

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 219

Première édition — First edition

1966

**Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en
oxydes ferromagnétiques pour transformateurs à large bande destinés
aux télécommunications**

**Guide for the drafting of performance specifications for cores of
broad-band transformers of ferromagnetic oxides for telecommunication**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60219:1966

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 219

Première édition — First edition

1966

**Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en
oxydes ferromagnétiques pour transformateurs à large bande destinés
aux télécommunications**

**Guide for the drafting of performance specifications for cores of
broad-band transformers of ferromagnetic oxides for telecommunication**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Liste des caractéristiques	8
3.1 Généralités	8
3.2 Information minimale des spécifications de noyaux pour transformateurs	10
3.3 Renseignements complémentaires sur les noyaux	12
3.4 Renseignements techniques sur les circuits magnétiques	12
4. Explications générales sur les mesures et les essais	16
5. Méthodes de mesure directes des propriétés des noyaux	18
5.1 Généralités	18
5.2 Réactance effective spécifique parallèle	20
5.3 Pertes totales	22
5.4 Influence d'un champ continu superposé	24
6. Méthodes de mesure des propriétés des matériaux	24
7. Méthodes de mesure indirectes	24
8. Feuilles particulières cadre	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
3. List of characteristics	9
3.1 General	9
3.2 Minimum information of transformer core specifications	11
3.3 Further information on cores	13
3.4 Engineering data for magnetic circuits	13
4. General explanations on measuring and testing	17
5. Direct measuring methods for the core properties	19
5.1 General	19
5.2 Parallel reactance factor	21
5.3 Total losses	23
5.4 Influence of a static magnetic field	25
6. Measuring methods for material properties	25
7. Indirect measuring methods	25
8. Article sheet format	25

With IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60219:1966

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DIRECTIVES POUR L'ÉTABLISSEMENT
DES SPÉCIFICATIONS DES NOYAUX EN OXYDES FERROMAGNÉTIQUES
POUR TRANSFORMATEURS A LARGE BANDE
DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 51 de la C E I: Matériaux ferromagnétiques.

Un premier projet a été préparé par le Secrétariat et le sujet a été discuté au cours des réunions tenues à Stockholm en 1958, à Ulm en 1959 et à Interlaken en 1961. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1962.

Les observations formulées par les Comités nationaux ont été examinées au cours des réunions tenues à Nice en 1962 et à Aix-les-Bains en 1964. Des modifications furent soumises alors à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en février 1965. Une autre discussion eut lieu lors de la réunion tenue à Baden-Baden en 1965, à la suite de laquelle un petit amendement fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en novembre 1965.

Originellement, cette recommandation avait la forme d'une spécification générale à laquelle une spécification particulière pourrait faire référence. Il apparut impossible, cependant, dans les présentes conditions techniques, d'établir les méthodes de mesure dans les détails nécessaires pour l'utilisation directe dans le laboratoire. D'autre part, les accords obtenus furent considérés d'importance suffisante pour justifier la publication comme directive pour l'établissement de la spécification d'un noyau donné.

Cette directive contient principalement les listes des caractéristiques essentielles et des règles générales pour les méthodes de mesure associées. Ces dernières permettront à l'ingénieur qualifié d'établir la spécification de mesure complète applicable à un noyau donné dans un laboratoire donné.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR THE DRAFTING OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS
FOR CORES OF BROAD-BAND TRANSFORMERS OF FERROMAGNETIC
OXIDES FOR TELECOMMUNICATION**

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 51, Ferromagnetic Materials.

A first draft was prepared by the Secretariat and the subject was discussed at meetings held in Stockholm in 1958, in Ulm in 1959 and in Interlaken in 1961. As a result of the latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1962.

The comments received were discussed at the meetings held in Nice in 1962 and in Aix-les-Bains in 1964. Amendments were then submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1965. A further discussion took place at the meeting held in Baden-Baden in 1965, as a result of which a small amendment was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in November 1965.

In the original set-up, this Recommendation had the character of a general specification to which article sheets might refer. It appeared, however, impossible at the present stage to lay down the measuring methods in such detail as would be required for direct use in the laboratory. On the other hand, the agreements reached were found to be of sufficient importance to justify publication as a guide for drafting the specification of a given core.

This guide mainly contains lists of essential characteristics and general rules for the associated measuring methods. These latter will allow a qualified engineer to draft the complete measurement specification applicable to a given core in a given laboratory.

