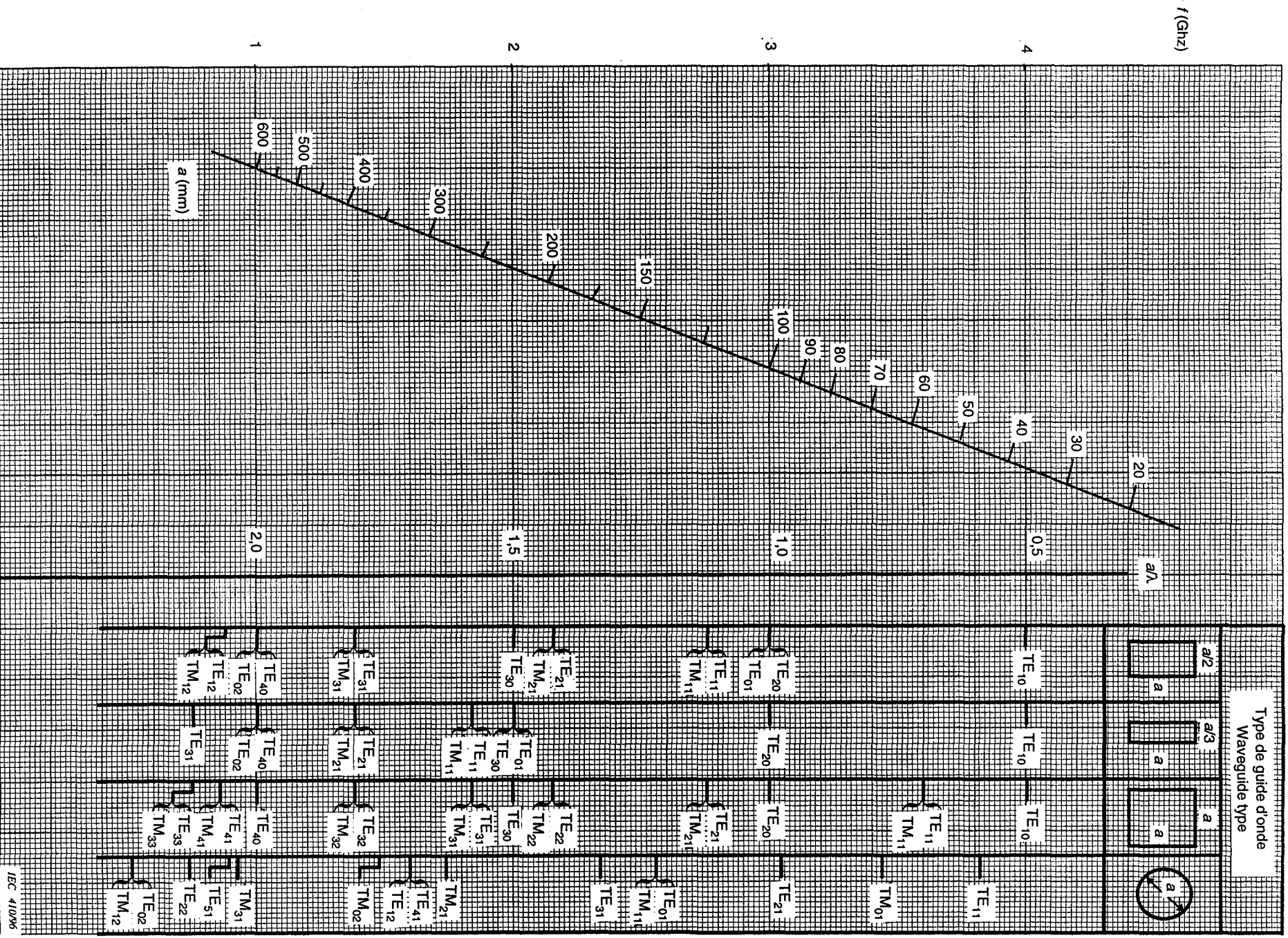


