

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 367-1

Première édition — First edition

1971

**Noyaux pour bobines d'inductance et transformateurs
destinés aux télécommunications**

Première partie: Méthodes de mesure

Cores for inductors and transformers for telecommunications
Part 1: Measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60367-1:1977

Withdrawn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 367-1

Première édition — First edition

1971

**Noyaux pour bobines d'inductance et transformateurs
destinés aux télécommunications**

Première partie: Méthodes de mesure

Cores for inductors and transformers for telecommunications

Part 1: Measuring methods



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

Articles

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application.	8
2. Objet	8
3. Conditions d'ambiance	10
4. Précautions générales pour les méthodes comprenant les mesures de la perméabilité	10
5. Précautions générales pour les mesures des pertes	12
6. Conditionnement magnétique	12
7. Mesure de l'inductance	14

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE COMMUNES

8. Désaccommodation	16
9. Variation de la perméabilité en fonction de la température	20
10. Gamme de réglage de l'inductance	26
11. Pertes	26

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE SPÉCIALISÉES

A l'étude

ANNEXES A — Appareil de conditionnement magnétique à décharge de condensateur	28
B — Amplificateur de puissance pour le conditionnement magnétique	32
C — Appareil pour le conditionnement magnétique basé sur la méthode avec champ alternatif	36
D — Méthode thermique pour le conditionnement magnétique	38
E — Méthodes d'expression de la variation en fonction de la température	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

Clause

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope	9
2. Object	9
3. Environmental conditions	11
4. General precautions for methods involving permeability measurements	11
5. General precautions for loss measurements	13
6. Magnetic conditioning	13
7. Inductance measurement	15

SECTION TWO — COMMON MEASURING METHODS

8. Disaccommodation	17
9. Variation of permeability with temperature	21
10. Range of inductance adjustments	27
11. Losses	27

SECTION THREE — SPECIALIZED MEASURING METHODS

Under consideration

APPENDICES A — Apparatus for magnetic conditioning with capacitor discharge	29
B — Power amplifier for magnetic conditioning	33
C — Apparatus for magnetic conditioning based on the alternating field method	37
D — Thermal method for magnetic conditioning	39
E — Methods of expressing temperature dependence	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS
DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS**

Première partie : Méthodes de mesure

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: Composants magnétiques et ferrites.

Un premier projet concernant les méthodes de mesure de la variabilité fut discuté lors des réunions tenues à Baden-Baden en 1965 et à Tel-Aviv en 1966. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1967. Les observations reçues furent examinées lors de la réunion tenue à Londres en 1968, où il fut convenu que le contenu technique du document ferait partie d'une publication contenant toutes les méthodes de mesures pour les noyaux en ferrite des transformateurs et bobines d'inductance destinés aux télécommunications. Ceci demanda un réarrangement du texte qui, y compris quelques modifications acceptées à cette réunion fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en novembre 1969.

Lors de la réunion tenue à Washington en 1970, une autre discussion eut lieu sur la coordination des diverses recommandations dans le domaine des noyaux pour les transformateurs et bobines d'inductance. Il fut alors décidé que les méthodes de mesure seraient publiées comme première partie d'une Publication de la C E I qui contiendrait dans sa deuxième partie les directives combinées pour l'établissement des spécifications, c'est-à-dire les textes révisés des Publications 218 de la C E I: Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs accordés et bobines d'inductance destinés aux télécommunications, et 219: Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs à large bande destinés aux télécommunications.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS
FOR TELECOMMUNICATIONS**

Part 1: Measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C 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 I E C Technical Committee No. 51, Magnetic Components and Ferrite Materials.

A first draft on measuring methods for variability was discussed at meetings held in Baden-Baden in 1965 and in Tel-Aviv in 1966. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1967. The comments received were discussed at the meeting held in London in 1968, where it was agreed that the substance of the document should form part of a publication containing all measuring methods for ferrite transformer and inductor cores for telecommunications. This required a re-arrangement of the text which, including some amendments agreed at the meeting, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in November 1969.

At the meeting held in Washington in 1970, a further discussion took place on the co-ordination between the various recommendations in the field of transformer and inductor cores. It was therefore decided that the measuring methods should be issued as Part 1 of an I E C Publication which should contain in Part 2 the combined guides for the drafting of performance specifications, i.e. the revised texts of I E C Publications 218, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Tuned Transformers and Inductors of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication, and 219, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Broad-band Transformers of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Israel
Austria	Italy
Belgium	Japan
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Turkey
Denmark	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America

Des projets de l'annexe B furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe B:

Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Des projets de l'annexe D furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe D:

Australie	Japon
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Des projets de l'annexe E furent discutés lors des réunions tenues à Londres en 1968 et à Washington en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe E:

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



Drafts of Appendix B were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix B:

Australia	Japan
Belgium	Netherlands
Canada	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Drafts of Appendix D were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