La publication sera complétée dès que possible par un chapitre sur la feuille particulière cadre. Les méthodes de mesure feront l'objet d'études futures détaillées.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Canada	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

The Publication will be completed as soon as possible with a chapter on article sheet format. The measuring methods form the subject of detailed further study.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Italy	United States of America

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60219:1966

DIRECTIVES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES SPÉCIFICATIONS DES NOYAUX EN OXYDES FERROMAGNÉTIQUES POUR TRANSFORMATEURS A LARGE BANDE DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

1. Domaine d'application

Ces directives s'appliquent aux noyaux en oxydes ferromagnétiques sans entrefer ou avec un entrefer relativement petit, pour transformateurs destinés au matériel de télécommunications et aux dispositifs électroniques basés sur des techniques analogues, à l'exception des transformateurs d'impulsions, des transformateurs de blocage et des transformateurs accordés.

Note. — Le domaine d'application est limité aux formes géométriques pour lesquelles les caractéristiques, indiquées à l'article 3, ont une signification quand on les mesure suivant ces directives. Cela n'est pas le cas, par exemple, pour des petits bâtonnets utilisés comme noyaux dans les transformateurs pour radiofréquence.

2. Objet

Etablir des règles uniformes pour spécifier les propriétés de noyaux qui peuvent avoir de l'importance pour les applications les plus courantes de ces noyaux, y compris les règles fondamentales pour les méthodes de mesure permettant de vérifier ces propriétés. Il est prévu de les utiliser comme base pour les spécifications ou feuilles particulières concernant les caractéristiques énumérées pour les noyaux entrant dans le domaine de ces directives.

Notes 1. — Des données sur quelques-unes ou toutes les caractéristiques indiquées dans l'article 3 peuvent être requises.

2. — La bobine doit être spécifiée avec suffisamment de détails pour permettre d'arriver à un accord sur la valeur des caractéristiques, les valeurs mesurées pour ces caractéristiques dépendant de la forme et de la position de la bobine de mesure.

3. — Les pertes mentionnées dans cette recommandation se rapportent seulement aux pertes dans les noyaux.

4. — Dans un but de simplification, les formules contenues dans cette recommandation sont données uniquement pour les unités de base SI, même si, en pratique, on utilise seulement des multiples et sous-multiples. Ainsi, pour les spécifications ou feuilles particulières, les coefficients du noyau C_1 et C_2 sont donnés en mm^{-1} et mm^{-3} respectivement. Normalement on emploiera les multiples et sous-multiples suivants pour d'autres unités:

kHz	pour la fréquence
mH	pour l'inductance
nH	pour l'inductance spécifique
$\text{mH}^{-1/2}$	pour le facteur de tours
mT	pour l'induction.

3. Liste des caractéristiques

3.1 Généralités

3.1.1 Subdivision

La liste des caractéristiques est répartie en trois paragraphes différents répondant aux préoccupations principales suivantes:

— indiquer l'information minimale sur les caractéristiques de fonctionnement requises dans les spécifications des noyaux pour transformateurs (paragraphe 3.2);

GUIDE FOR THE DRAFTING OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS FOR CORES OF BROAD-BAND TRANSFORMERS OF FERROMAGNETIC OXIDES FOR TELECOMMUNICATION

1. Scope

This guide applies to ferromagnetic oxide cores without air gap or with relatively small air gap, for transformers for use in telecommunication equipment and electronic devices employing similar techniques, with the exception of pulse transformers, blocking transformers and tuned transformers.

Note. — The scope is restricted to those geometries for which the characteristics listed in Clause 3 are significant when measured in accordance with this guide. This will not be the case, for example, for short rods used as cores in r.f. transformers.

2. Object

To establish uniform rules for specifying the core properties which may be of importance for the most common applications of these cores, including basic rules for the measuring methods which should be used to verify these properties. It is intended that these will serve as the basis for specifications or article sheets covering the characteristics listed and applying to cores coming within the scope of this guide.

Notes 1. — Data on any, or all, of the characteristics listed under Clause 3 may be required.

2. — Since the values measured for certain characteristics depend upon the shape and position of the measuring coil, this coil must be specified in sufficient detail before agreement can be reached on the value of such characteristics.
3. — The losses as mentioned in this Recommendation refer to core losses only.
4. — For the sake of simplicity, the equations in this Recommendation are given for basic SI units only, even though multiples and sub-multiples will always be used in practice. Thus, in specifications or article sheets, the core factors C_1 and C_2 will be given in mm^{-1} and mm^{-3} respectively. Normally, the following multiples and sub-multiples will be used for other units:

kHz (kc/s)	for frequency
mH	for inductance
nH	for inductance factor
$\text{mH}^{-1/2}$	for the turns factor
mT	for the flux density.

3. List of characteristics

3.1 General

3.1.1 Sub-division

The list of characteristics is divided into three different clauses serving the following main purposes:

- to state the minimum information on performance characteristics required in specifications for transformer cores (Sub-clause 3.2);

- donner des recommandations concernant les renseignements complémentaires que le fabricant doit fournir pour les besoins des avant-projets relatifs aux transformateurs (paragraphe 3.3);
- donner des recommandations concernant les renseignements que le fabricant doit fournir sur le matériau pour les besoins de ceux qui dans les avant-projets relatifs aux transformateurs désirent calculer le circuit magnétique des transformateurs (paragraphe 3.4).