Figure 1

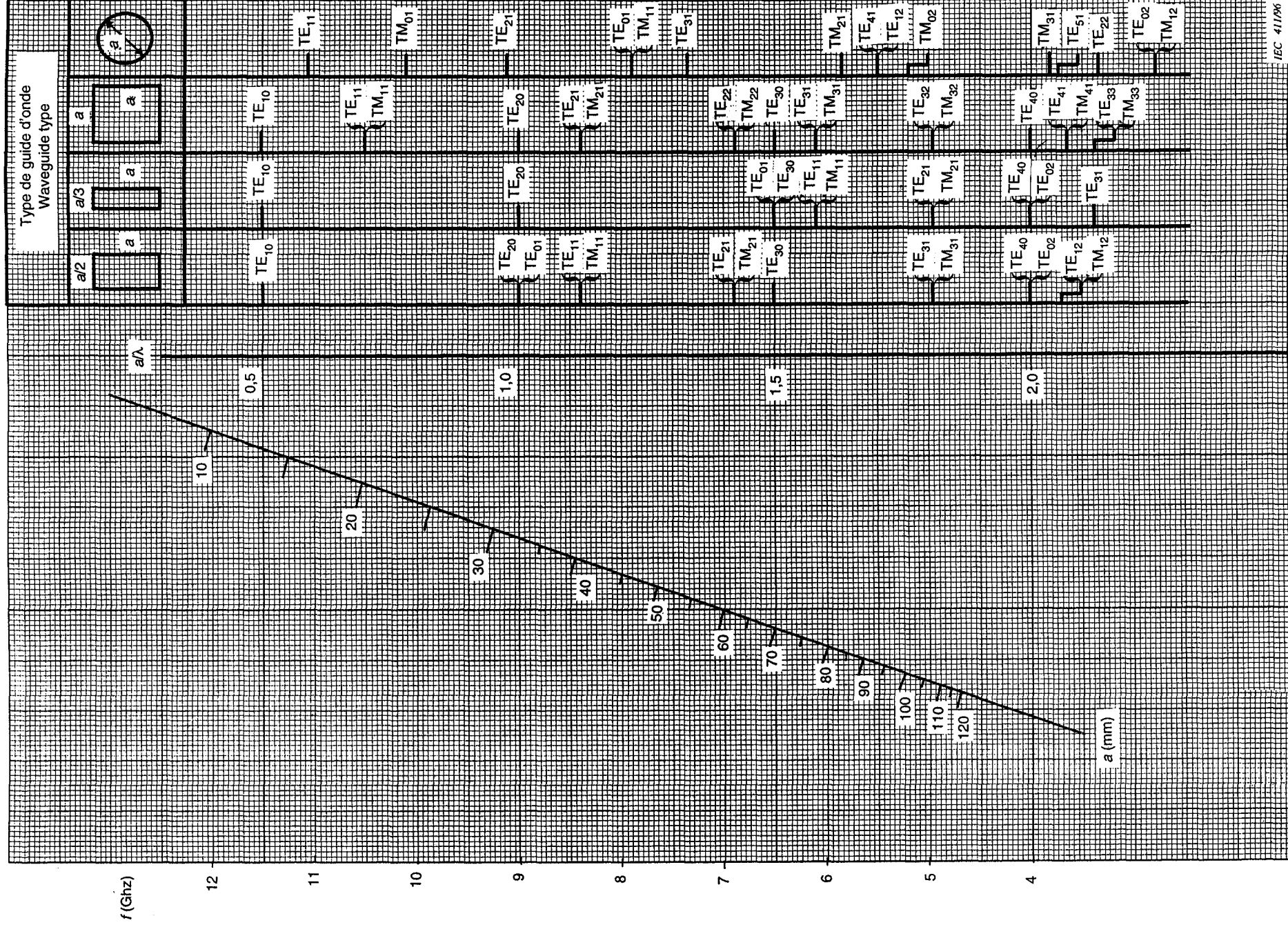