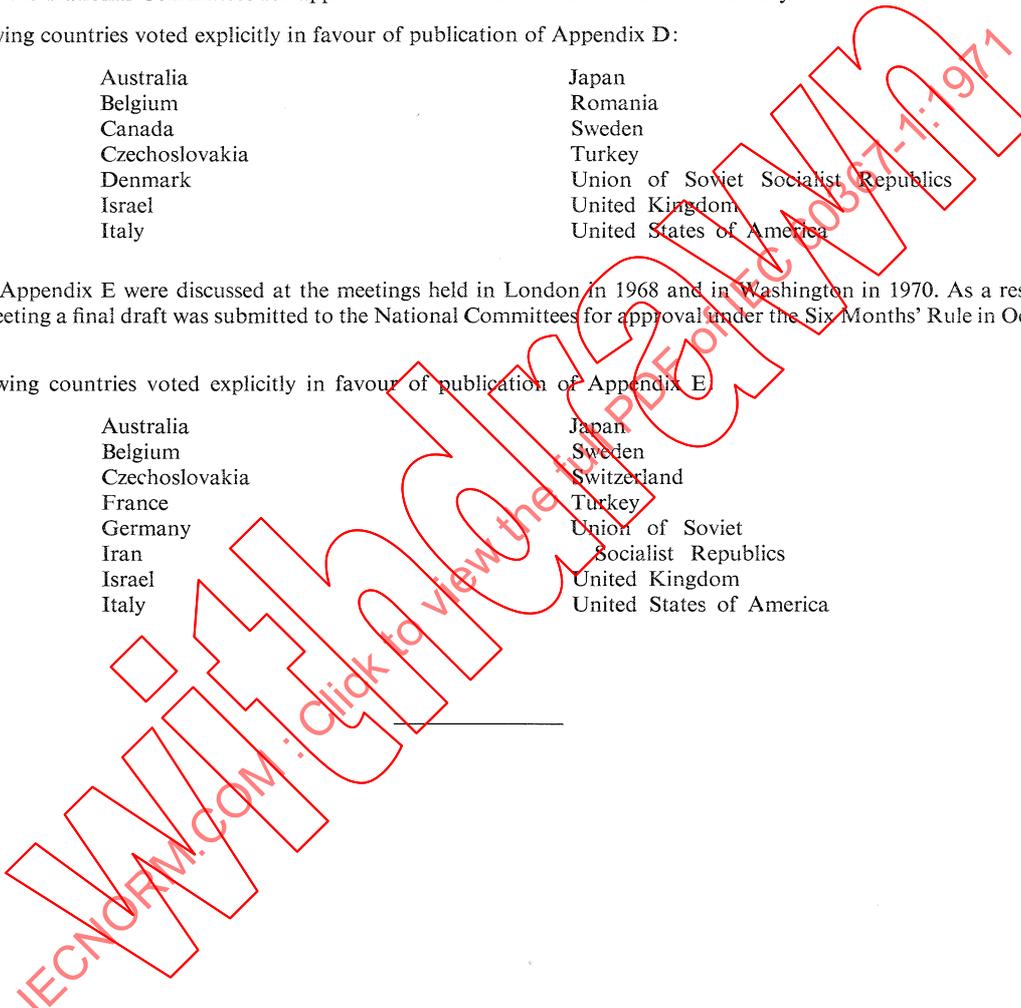
The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix D:

Australia	Japan
Belgium	Romania
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Turkey
Denmark	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Drafts of Appendix E were discussed at the meetings held in London in 1968 and in Washington in 1970. As a result of this latter meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix E

Australia	Japan
Belgium	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Iran	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	



NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Première partie : Méthodes de mesure

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux circuits magnétiques, fabriqués principalement à partir d'oxydes magnétiques ou de poudres métalliques, utilisés dans les bobines d'inductance et les transformateurs destinés au matériel de télécommunications et aux dispositifs électroniques basés sur des techniques analogues.

Quelques-unes des méthodes décrites dans la présente recommandation peuvent aussi convenir aux circuits magnétiques utilisés dans d'autres composants.

2. Objet

Donner des directives pour l'établissement de telles parties des spécifications des circuits magnétiques qui se rapportent aux méthodes de mesure pour les caractéristiques magnétiques et électriques des noyaux. La présente recommandation se limite aux principes généraux à suivre pour les diverses méthodes de mesure possibles et montre les facteurs qu'il faut considérer lorsque l'on veut décrire une méthode de mesure à inclure dans une spécification.

Cette première partie a été divisée en trois sections correspondant à l'utilisation des diverses méthodes de mesure, à savoir :

- Section un: Généralités, qui comprend les indications générales et les méthodes normalement utilisées en combinaison avec les méthodes de mesure incluses dans les sections deux et trois.
- Section deux: Méthodes de mesure communes, qui comprend les méthodes de mesure utilisées dans la plupart des cas pour les noyaux de bobines d'inductance et de transformateurs.
- Section trois: Méthodes de mesure spécialisées, qui comprend les méthodes destinées à fournir des informations et utilisées seulement dans des cas spéciaux dans une spécification de noyau.

Note. — Toutes les formules dans la présente recommandation s'appliquent aux unités fondamentales du SI. Lorsqu'on utilise des multiples ou sous-multiples, la puissance de 10 appropriée doit être introduite.

Les symboles normalisés suivants sont utilisés dans ces formules :

t	= temps;
θ	= température;
L	= inductance;
μ_0	= constante magnétique, $0,4 \pi \times 10^{-6}$ H/m;
μ_r	= perméabilité relative *;
μ_i	= perméabilité initiale;
μ_e	= perméabilité effective = $L C_1 / \mu_0 N^2$;
μ_{rev}	= perméabilité réversible;
N	= nombre de spires de la bobine de mesure;
C_1 et C_2	= coefficients du noyau définis dans la Publication 205 de la C E I: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques;
A_e	= surface effective de la transversale;
ω	= pulsation = $2\pi \times$ fréquence du courant de mesure.

* Dans le cas des versions qualifiées de perméabilité, comme la perméabilité initiale μ_i , on se réfère à la quantité relative, sauf indication contraire.

CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS FOR TELECOMMUNICATIONS

Part 1 : Measuring methods

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This Recommendation applies to magnetic cores, mainly made of magnetic oxides or metallic powders, used in inductors and transformers for telecommunication equipment and electronic devices employing similar techniques.

Some of the methods described in this Recommendation may also be suitable for magnetic cores used in other components.

2. Object

To give guidance for the drafting of those parts of specifications for magnetic cores that are concerned with measuring methods for magnetic and electric core properties. This Recommendation is limited to the general principles to be followed for various possible test methods and it sets out the factors to be taken into account when deciding on the description of the test method to be included in the specification.

In accordance with the use made of the measuring methods, this Part 1 has been sub-divided into three sections as follows:

- Section One: General, including general stipulations and methods generally used in combination with measuring methods included in Sections Two and Three;
- Section Two: Common measuring methods, including those methods which are used for important parts of inductor and transformer core measurements.
- Section Three: Specialized measuring methods, including methods intended for information purposes and used only in special cases for specification purposes.

Note. — All formulae in this Recommendation use basic SI-units. When multiples or sub-multiples are used, the appropriate power of 10 shall be introduced.