3.1.2 Gamme de températures de fonctionnement

La gamme de températures de fonctionnement à l'intérieur de laquelle les caractéristiques magnétiques s'appliquent doit être indiquée en degrés Celsius.

3.1.3 Termes et définitions

Pour les définitions des termes employés dans ces directives voir:

1. Publication 50 de la C E I: Vocabulaire Electrotechnique International.
2. Publication 125 de la C E I: Classification générale des matériaux en oxydes ferromagnétiques et définition des termes.

3.1.4 Fréquences normalisées

Au cas où les fréquences sur lesquelles les caractéristiques sont spécifiées ne sont pas dictées par l'application ou tout autre raison, il est recommandé de les choisir dans la série:

1 — 3 — 10 — etc. kHz.

3.2 Information minimale des spécifications de noyaux pour transformateur

3.2.1 Réactance effective spécifique parallèle

La valeur minimale de la réactance effective parallèle, par spire de bobine $\frac{X_P}{N^2}$ dans la gamme de températures de fonctionnement doit être donnée en fonction de la fréquence, l'induction étant prise comme paramètre. La forme et les dimensions de la bobine doivent être spécifiées.

X_P = réactance effective parallèle de la bobine en ohms.

N = nombre de spires de la bobine.

Notes 1. — L'inductance spécifique minimale et le facteur de tours maximal ou l'un ou l'autre peuvent être indiqués dans cette gamme de fréquence où ils sont pratiquement indépendant de la fréquence.

2. — Les relations entre l'inductance spécifique, la réactance effective spécifique parallèle et le facteur de tours sont les suivantes en tenant compte des unités dans lesquelles ces quantités sont normalement exprimées:

$$\frac{X_P}{N^2} = \omega A_L = \frac{\omega L_P}{N^2} = \frac{\omega}{a^2}$$

ω = $2\pi \times$ fréquence

A_L = inductance spécifique

L_P = inductance parallèle

a = facteur de tours.

3.2.2 Pertes totales

3.2.2.1 Résistance effective spécifique parallèle

La valeur minimale de la résistance effective spécifique parallèle par spire de bobine $\frac{R_P}{N^2}$ dans la gamme de températures de fonctionnement doit être indiquée en fonction de la fréquence, l'induction étant prise comme paramètre. La forme et les dimensions de la bobine doivent être spécifiées.

R_P = résistance effective parallèle de la bobine en ohms

N = nombre de spires de la bobine.

- to give recommendations for further information on cores to be supplied by the manufacturer for the use of transformer designers (Sub-clause 3.3);
- to give recommendations for information on material to be supplied by the manufacturer for the use of transformer designers who wish to design the magnetic circuit of transformers (Sub-clause 3.4).

3.1.2 *Operating temperature range*

The operating temperature range within which the magnetic data apply shall be stated in Celsius degrees.

3.1.3 *Terms and definitions*

For the definitions of the terms used in this guide see:

1. I E C Publication 50, International Electrotechnical Vocabulary.
2. I E C Publication 125, General Classification of Ferromagnetic Oxide Materials and Definition of Terms.

3.1.4 *Standard frequencies*

In those cases where the frequencies at which the characteristics to be specified are not dictated by the application or any other reason, it is recommended that they be chosen from the series:

1 — 3 — 10 — etc. kHz (kc/s)

3.2 *Minimum information of transformer core specifications*

3.2.1 *Parallel reactance factor*

The minimum value of the effective parallel reactance per turn of a coil $\frac{X_p}{N^2}$ within the operating temperature range shall be given as a function of the frequency with the flux density as parameter. The shape and dimensions of the coil shall be specified.

X_p = effective parallel reactance of the coil in ohms.

N = number of turns of the coil.

Notes 1. — The minimum inductance factor and/or the maximum turns factor may be quoted for that frequency range where they are practically independent of frequency.

2. — Conversion between parallel reactance factor, inductance factor and turns factor is as follows, taking into account the units these quantities are normally expressed in.

$$\frac{X_p}{N^2} = \omega A_L = \frac{\omega L_p}{N^2} = \frac{\omega}{a^2}$$

ω = $2\pi \times$ frequency

A_L = inductance factor

L_p = parallel self-inductance

a = turns factor in turns.

3.2.2 *Total losses*

3.2.2.1 *Parallel resistance factor*

The minimum value of the effective parallel resistance per turn of a coil $\frac{R_p}{N^2}$ within the operating temperature range shall be given as a function of the frequency with the flux density as parameter. The shape and dimensions of the coil shall be specified.

R_p = effective parallel resistance of the coil

N = number of turns of the coil.