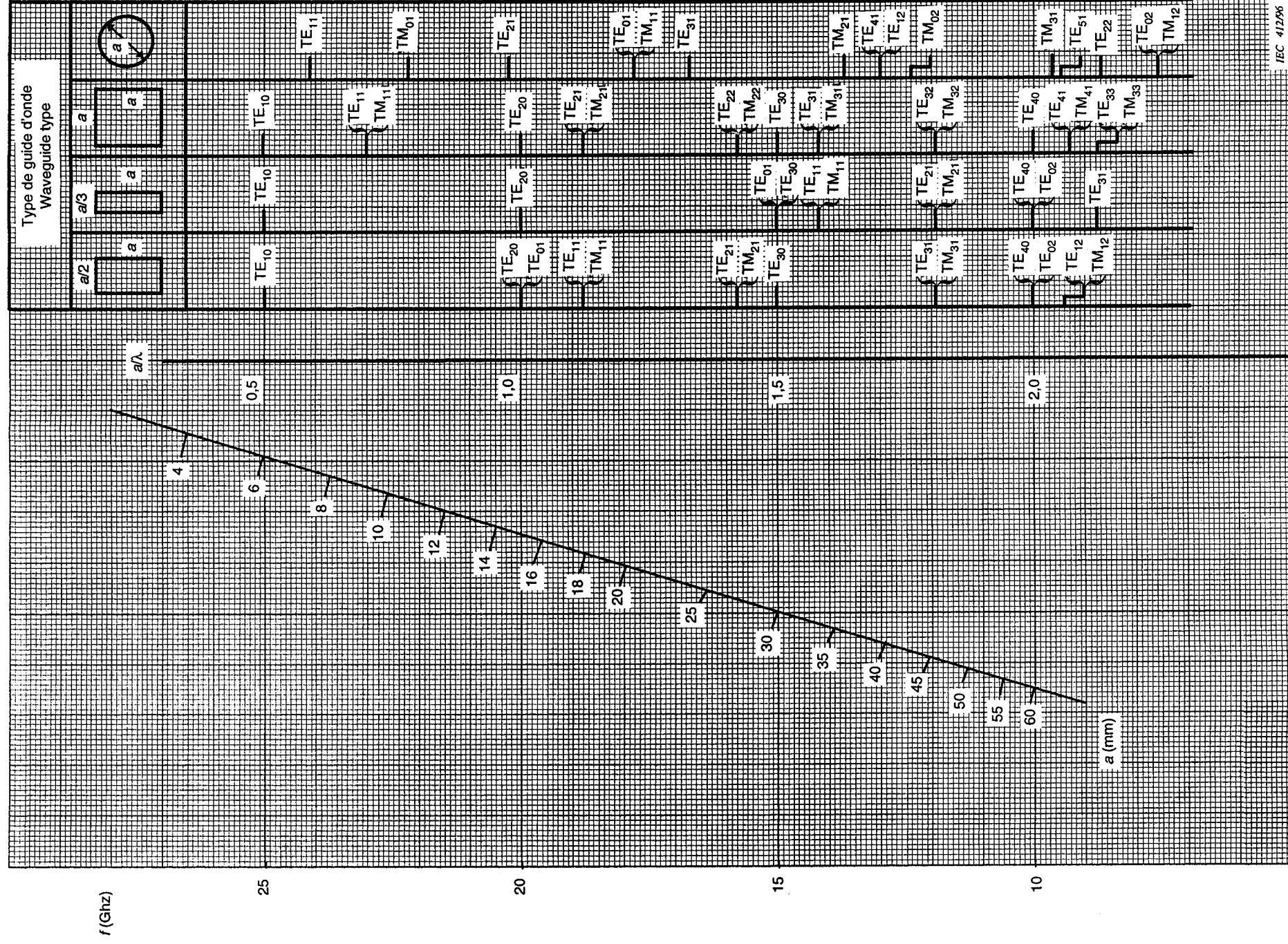