The following standard symbols are used in these formulae:

t	= time;
θ	= temperature;
L	= self inductance;
μ_0	= magnetic constant, $0.4 \pi \times 10^{-6}$ H/m;
μ_r	= relative permeability *;
μ_i	= initial permeability;
μ_e	= effective permeability = $L C_1 / \mu_0 N^2$;
μ_{rev}	= reversible permeability;
N	= number of turns of measuring coil;
C_1 and C_2	= core factors defined in I E C Publication 205. Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts;
A_e	= effective cross-sectional area;
ω	= angular frequency = $2\pi \times$ frequency of measuring current.

* In the case of qualified versions of permeability, such as initial permeability μ_i , the relative quantity is meant, unless otherwise stated.

3. Conditions d'ambiance

3.1 Généralités

Normalement, les noyaux doivent être soumis à un conditionnement magnétique conformément à l'article 6, au moins 24 h avant le commencement des mesures.

Pendant toute la période de mesure, le circuit doit être protégé contre les chocs et vibrations mécaniques et contre les perturbations magnétiques. Pendant les variations de température, on doit éviter la condensation sur la bobine.

3.2 Température ambiante

Sauf spécification contraire, l'ensemble de la mesure doit être fait à une température située dans la plage des conditions atmosphériques normales d'essai conforme à la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Pendant toute la période de mesure, la température ne doit, cependant, pas varier au point d'exercer un effet appréciable sur le résultat de la mesure.

Les noyaux assemblés avec la bobine de mesure et les dispositifs de serrage doivent rester dans cette atmosphère pendant un temps suffisant pour obtenir l'équilibre thermique. La température pendant la mesure doit être notée.

Note. — Cela veut dire que les mesures peuvent être faites à une température quelconque dans la plage de 15 °C à 35 °C et que, dans le cas où la limite spécifiée pour la quantité mesurée est dépassée, il est permis de répéter la mesure de préférence à 25 ± 1 °C ou à une des autres températures d'arbitrage (20 ± 1 °C; 23 ± 1 °C, ou 27 ± 1 °C).

4. Précautions générales pour les méthodes comprenant les mesures de la perméabilité

4.1 Paramètres considérés

La perméabilité effective d'un noyau dépend de nombreux facteurs parmi lesquels se trouvent le passé magnétique, le temps, la température, l'intensité du champ magnétique, la pression mécanique, la fréquence du courant de mesure, la géométrie du noyau et la géométrie et la position de la bobine de mesure. Quelques méthodes données dans la présente recommandation ne concernent qu'un de ces facteurs à la fois, par exemple, le temps ou la température, et pendant ces mesures les précautions doivent tendre à éliminer l'influence de tous les autres facteurs. Par exemple, un dispositif de serrage doit être tel que la pression reste constante dans le temps et avec la température de manière que le résultat de la mesure ne soit pas influencé par la variation de la pression.

4.2 Relation avec la pratique

Les conditions de mesures doivent être choisies de manière que le résultat mesuré soit apte à prédire le fonctionnement d'un noyau dans les conditions pratiques. Ceci n'implique pas que toutes les conditions doivent correspondre à celles utilisées réellement en pratique.

4.3 Montage des circuits magnétiques formés de plus d'une partie

Pour les circuits magnétiques formés de plus d'une partie et qui sont assemblés autour de la bobine de mesure, on doit utiliser un dispositif de serrage pendant toute la mesure. Ce dispositif de serrage doit être apte à :

- distribuer la force de serrage uniformément sur les surfaces de contact, sans introduire des tensions de flexion dans les noyaux;

3. Environmental conditions

3.1 General

Normally, the cores are magnetically conditioned in accordance with Clause 6, not less than 24 h before the measurements start.

During the whole procedure, the core shall be protected against mechanical shocks and vibrations and against magnetic disturbances. Condensation on measuring windings, which may occur at changing temperature, should be avoided.

3.2 Ambient temperature

Unless otherwise specified, the whole measurement procedure shall take place at a temperature within the range of standard atmospheric conditions for testing according to IEC Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures. During the whole period of the measurement, the temperature shall however, not vary to such an extent as to have an appreciable effect on its results.

The assembled cores with measuring coil and clamping devices shall be kept in this environment for a sufficient time to reach thermal equilibrium. The temperature during measurement shall be stated.

Note. — This clause means that the measurements may be made at any temperature within the range of 15 °C to 35 °C but that, if the specified limits are exceeded, it is allowed to repeat the measurements, preferably at 25 ± 1 °C or at one of the other standard temperatures for referee tests: 20 ± 1 °C, 23 ± 1 °C, or 27 ± 1 °C.

4. General precautions for methods involving permeability measurements

4.1 Parameters involved

The effective permeability of a core depends upon many factors, among which are the magnetic history, time, temperature, field strength, mechanical pressure, frequency of measuring current, core geometry and geometry and position of the measuring coil. Various methods described in this recommendation single out one of these factors at a time, e.g. time or temperature, and the precautions during these measurements should be directed towards eliminating the influence of all other factors. For example, a clamping device should be such that the pressure remains constant in time and with temperature, so that the measuring result is not influenced by changing pressure.

4.2 Relation to practice

The measuring conditions shall be so chosen that the measured results are suitable for predicting the performance of the core under practical circumstances. This does not imply that all conditions have to correspond to those prevailing in practice.

4.3 Mounting of cores consisting of more than one part

For cores consisting of more than one part which assemble around the measuring coil, a clamping device shall be used throughout the measurements. This clamping device shall be able to:

— distribute the clamping force uniformly over the contact surfaces, without introducing bending stresses in the core;

- tenir les parties du circuit rigidement en position l'une par rapport à l'autre;
- dépasser transitoirement la force de serrage d'environ 10% pendant la fermeture afin d'éliminer les faibles irrégularités entre les surfaces de contact nettoyées;
- exercer la force de serrage spécifiée $\pm 5\%$;
- maintenir la force constante à $\pm 1\%$ pendant la période totale de mesure.

Note. — Il est considéré comme suffisant de maintenir la force constante à $\pm 1\%$ lorsque la force de serrage spécifiée est choisie dans la portion plate de la courbe de la perméabilité en fonction de la force. Sinon, une tolérance plus étroite peut être requise.