3.2.2.2 Pertes à induction élevée

La valeur maximale des pertes totales en watts, dans la gamme de températures de fonctionnement, doit être indiquée en fonction de l'induction, la fréquence étant prise comme paramètre.

Notes 1. — Le facteur de résistance parallèle est utilisé lorsqu'il est important de considérer les pertes par insertion (transformateurs de télécommunication).

2. — Les pertes totales sont utilisées lorsqu'il est important de porter attention au dégagement de chaleur (transformateurs de puissance).

3.2.3 Distorsion non linéaire

A l'étude.

3.3 Renseignements complémentaires sur les noyaux

3.3.1 Influence d'un champ continu superposé

La résistance effective spécifique parallèle $\frac{X_P}{N^2}$ correspondant à la perméabilité avec champ continu superposé doit être indiquée en fonction de la force magnétomotrice en courant continu pour différentes valeurs de l'entrefer et, si nécessaire, pour différentes valeurs de fréquence, d'induction alternative et de température. Ceci peut être fait, soit au moyen des courbes de Hanna,* soit avec une courbe donnant $\frac{X_P}{N^2}$.

La réactance effective spécifique parallèle $\frac{R_P}{N^2}$ doit être également indiquée en fonction de la force magnétomotrice en courant continu et, si nécessaire, pour différentes valeurs de fréquence, d'induction alternative et de température. La force magnétomotrice en courant continu doit être donnée en ampères et les courbes doivent être données au moins pour les deux valeurs suivantes de l'entrefer:

- entrefer minimal;
- entrefer tel que la réactance effective spécifique parallèle sans polarisation soit de 0,5 fois celui trouvé pour l'entrefer minimal.

3.3.2 Courbe d'aimantation normale (VEI 05-25-200)

La courbe d'aimantation normale doit être donnée, la température étant prise comme paramètre.

3.3.3 Pertes par insertion et par réflexion

A l'étude.

3.4 Renseignements techniques sur les circuits magnétiques

3.4.1 Paramètres dimensionnels

3.4.1.1 Coefficient du noyau

Les coefficients du noyau doivent être calculés conformément à la Publication 205 de la C E I: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques **.

* Une courbe de Hanna est l'enveloppe des courbes qui donnent:

$$\frac{LI^2}{V_e} \text{ en fonction de } \frac{NI}{l_e}$$

** Quelquefois on utilise le facteur de perméance $C = \frac{\mu_o}{C}$.

3.2.2.2 *Losses at high flux density*

The maximum value of the total losses in watts, within the operating temperature range, shall be stated as a function of the flux density with the frequency as parameter.

Notes 1. — The parallel resistance factor is used when the insertion losses are of importance (telecommunication transformers).

2. — The watt losses are used when the heat development is of importance (power transformers).

3.2.3 *Non-linear distortion*

Under consideration.

3.3 *Further information on cores*

3.3.1 *Influence of a static magnetic field*

The parallel resistance factor $\frac{X_P}{N^2}$ corresponding to the incremental permeability shall be stated as a function of the static magnetomotive force at various values of the air gap, and, if necessary, at various values of frequency, incremental flux density and temperature. This can be done either with the Hanna curve * or with a $\frac{X_P}{N^2}$ curve.

Also the parallel reactance factor $\frac{R_P}{N^2}$ shall be stated as a function of the static magnetomotive force and, if necessary, at various values of frequency, incremental flux density and temperature. The static magnetomotive force shall be given in amperes and curves shall be given for at least the following two values of the air gap:

- minimum air gap;
- such air gap that the parallel reactance factor without polarization is 0.5 times that found at minimum air gap.

3.3.2 *Normal magnetization curve (IEV 05-25-200)*

The normal magnetization curve shall be given with the temperature as parameter.

3.3.3 *Insertion and reflection losses*

Under consideration.

3.4 *Engineering data for magnetic circuits*

3.4.1 *Dimensional parameters*

3.4.1.1 *Core factors*

The core factors shall be calculated in accordance with I E C Publication 205: Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts **.

* A Hanna curve is the envelope to the graphs representing:

$$\frac{LI^2}{V_e} \text{ as a function of } \frac{NI}{l_e}$$

** Sometimes the permeance factor $C = \frac{\mu_0}{C_1}$ is used.

Les coefficients sont définis par:

$$C_1 = \Sigma \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad C_2 = \Sigma \frac{l}{A_2} \text{ mm}^{-3}.$$

3.4.1.2 Dimensions effectives

Surface effective: $A_e = \frac{C_1}{C_2}.$

Longueur effective: $l_e = \frac{C_1^2}{C_2}.$

Volume effectif: $V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}.$

3.4.2 Perméabilité

3.4.2.1 Perméabilité initiale minimale

La valeur minimale de la perméabilité initiale, dans la gamme de températures de fonctionnement doit être indiquée.