Figure 2



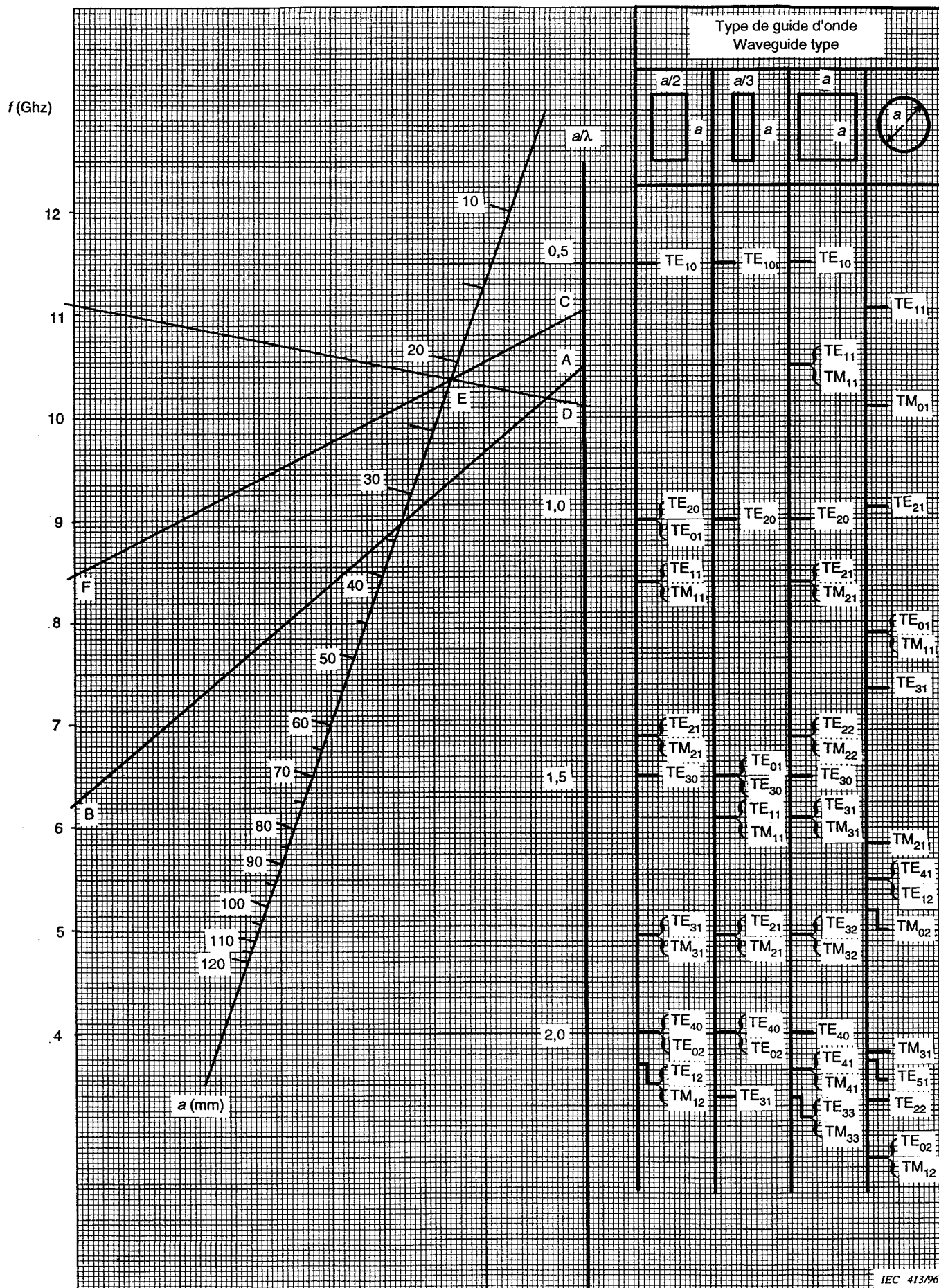


Figure 4

IEC 413/96

ICS 17.020.; 33.120.10