Ces circuits doivent être montés conformément aux instructions suivantes:

Les surfaces de contact seront contrôlées pour les détériorations et la propreté. Les circuits endommagés ne doivent pas être utilisés. Les surfaces de contact doivent être nettoyées par un moyen non abrasif, par exemple en frottant doucement sur une peau de chamois sèche.

Les particules de poussière doivent être éloignées en soufflant avec du gaz comprimé pur et sec. Les surfaces de contact ne doivent jamais être touchées avec les doigts nus. Les parties d'un circuit doivent alors être assemblées autour de la bobine de mesure, cette dernière étant fixée en position sur le noyau par des moyens appropriés, par exemple un anneau de matériel expansé. Les parties du circuit sont centrées et le circuit placé dans le dispositif de serrage. La force de serrage spécifiée dans la spécification particulière doit alors être appliquée. Les circuits montés doivent rester dans les conditions ambiantes spécifiées (voir l'article 3) pendant un temps suffisant pour que la variation éventuelle de la perméabilité relative, causée par le serrage, devienne négligeable.

5. Précautions générales pour les mesures des pertes

A l'étude.

6. Conditionnement magnétique

6.1 *Objet*

Obtenir un état magnétique bien défini et reproductible d'un noyau avant de faire les mesures.

6.2 *Principe de la méthode*

Il y a deux méthodes principales:

- 1) la méthode électrique dans laquelle les échantillons sont soumis à un champ magnétique alternatif de grandeur suffisante, dont l'amplitude décroît graduellement jusqu'à zéro;
- 2) la méthode thermique dans laquelle les spécimens sont portés au-dessus du point de Curie.

6.3 *Processus de la méthode électrique*

La crête du champ doit porter le matériau bien au-dessus du coude de la courbe d'aimantation et la réduction de l'amplitude doit provoquer deux inversions du flux dans le noyau pour chaque cycle complet.

Deux possibilités existent:

- 1) Un courant alternatif décroissant traverse la bobine de mesure située sur le spécimen. La décroissance du courant peut être:
 - a) linéaire, par exemple par un potentiomètre. La réduction de l'amplitude doit s'étendre au moins sur 50 périodes;

- hold the core parts rigidly in position relative to each other;
- give a transient overforce of about 10% when being closed, in order to break down fine irregularities between the cleaned contact surfaces;
- exert a specified clamping force $\pm 5\%$;
- keep the force constant within $\pm 1\%$ during the total period of the measurement.

Note. — Keeping the force within $\pm 1\%$ is considered sufficient when the specified clamping force is chosen in the flat portion of the curve of permeability versus force. Otherwise closer tolerances may be required.

The mounting of such cores shall be done in accordance with the following instructions:

The contact surfaces shall be inspected for damage and cleanliness. Damaged cores shall not be used. When necessary, the contact surfaces shall be cleaned by non-abrasive means, e.g. by rubbing gently on a dry wash-leather.

Dust particles shall be blown off with clean dry compressed gas. The contact surfaces shall never be touched with the bare fingers. The core parts shall then be assembled around the measuring coil, the latter being locked in position with respect to the core by suitable means, e.g. a foam washer. The core parts are centered and the core placed in the clamping device. The clamping force specified in the relevant specification shall then be applied. The clamped cores shall be kept under the specified environmental conditions (see Clause 3) for a time sufficient to allow any variation of effective permeability with time due to clamping to become negligible.

5. General precautions for loss measurements

Under consideration.

6. Magnetic conditioning

6.1 Object

To arrive at a well defined and reproducible magnetic state of a core before the measurements are made.

6.2 Principles of the methods

There are two main methods:

- 1) the electrical method in which the specimen is subjected to an alternating magnetic field of sufficient magnitude, of which the amplitude is gradually reduced to zero;
- 2) the thermal method in which the specimen is taken above the Curie point.

6.3 Procedure of the electrical method

The initial peak of the field strength shall take the core well above the knee of the magnetization curve and during the reduction of amplitude there shall be two flux reversals in the core for each complete cycle.

There are two possibilities:

- 1) A decreasing alternating current is passed through the measuring coil on the specimen. The current decrease may be:
 - a) linear, e.g. by a potentiometer. The amplitude reduction shall then extend over not less than 50 cycles;

b) exponentielle, par exemple par une décharge de condensateur. Le rapport de deux crêtes de courant consécutives dans le même sens doit être au moins de 0,78 dans ce cas.

La bobine ne doit pas chauffer de façon sensible pendant le conditionnement.

Pour les détails supplémentaires de ces méthodes, voir les annexes A et B.

2) Le spécimen est soumis à un champ alternatif dans l'entrefer d'un électro-aimant.

Pour les détails supplémentaires de cette méthode, voir dans l'annexe C.

6.4 *Processus de la méthode thermique*

Le noyau doit être chauffé à une vitesse spécifiée de variation de température et maintenu pendant environ 40 min à une température qui dépasse d'environ 25 deg C le point de Curie. Le refroidissement doit aussi être fait à une vitesse spécifiée de variation de température. Pour les détails supplémentaires, voir l'annexe D.

7. **Mesure de l'inductance**

7.1 *Objet*

Fournir des instructions générales pour la mesure de l'inductance d'un circuit de bobine d'inductance ou de transformateur, sans entrer dans les détails de la méthode qui dépendent de l'instrument électrique utilisé pour la mesure.

Il faut distinguer deux objets de mesure:

- 1) obtenir une mesure de la valeur absolue du paramètre inductif du noyau;
- 2) obtenir une mesure de la variation du paramètre inductif dans certaines conditions.

7.2 *Moyen de couplage*

Normalement on utilise une bobine de mesure, mais en principe toute ligne co-axiale, cavité ou autre dispositif approprié produisant l'interaction nécessaire entre le matériau magnétique et le signal électromagnétique, peut aussi être utilisé.

Pour la mesure d'un tore avec une bobine, les spires de la bobine de mesure doivent être réparties uniformément de manière à réduire la capacité et le champ de fuite pour obtenir une mesure suffisamment précise.

Pour les mesures sur des noyaux s'assemblant avec une bobine, la forme de la bobine de mesure doit correspondre à celle utilisée dans les applications normales du noyau et son influence sur la variation de l'inductance à mesurer doit être négligeable.