3.4.2.2 Perméabilité d'amplitude minimale

La valeur minimale de la perméabilité d'amplitude dans la gamme des températures de fonctionnement doit être indiquée en fonction de l'induction, la fréquence étant prise comme paramètre.

3.4.2.3 Perméabilité avec champ continu superposé

La perméabilité avec champ continu superposé du matériau doit être donnée sous forme de courbes pour différentes valeurs du champ continu.

3.4.2.4 Perméabilité réversible

La perméabilité réversible du matériau doit être donnée sous forme de courbes pour différentes valeurs du champ.

3.4.3 Pertes

3.4.3.1 Pertes à faible induction

La valeur maximale du rapport de la tangente de l'angle de pertes à faible induction à la perméabilité initiale correspondante $\frac{\text{tg } \delta}{\mu_i}$ dans la gamme de températures de fonctionnement doit être indiquée en fonction de la fréquence (soit sous forme de tableau, soit sous forme de courbe).

3.4.3.2 Pertes par hystérésis

La valeur maximale du coefficient d'hystérésis du matériau η_B , ou le rapport de la tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis à la perméabilité effective $\frac{\text{tg } \delta_h}{\mu_e}$ doit être indiquée en fonction de la fréquence (soit sous forme de tableau, soit sous forme de courbe).

The factors are defined by:

$$C_1 = \Sigma \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad C_2 = \Sigma \frac{l}{A_2} \text{ mm}^{-3}.$$

3.4.1.2 *Effective dimensions*

Effective area: $A_e = \frac{C_1}{C_2}.$

Effective length: $l_e = \frac{C_1^2}{C_2}.$

Effective volume: $V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}.$

3.4.2 *Permeability*

3.4.2.1 *Minimum initial permeability*

The minimum value of the initial permeability within the operating temperature range shall be stated.

3.4.2.2 *Minimum amplitude permeability*

The minimum value of the amplitude permeability within the operating temperature range shall be given as a function of the flux density, with the frequency as parameter.

3.4.2.3 *Incremental permeability*

The incremental permeability for the material shall be presented in graphical form as a function of the direct field strength for various values of the incremental flux density.

3.4.2.4 *Reversible permeability*

The reversible permeability for the material shall be presented in a graphical form as a function of the direct field strength.

3.4.3 *Losses*

3.4.3.1 *Losses at low flux density*

The maximum value of the ratio of the tangent of loss angle at low flux density to the corresponding initial permeability $\frac{\tan \delta}{\mu_i}$ within the operating temperature range shall be stated as a function of frequency (either in tabulated form or as a curve).

3.4.3.2 *Hysteresis*

The maximum value of the hysteresis material constant η_B , or the ratio of the tangent of the loss angle due to hysteresis to the effective permeability $\frac{\tan \delta_h}{\mu_e}$ within the operating temperature range, shall be stated as a function of frequency (either in tabulated form or as a curve).

3.4.3.3 Pertes à induction élevée

La valeur maximale des pertes en watts par unité de volume effectif dans la gamme de températures de fonctionnement doit être indiquée en fonction de la fréquence et de l'induction (soit sous forme de tableau, soit sous forme de courbe).

3.4.4 Courbe d'aimantation normale

La courbe d'aimantation normale pour le matériau doit être donnée à différentes températures et fréquences.

4. Explications générales sur les mesures et les essais

4.1 Méthodes de mesure directes

Les méthodes de mesure directes permettent de mesurer directement les caractéristiques des noyaux et il convient, par suite, de les utiliser, comme c'est le cas pour des essais de type, pour comparer des noyaux différents obtenus à partir d'oxydes ferromagnétiques différents par des fabricants différents.

4.2 Méthodes de mesure indirectes

Les méthodes de mesure indirectes permettent seulement de comparer des noyaux de même construction et de même matériau, obtenus par le même fabricant. Leur emploi est donc restreint aux cas où la corrélation avec les méthodes de mesure directes a été établie. Après accord entre le fabricant et l'acheteur, elles peuvent être utilisées pour des essais de contrôle en usine et des essais de réception.

4.3 Type

Un type comprend les noyaux de conception identique, fabriqués selon les mêmes techniques et dont les caractéristiques sont comprises dans la gamme usuelle du fabricant.

Notes 1. — On ne tient pas compte des accessoires de fixation, pour autant qu'ils n'ont pas d'influence sensible sur les résultats des essais.

2. — Les caractéristiques comprennent une combinaison de:

- a) caractéristiques électriques;
- b) dimensions.

3. — Les limites de la gamme des caractéristiques feront l'objet d'un accord entre client et fabricant.

4.4 Essais de type

Les essais de type d'un noyau sont constitués par l'ensemble des essais à effectuer sur un échantillon appartenant au type spécifié dans le but de déterminer si un fabricant particulier peut être considéré comme capable de fabriquer des produits satisfaisant à la spécification.