Une des faces de la bobine doit être marquée pour définir son orientation. Lorsque le noyau n'est pas tout à fait symétrique, la bobine doit toujours être placée sur le noyau à la même place et dans la même position, et elle doit être maintenue bien en position pendant toute la mesure pour obtenir la reproductibilité maximale de la mesure.

La spécification particulière doit donner tous les détails au sujet de la construction et de la position de la bobine.

7.3 *Mesure absolue*

On peut utiliser tout appareil de mesure convenable dont la précision est compatible avec la tolérance spécifiée, compte tenu de la reproductibilité des autres éléments de la méthode de mesure.

b) exponential, e.g. by a capacitor discharge. The ratio of two consecutive current peaks in the same direction shall be not less than 0.78 in that case.

The coil shall not be appreciably heated by the current during conditioning.

Further details on these methods are given in Appendices A and B.

2) The specimen is passed through the alternating field in the air gap of an electromagnet.

Further details on this method are given in Appendix C.

6.4 *Procedure of the thermal method*

The core shall be heated at a specified rate of temperature change and maintained for about 40 min at a temperature approximately 25 deg C in excess of the Curie point. Cooling shall also take place at a specified rate. For further details, see Appendix D.

7. **Inductance measurement**

7.1 *Object*

To provide general instructions for the measurement of inductance of inductor and transformer cores without going into details of the method dependent upon the electrical instrument used.

Two measurement purposes should be distinguished:

- 1) to obtain a measurement of the absolute value of the inductance parameter of the core;
- 2) to obtain a measurement of the dependence of the inductance parameter under certain conditions.

7.2 *Means of coupling*

Normally, a measuring coil will be used, but in principle any coaxial line, cavity or other suitable device providing the necessary interaction between the magnetic material and the electromagnetic signal, may also be used.

For measurement on toroids using coils, the turns of the measuring coil shall be distributed in such a way as to keep both the stray capacitance and the stray field as low as necessary for sufficiently accurate measurement.

For measurements on cores which assemble around a coil, the shape of the measuring coil shall correspond to that of the coils used for normal application of the core and its influence on the variation of the inductance to be measured shall be negligible.

One of the coil faces shall be marked so as to define its orientation. When the core is not completely symmetrical, the coil shall always be placed on the core in the same place and position, and it shall be well kept in position during the whole measurement in order to obtain the maximum reproducibility of the measurement.

Full details of the coil construction and position shall be given in the relevant specification.

7.3 *Absolute measurement*

Any suitable measuring apparatus may be used provided the accuracy is compatible with the specified tolerance, taking into account the reproducibility of other parts of the measuring method.

La fréquence du courant de mesure doit être suffisamment basse afin d'éviter l'influence de la capacité de la bobine de mesure sur le résultat de la mesure. Doubler la fréquence ne doit pas produire un effet appréciable. Pour la mesure de l'inductance correspondant à la perméabilité initiale, l'induction magnétique doit être faible, c'est-à-dire telle qu'une valeur double ne provoque qu'une variation négligeable de la valeur mesurée. Si nécessaire, le résultat peut être corrigé par extrapolation linéaire des mesures à inductions basses.

La fréquence du courant de mesure et la valeur de crête de l'induction effective doivent être notées.

Note. — La valeur de crête de l'induction effective \hat{B}_e dans un noyau se calcule comme suit :

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

où :

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

7.4 *Mesure relative*

Les mêmes détails que pour la mesure absolue sont applicables, excepté que la précision absolue de l'instrument de mesure n'est pas importante pourvu que la variation relative de l'inductance $\Delta L/L$ puisse être déterminée avec la précision exigée dans la partie des régions de mesure utilisées. Une limite supérieure pratique pour la valeur de crête de l'induction effective dans une partie quelconque du noyau est de 0,25 mT et cette induction ne doit pas être appliquée pendant plus de 1 min pour chaque mesure.

Lorsqu'on utilise une méthode de variation de fréquence, il faut être assuré que la fréquence est suffisamment basse pour correspondre à la portion plate de la caractéristique du matériau donnant la perméabilité en fonction de la fréquence et pour éviter une influence appréciable de la distribution du courant dans la bobine de mesure, causée par l'effet Foucault.

La fréquence du courant de mesure (approximative) et l'induction magnétique doivent être notées.

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE COMMUNES

8. **Désaccommodation**

8.1 *Objet*

Évaluer le changement en fonction du temps de la perméabilité d'un noyau.

Notes 1. — Les deux composantes de la perméabilité complexe présentent de la désaccommodation mais dans la présente recommandation la composante réelle est seule considérée.

2. — On peut utiliser soit la désaccommodation soit le facteur de désaccommodation pour décrire la variation en fonction du temps. Voir aussi le paragraphe 8.6.

8.2 *Principe de la méthode*

Le noyau est soumis au conditionnement magnétique; l'inductance ou une autre grandeur correspondant à la perméabilité initiale est mesurée à deux moments spécifiés après le conditionnement magnétique. Le facteur de désaccommodation (ou la désaccommodation) se calcule à partir de la différence entre les valeurs mesurées.

Note. — Normalement, la désaccommodation décroît avec l'induction croissante; elle est par suite généralement donnée pour des valeurs basses de l'induction.

The frequency of the measuring current shall be low enough to avoid the influence of the capacitance of the measuring coil on the measuring result. Doubling the frequency shall not have an appreciable effect. For measurement of inductance corresponding to initial permeability, the flux density shall be vanishingly low, i.e. of such level that doubling its value causes negligible change in the measured value. If necessary, the result may be corrected by linear extrapolation from measurements at low flux densities.

The frequency of the measuring current and the peak effective flux density shall be stated.

Note. — The peak effective flux density \hat{B}_e in a core is calculated from:

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

where:

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

7.4 *Relative measurement*

The same details apply as for the absolute measurement, except that the absolute accuracy of the measuring instrument is not important as long as the relative inductance variation $\Delta L/L$ can be determined with the required accuracy over the part of the measuring range(s) used. A practical upper limit for the peak flux density in any core part is 0.25 mT and it shall be applied for not more than 1 min for each measurement.

Where a frequency variation method is used, it shall be ensured that the frequencies are low enough to correspond to the flat portion of the permeability-frequency characteristic of the material, and that appreciable influence of the current distribution due to eddy currents in the measuring coil is avoided.

The (approximate) measuring frequency and the flux density shall be stated.

SECTION TWO — COMMON MEASURING METHODS

8. **Disaccommodation**

8.1 *Object*

To evaluate the changing with time of the permeability of a core.

Notes 1. — Both components of the complex permeability will show disaccommodation but in this Recommendation only the real component is considered.

2. — Either the disaccommodation or the disaccommodation factor may be used to describe the variation with time. See also Sub-clause 8.6.

8.2 *Principle of the method*

The core is magnetically conditioned; the inductance or other quantity corresponding to initial permeability is measured at two specified times after magnetic conditioning. The disaccommodation factor (or the disaccommodation) is calculated from the difference in the measured values.

Note. — The disaccommodation normally decreases with increasing flux density so that it is generally given for low values of flux density.

8.3 Echantillons

Pour les mesures on doit utiliser des noyaux pris dans la production normale.

Dans le cas où un circuit est composé de plus d'une pièce, par exemple un circuit en pots, et que la désaccommodation doit être mesurée avec une bobine normale, il est préférable que le seul entrefer soit l'entrefer résiduel des surfaces de contact. Dans le cas d'une série de circuits avec chacun un entrefer différent, il est permis de faire les mesures sur des circuits avec l'entrefer le plus petit de la série.

Notes 1. — Dans quelques cas, comme celui des circuits en pots avec trou central, les parties du circuit peuvent être bobinées comme un tore. On peut mesurer la désaccommodation de cette manière après avoir vérifié que les résultats sont raisonnablement similaires ou s'accordent avec les résultats obtenus avec une bobine normale et que de plus la perméabilité initiale le long des lignes magnétiques toroïdales ne diffère pas de façon sensible de la perméabilité initiale dans la direction des lignes magnétiques normales. Cette méthode doit être utilisée avec une grande prudence. Dans le cas où un circuit en pots encoché est bobiné toroïdalement, les parois cylindriques extérieures apportent une contribution négligeable aux lignes magnétiques.

2. — Pour certains matériaux, la désaccommodation varie de façon appréciable dans la période qui suit immédiatement la cuisson. Dans ce cas, la feuille particulière peut spécifier que la mesure de la désaccommodation pour les essais d'homologation ne doit pas se faire pendant une période spécifiée après la fabrication et on doit aussi spécifier à partir de quel instant cette période doit être mesurée.

8.4 Dispositif de chronométrage

L'imprécision de chaque mesure de temps ne doit pas dépasser 1%. Dans le cas où le dispositif de chronométrage est démarré par le dispositif du conditionnement magnétique, ce chiffre doit inclure l'imprécision de la technique de démarrage et du dispositif de chronométrage.

Note. — En principe, dans le cas d'une méthode électrique, le temps de référence est le moment où l'intensité du champ commence à décroître à partir de la valeur de saturation. Pour des systèmes de conditionnement automatique, comme la méthode de décharge du condensateur et la méthode de l'amplificateur de puissance, le procédé complet de conditionnement magnétique est si court qu'il ne dépasse pas la tolérance du temps de la première mesure.

8.5 Processus de mesure

- 1) Le noyau est assemblé avec une bobine de mesure conformément au paragraphe 4.3.
- 2) Le circuit doit être soumis au conditionnement magnétique par une des méthodes de l'article 6. La méthode utilisée et les caractéristiques principales de l'appareil de conditionnement doivent être mentionnées. Dans tous les cas, l'appareil doit indiquer, de façon claire et reproductible, l'instant du conditionnement magnétique puisque ceci détermine le seuil de la mesure du temps et, par conséquent, influence fortement la précision de la mesure de la désaccommodation.

- 3) Deux lectures doivent être prises, conformément au paragraphe 7.4:

— Pour la méthode électrique, la première 10 min et la seconde 100 min après le conditionnement magnétique.

— Pour la méthode thermique, la première 24 h et la seconde 48 h après la mesure du temps de référence t_0 qui est défini comme l'instant où, pendant la période de refroidissement, la température atteint une valeur 10 deg C supérieure à la température de mesure.

On peut utiliser d'autres temps, mais dans le cas de la méthode électrique, la procédure totale ne doit pas prendre plus de 24 h. Le processus de mesure et les conditions climatiques doivent être identiques pour les deux mesures.

8.6 Calcul

La désaccommodation D entre t_1 et t_2 se calcule à partir de la différence entre les deux mesures rapportées à la première lecture. Dans le cas de la mesure de l'inductance, elle se calcule d'après:

8.3 Specimens

Cores taken from normal production shall be used for the measurement.

When the complete core consists of more than one part, e.g. a pot core, and the disaccommodation is to be measured with a normal winding, it is preferable that the only air gap in the flux path shall be the residual air gap at the contact surfaces. However, when there is a series of cores each with a different air gap cut into the flux path it may be permissible to make the measurement on cores with the smallest available air gap.

Notes 1. — In some cases, such as pot cores with centre hole, the core parts can be wound as a toroid. The disaccommodation may be measured in that way after it has been established that the results are reasonably equal to or correlate with the results obtained with a normal winding and, moreover, the initial permeability along the toroidal flux path is not appreciably different from the initial permeability in the direction of the normal flux path. This method should be used with extreme caution. When a slotted pot core is toroidally wound, the outside walls make negligible contribution to the flux path.

2. — For certain materials, the disaccommodation changes appreciably in the period immediately after firing. Where this is the case, the article sheet may specify that disaccommodation measurement for acceptance testing shall not be made within a stated period after manufacture and it shall also state from what instant this period shall be measured.

8.4 Timing device

The inaccuracy of any time measurement shall not exceed 1%. In the case where the timing device is started by the magnetic conditioning device, this figure shall include the inaccuracy of both the starting technique and the timing device.