4.5 Approbation de type

L'approbation de type est la décision prise par l'autorité compétente (le client ou son représentant) suivant laquelle un fabricant donné peut être considéré comme capable de produire, en quantités raisonnables, le type conforme à la spécification correspondante.

4.6 Essais de réception

Les essais de réception sont les essais effectués pour décider de la réception d'une fourniture, par accord entre le fabricant et le client.

3.4.3.3 *Losses at high flux density*

The maximum value of the losses in watts per unit effective volume within the operating temperature range shall be stated as a function of frequency and flux density (either in tabulated form or as a curve).

3.4.4 *Normal magnetization curve*

The normal magnetization curve for the material shall be given at various temperatures and frequencies.

4. **General explanations on measuring and testing**

4.1 *Direct measuring methods*

The direct measuring methods allow the measurement of the characteristics of the cores directly and should therefore be used to compare different cores made of different ferromagnetic oxides by different manufacturers such as is done in the case of type tests.

4.2 *Indirect measuring methods*

The indirect measuring methods only allow the comparison of cores of the same construction and material, made by the same manufacturer. Their use is therefore restricted to those cases where the correlation with the direct measuring methods has been established. After agreement between manufacturer and purchaser, they may be used for factory tests and for acceptance tests.

4.3 *Type*

A type comprises cores having similar design features, manufactured by the same techniques and falling within the manufacturer's usual range of characteristics for these cores.

Notes 1. — Mounting accessories are ignored, provided they have no significant effect on the test results.

2. — Characteristics cover the combination of:

- a) electrical characteristics;
- b) sizes.

3. — The limits of the range of characteristics shall be agreed between customer and manufacturer.

4.4 *Type test*

The type test of a core is the complete series of tests to be carried out on a number of specimens representative of the type, with the object of determining whether a particular manufacturer can be considered able to produce cores meeting the specification.

4.5 *Type approval*

Type approval is the decision by the proper authority (the customer himself or his nominee) that a particular manufacturer can be considered able to produce in reasonable quantities the type meeting the specification.

4.6 *Acceptance tests*

Acceptance tests are tests carried out to determine the acceptability of a consignment on the basis of an agreement between customer and manufacturer.

L'accord précisera:

- a) l'effectif de l'échantillon;
- b) le choix des essais;
- c) la mesure dans laquelle l'échantillon soumis à l'essai devra être conforme aux exigences des essais choisis dans la spécification.

Note. — En cas de désaccord sur les résultats d'essais, les méthodes d'essais normalisées de la C E I seront utilisées pour les essais de réception.

4.7 *Essais de contrôle de fabrication*

Les essais de contrôle de fabrication sont les essais effectués par le fabricant pour s'assurer que les noyaux satisfont à la spécification.

4.8 *Effectif de l'échantillon*

4.8.1 *Généralités*

L'effectif de l'échantillon à essayer dans chaque cas particulier dépend du but du contrôle et de la précision à atteindre pour les résultats.

4.8.2 *Essais de type*

Dans le cas des essais de type, l'échantillon sera représentatif de la gamme de valeurs correspondant au type considéré.

L'effectif de l'échantillon à essayer fera l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

L'effectif de l'échantillon à soumettre à un essai quelconque ne devra pas être inférieur à 5.

Note. — Une partie d'une gamme complète, ou des valeurs isolées prévues dans cette recommandation, peuvent être soumises aux essais en vue d'obtenir une approbation limitée.

4.8.3 *Défauts*

Ces directives ne fixent pas le nombre de défauts admissibles; ceci en effet est considéré comme une prérogative de l'autorité accordant l'approbation de type.

5. **Méthodes de mesure directes des propriétés des noyaux**

5.1 *Généralités*

5.1.1 *Conditionnement magnétique des noyaux*

Avant de faire les mesures, le noyau doit être conditionné et laissé au repos au moins deux heures.

A moins de stipulation contraire, le noyau doit également être conditionné entre deux mesures particulières successives.

5.1.2 *Conditions atmosphériques*

Les conditions atmosphériques doivent être spécifiées conformément à la Publication 68 de la C E I: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants.

Quant il est spécifié que la valeur limite donnée s'applique à la température de référence de 20 °C, les mesures peuvent être effectuées à une température quelconque dans la gamme de température normale d'essai (de 15 °C à 35 °C) et les résultats ramenés par le calcul à la température de référence, quand les facteurs de corrections sont connus.

The agreement shall cover:

- a) the sample size;
- b) the selection of tests;
- c) the extent to which the test specimens shall conform to the requirements for the selected tests of the specification.

Note. — In cases of divergent test results, the I E C standard test methods shall be used for acceptance tests.