Note. — In principle, for an electrical method the reference time shall be the moment when the field strength starts to decrease from the saturation value. For automatic conditioning systems, such as the capacitor discharge and power amplifier method, the whole magnetic conditioning process is so short as to fall within the tolerance of the time to the first measurement.

8.5 Measuring procedure

- 1) The core is assembled with a measuring coil in accordance with Sub-clause 4.3.
- 2) The core shall be subjected to magnetic conditioning by one of the methods of Clause 6. The method used shall be stated together with the main characteristics of the conditioning device. In all cases, the instrument shall clearly and reproducibly indicate the moment of magnetic conditioning since this forms the starting point of time measurement and strongly influences the accuracy of disaccommodation measurement.
- 3) Two readings are taken in accordance with Sub-clause 7.4:
 - In the electrical method, the first one 10 min and the second one 100 min after magnetic conditioning.
 - In the thermal method, the first one 24 h and the second one 48 h after measurement reference time t_0 , which is defined as the moment when, during the cooling period, the temperature reaches a point 10 deg C above the measurement temperature.

Other times may be used, but preferably the whole procedure shall not take more than 24 h for the electrical method. The measuring procedure and environmental conditions shall be identical at the two measurements.

8.6 Calculation

The disaccommodation D between t_1 and t_2 is calculated from the difference of the two readings relative to the first reading. In the case of inductance measurement, it is calculated from:

$$D = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

Le facteur de désaccommodation D_F se calcule à partir de:

$$D_F = \frac{\mu_0 N^2 (L_1 - L_2)}{C_1 L_1^2 \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)}$$

où:

L_1 = inductance mesurée à t_1 min après le conditionnement magnétique

L_2 = inductance mesurée à t_2 min après le conditionnement magnétique

Note. — On a trouvé que la désaccommodation est à peu près proportionnelle au logarithme du temps et, pour cette raison, le facteur de désaccommodation est normalement utilisé pour exprimer la variabilité avec le temps. Dans les limites de l'approximation, la désaccommodation d'un circuit avec entrefer peut être calculée à partir du facteur de désaccommodation du matériau par la formule:

$$D = \mu_e D_F \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

Etant donné les limitations des procédés de fabrication, les propriétés des noyaux de différentes géométries fabriqués à partir des mêmes matériaux peuvent être différentes.

9. Variation de la perméabilité en fonction de la température

9.1 *Objet*

Evaluer la variation en fonction de la température de la perméabilité d'un noyau.

Notes 1. — Les deux composantes de la perméabilité complexe présentent une variabilité avec la température mais dans la présente recommandation la composante réelle est seule considérée.

2. — Lorsqu'on enregistre simultanément la perméabilité et la température d'un noyau, on obtient une vaste bande de points de mesure. On ne peut caractériser la variation de la perméabilité en fonction de la température avec une précision absolue par un seul nombre que pour une gamme de températures infinitésimale. Le concept d'un coefficient de température ou d'un facteur de température utilisé dans une gamme de températures finie est désirable. Une valeur pratique permettant de faire les calculs, avec une précision convenable, peut être obtenue quand on choisit convenablement les conditions de mesure et les limites de température dans lesquelles on utilise le coefficient de température ou le facteur de température.

9.2 *Principe de la méthode*

La précision exigée de la méthode se répercute sur sa simplicité et sa durée et pour cette raison trois principes de mesure différents sont à distinguer.

Méthode A: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température très lente. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, la température et l'inductance sont enregistrées de façon continue.

Méthode B: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température modérée. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, le cycle est interrompu à certaines températures. Pendant chaque interruption, on maintient la température à une valeur constante suffisante pour permettre au circuit d'atteindre l'équilibre thermique avant qu'on fasse la lecture.

Méthode C: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température modérée. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, le cycle est interrompu à certaines températures. Pendant chaque interruption,

$$D = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

The disaccommodation factor D_F may be calculated from:

$$D_F = \frac{\mu_0 N^2 (L_1 - L_2)}{C_1 L_1^2 \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)}$$

where:

L_1 = self-inductance measured at t_1 min after magnetic conditioning

L_2 = self-inductance measured at t_2 min after magnetic conditioning

Note. — The disaccommodation has been found to be approximately proportional to the logarithm of time, and for this reason the disaccommodation factor is normally used to express the variability with time. Within the limits of the approximation, the disaccommodation of a core with air gap can be derived from the disaccommodation factor of the material

$$D = \mu_e D_F \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

Due to limitations of the manufacturing process, the properties of cores with different geometries made of the same material may differ.

9. Variation of permeability with temperature

9.1 Object

To evaluate the change with temperature of the permeability of a core.

Notes 1. — Both components of the complex permeability will show temperature variability but in this Recommendation only the real component is considered.

2. — When permeability and temperature of a core are simultaneously recorded, a large band of measuring points is obtained. The variation of permeability with temperature may be characterized with absolute accuracy in a single figure only for an infinitely small temperature range.

The concept of a temperature coefficient or a temperature factor applying over a finite temperature range is still desirable. A practical value permitting calculations to be made, with adequate accuracy can be obtained by properly choosing the measuring conditions and temperature limits under which the temperature coefficient or factor applies.

9.2 Principle of the method

The required accuracy of the method has a bearing on its simplicity and duration and for this reason three different measurement principles are distinguished.

Method A: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a very low rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, both the temperature and the inductance are continuously recorded.

Method B: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a moderate rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, the cycle is interrupted at certain temperatures. During each interruption, the temperature is kept constant for a sufficient time to allow the core to attain temperature equilibrium before the measurement is made.

Method C: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a moderate rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, the cycle is interrupted at certain temperatures. During each interruption, the temperature

on maintient la température à une valeur constante. Après que le circuit a atteint l'équilibre thermique, on le soumet au conditionnement magnétique et, après un temps bien défini, on mesure l'inductance.

Note. — Puisque la désaccommodation varie avec la température, la méthode C peut donner des résultats différant considérablement de ceux des méthodes A ou B, mais puisque cette méthode est plus rapide, on peut l'utiliser pourvu que les résultats aient une corrélation suffisante avec ceux des méthodes A ou B.

9.3 *Echantillons*

Pour les mesures on doit utiliser des noyaux pris dans la production normale.