4.7 *Factory tests*

Factory tests are those tests carried out by the manufacturer to verify that his cores meet the specification.

4.8 *Number of specimens*

4.8.1 *General*

The number of specimens to be tested in any particular case depends upon the purpose of the testing and the accuracy to be achieved for the result.

4.8.2 *Type testing*

In the case of type tests, the sample shall be representative of the range of values of the type under consideration.

The appropriate number of specimens to be tested shall be agreed upon between customer and supplier.

The number of specimens to be subjected to any single test shall not be less than 5.

Note. — Part of a full range, or individual values, may be subjected to type tests in order to gain limited type approval.

4.8.3 *Failures*

This guide does not specify the number of permissible failures: this is considered to be the prerogative of the authority giving type approval.

5. **Direct measuring methods for the core properties**

5.1 *General*

5.1.1 *Magnetic conditioning*

Before measurements are made, the core shall be fully conditioned, after which it shall be left alone for not less than two hours.

Unless otherwise specified, the core shall also be fully conditioned between the individual measurements.

5.1.2 *Atmospheric conditions*

The atmospheric conditions shall be specified in accordance with I E C Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment.

Where it is specified that the quoted limit applies to the standard reference temperature of 20 °C, the measurement may be made at any temperature within the standard temperature range for testing (15 °C to 35 °C) and the result corrected by calculation, when the correction factors are known.

Quand les facteurs de correction ne sont pas connus, il faut faire les mesures dans les conditions atmosphériques des essais d'arbitrage de 20 °C.

Si la température de 20 °C ne convient pas, on peut choisir une des autres conditions atmosphériques normales pour les essais d'arbitrage (23 °C ou 27 °C), à la condition que des valeurs limites convenables soient agréées.

En faisant les mesures, on doit veiller à ce que la température atmosphérique ne varie pas.

5.1.3 *Serrage des noyaux*

Les mesures doivent être faites sur un noyau dont les coquilles sont assemblées et serrées avec la force spécifiée. Cette force doit correspondre à la force appliquée normalement durant l'emploi du noyau assemblé.

5.1.4 *Bobine de mesure*

Une bobine de mesure doit être placée sur la jambe qui portera l'enroulement du transformateur dans l'utilisation normale. La construction de la bobine dépend des conditions de mesure. La bobine doit être entièrement définie (voir aussi la note 2 de l'article 2).

Des détails complémentaires concernant la bobine de mesure sont à l'étude.

5.1.5 *Valeur de crête de l'induction effective*

La valeur de crête de l'induction effective dans un noyau doit être calculée comme suit:

$$\hat{B}_e = \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\omega \cdot N \cdot A_e}$$

$\hat{B}_e$ = valeur de crête de l'induction effective

U = valeur efficace de la tension sinusoïdale appliquée à la bobine de mesure

N = nombre de spires de la bobine

$\omega = 2\pi \times$ la fréquence

A_e = surface effective.

5.2 *Réactance effective, spécifique parallèle* (paragraphe 3.2.1)

5.2.1 Les surfaces de contact des noyaux doivent être soigneusement nettoyées.

5.2.2 Les mesures peuvent être faites à une température quelconque dans la gamme de températures de fonctionnement.

5.2.3 La réactance de la bobine de mesure assemblée au noyau doit être mesurée comme une réactance parallèle. Les mesures doivent être faites aux fréquences spécifiées et aux inductions spécifiées en partant des inductions les plus faibles.

Aucun conditionnement magnétique n'aura lieu entre les mesures. Pour la réactance effective spécifique parallèle correspondant à la perméabilité initiale, le courant dans la bobine de mesure doit être tel que la valeur de crête de l'induction effective ne dépasse pas 0,5 mT (5 Gs) (paragraphe 5.1.5).

Notes 1. — Les détails sur la méthode de mesure doivent comprendre:

- la forme de l'onde de courant ou de tension appliquée à la bobine de mesure;
- la fréquence de mesure;
- l'échauffement toléré de la bobine lors des mesures.

Alternatively, where the correction factors are unknown, the measurement shall be made under standard atmospheric conditions for referee tests of 20 °C.

In case 20 °C is unsuitable, one of the other standard atmospheric conditions for referee tests may be chosen (23 °C or 27 °C) on condition that suitable limits are agreed.

During measurement, care shall be taken that the atmospheric temperature does not fluctuate.

5.1.3 *Clamping of cores*

The measurements shall be made on a normal core assembly which is clamped together with the specified force. This force shall correspond to the force applied during normal use of the core assembly.

5.1.4 *Measuring coil*

A measuring coil shall be placed on the leg which is intended to bear the transformer windings during normal use. The construction of the coil depends upon the measuring conditions. The coil shall be fully defined (see also Note 2 of Clause 2).

Further details of the measuring coil are under consideration.

5.1.5 *Peak effective flux density*

The peak effective flux density in a core shall be calculated as follows.

$$\hat{B}_e = \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\omega \cdot N \cdot A_e}$$

$\hat{B}_e$ = peak effective flux density

U = r.m.s. value of the sinusoidal voltage applied to the measuring coil

N = number of turns of the measuring coil

ω = $2\pi \times$ measuring frequency

A_e = effective area

5.2 *Parallel reactance factor* (Sub-clause 3.2.1)

5.2.1 The contact surfaces of the cores shall be carefully cleaned.

5.2.2 The measurements may be made at any temperature within the operating temperature range.

5.2.3 The reactance of the measuring coil assembled with core shall be measured as parallel reactance. The measurements shall be made at the specified frequency(ies) and flux density(ies) starting from the lowest flux density. No magnetic conditioning shall take place between the measurements.

For the parallel reactance factor corresponding to the initial permeability, the current in the measuring coil shall be such that the peak effective flux density (Sub-clause 5.1.5) does not exceed 0.5 mT (5 Gs).

Notes 1. — Details of the measuring method shall include:

- wave shape of the current through, or the voltage applied to the measuring coil;
- measuring frequency;
- permissible heating of the coil during measurement.

2. — L'inductance spécifique A_L et le facteur de tours α peuvent être calculés à partir des équations:

$$A_L = \frac{X_P}{\omega N^2} \quad \alpha = \sqrt{\frac{\omega N^2}{X_P}}$$

3. — La perméabilité effective peut être calculée à partir du facteur de réactance effective spécifique parallèle avec une précision suffisante pour les applications pratiques:

$$\mu_e = \frac{X_P}{\omega N^2} \times \frac{C_1}{\mu_o}$$

μ_e = perméabilité effective pour un noyau sans entrefer

$\frac{X_P}{N^2}$ = réactance effective spécifique parallèle

ω = $2\pi \times$ la fréquence de mesure

C_1 = facteur de noyau selon paragraphe 3.4.1

μ_o = perméabilité absolue du vide: $4\pi \times 10^{-7}$ H/m.

Pour les noyaux dits « sans entrefer », la perméabilité effective peut être plus petite que celle calculée à partir de la perméabilité initiale, quand les surfaces de contact ne sont pas parfaitement plates et polies.

5.2.4 Si on le désire, on peut mesurer, sur quelques spécimens, la réactance effective spécifique parallèle en fonction de la température, afin de confirmer que cette valeur n'est pas inférieure à la valeur spécifiée à une température quelconque dans la gamme de températures de fonctionnement.

5.3 *Pertes totales* (paragraphe 3.2.2)

5.3.1 La résistance effective de la bobine de mesure assemblée au noyau doit être mesurée. Les mesures doivent être faites à la (aux) fréquence(s) et à la (aux) induction(s) spécifiée(s). Aucun conditionnement magnétique ne devra avoir lieu entre les mesures.

5.3.2 Dans le cas des pertes totales, on doit calculer soit la résistance effective spécifique parallèle $\frac{R_P}{N^2}$ soit les pertes en watts. Ces dernières peuvent aussi être mesurées au wattmètre. Si on le désire, on peut mesurer sur quelques spécimens les pertes en fonction de la température afin de confirmer qu'elles ne dépassent pas la valeur spécifiée à une température quelconque dans la gamme de température de fonctionnement.

Note. — Il peut être nécessaire, spécialement pour des matériaux à faible perméabilité effective, d'effectuer une correction pour la résistance série de la bobine de mesure (voir aussi la note 3 de l'article 2). La meilleure méthode consiste à mesurer la résistance et la réactance « série » du noyau bobiné, d'en soustraire la résistance de la bobine (mesurée sans noyau) et, finalement, de transformer, par le calcul, les valeurs obtenues en résistance parallèle et en inductance parallèle. Dans ce cas, il est conseillé d'obtenir la tension nécessaire à la détermination de l'induction à partir d'un enroulement secondaire séparé.

5.3.3 Le coefficient d'hystérésis du matériau doit être déterminé par deux mesures de pertes pour deux valeurs de crête de la tension appliquée à la bobine de mesure telles que la valeur de crête de l'induction effective soit inférieure à 10 mT (100 Gs).

L'inductance de la bobine de mesure est aussi mesurée pour la valeur la plus basse de la tension. Le coefficient d'hystérésis du matériau doit être calculé à partir de:

$$\eta_B = \frac{\mu_o N^3}{C_2 L^2} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta \hat{e}} = \frac{\omega \mu_o N^3}{C_2 L} \cdot \frac{\Delta \tan \delta}{\Delta \hat{e}}$$

η_B = coefficient d'hystérésis du matériau

μ_o = perméabilité absolue du vide: $4\pi \times 10^{-7}$ H/m