Dans le cas où un circuit est composé de plus d'une pièce, par exemple un circuit en pots, et que la variation de température doit être mesurée suivant la méthode C, avec une bobine normale, il est préférable que le seul entrefer soit l'entrefer résiduel des surfaces de contact.

Note. — Dans quelques cas, comme celui des circuits en pots avec trou central, les parties du circuit peuvent être bobinées comme un tore. On peut mesurer la variation de la température de cette manière après avoir vérifié que les résultats sont raisonnablement similaires ou s'accordent avec les résultats obtenus avec une bobine normale. Cette méthode doit être utilisée avec une grande prudence. Dans le cas où un circuit en pots encoché est bobiné toroïdalement, les parois cylindriques extérieures apportent une contribution négligeable aux lignes magnétiques.

9.4 *Dispositif de variation de température*

1) *Méthode A*

On doit utiliser une étuve à programme de température contrôlé dans laquelle la variation de température avec le temps est pratiquement linéaire et peut être maintenue à une valeur de 0,2 deg C/min.

2) *Méthodes B et C*

L'étuve utilisée pour cet essai doit être capable de maintenir la température spécifiée avec une tolérance de ± 1 deg C, dans toute région où on peut placer des composants. La température doit être maintenue constante dans le temps à $\pm 0,1$ deg C. La régulation de température dans l'étuve doit être telle que les noyaux ne soient soumis à aucune oscillation et à aucun dépassement à l'extérieur de cette limite de $\pm 0,1$ deg C.

3) *Thermomètres*

Les thermomètres doivent posséder une sensibilité et une précision telles qu'ils permettent de vérifier que la température est constante à $\pm 0,1$ deg C;

— mesurer, à $\pm 1\%$, la différence de température totale pour laquelle la variation de la perméabilité en fonction de la température doit être mesurée.

9.5 *Dispositif de chronométrage (méthode C seulement)*

L'imprécision de chaque mesure de temps ne doit pas dépasser 1%. Dans le cas où le dispositif de chronométrage est démarré par le dispositif du conditionnement magnétique, ce chiffre doit inclure l'imprécision de la technique de démarrage et du dispositif de chronométrage.

Note. — En principe, le temps de référence est le moment où l'intensité du champ commence à décroître à partir de la valeur de saturation. Pour des systèmes de conditionnement automatique, comme la méthode de décharge du condensateur et la méthode de l'amplificateur de puissance, le procédé complet de conditionnement magnétique est si court qu'il ne dépasse pas la tolérance du temps de la mesure.

is kept constant. After the core has reached thermal equilibrium, it is magnetically conditioned and the measurement is made after a clearly defined time.

Note. — Since the disaccommodation varies with temperature, method C may give results which differ appreciably from those obtained with Method A or B, but, since it is more rapid, it is useful, provided the results reliably correlate with Method A or B.

9.3 *Specimens*

Cores taken from normal production shall be used for the measurement.

When the complete core consists of more than one part, e.g. a pot core, and the temperature variation is to be measured according to Method C with a normal winding, it is preferable that the only air gap in the flux path shall be the residual air gap due to the contact surfaces.

Note. — In some cases, such as pot cores with centre hole, the core parts can be wound as a toroid. The temperature variation may be measured in that way after it has been established that the results are reasonably equal to or correlate with the results obtained with a normal winding. This method should be used with extreme caution. When a slotted pot core is toroidally wound, the outside walls make negligible contribution to the flux path.

9.4 *Temperature cycling device*

1) *Method A*

A temperature controlled chamber shall be used in which the temperature change with time is practically linear and can be kept at 0.2 deg C/min.

2) *Methods B and C*

The chamber used for this test shall be capable of maintaining, in any region where the components are placed, the specified temperature with a tolerance of ± 1 deg C, and the temperature shall be kept constant with time within ± 0.1 deg C. The temperature in the chamber shall be so controlled that the cores are not subjected to any temperature ripple and overshoot exceeding this limit of ± 0.1 deg C.

3) *Thermometers*

The thermometers shall have such sensitivity and accuracy that it is possible:

- to check that the temperature is constant within ± 0.1 deg C;
- to measure within $\pm 1\%$ the total temperature difference over which the temperature dependence is to be measured.

9.5 *Timing device (Method C only)*

The inaccuracy of any time measurement shall not exceed 1%. In the case where the timing device is started by the magnetic conditioning device, this figure shall include the inaccuracy of both the starting technique and the timing device.

Note. — In principle, the reference time shall be the moment when the field strength starts to decrease from the saturation value. For automatic conditioning systems, such as the capacitor discharge and power amplifier method, the whole magnetic conditioning process is so short as to fall within the tolerance of the time of the measurement.

9.6 Processus de mesure

- 1) Le circuit est assemblé avec une bobine de mesure conformément au paragraphe 4.3.
Les exigences supplémentaires pour la variation des caractéristiques de la bobine de mesure en fonction de la température sont à l'étude. La tolérance de $\pm 1\%$ pour la force de serrage comprend toute variation de force produite par la variation de température.
- 2) Le circuit doit être soumis à un nombre de cycles de stabilisation et un cycle de mesure. Normalement deux cycles de stabilisation sont suffisants. Ils sont identiques aux cycles de mesure décrits plus loin par rapport aux températures extrêmes et à la vitesse de variation de température, mais les périodes à température constante spécifiques aux cycles de mesure peuvent être supprimées.

Méthode A : Le circuit assemblé est placé dans l'étuve. Après le nombre spécifié de cycles de stabilisation, le circuit est porté à la température supérieure spécifiée, puis à la température inférieure spécifiée et finalement ramené à la température à laquelle on a commencé le cycle. La vitesse de la variation de température doit être d'environ 0,2 deg C/min et doit être constante pendant toute la durée du cycle. La température et l'inductance doivent être enregistrées simultanément pendant le cycle de mesure à des intervalles ne dépassant pas 1 min. Le temps de commencement de la mesure doit aussi être noté.

Méthode B : Le circuit assemblé est placé dans l'étuve. Après le nombre spécifié de cycles de stabilisation, le circuit est maintenu à la température spécifiée pour la mesure initiale pendant 30 min au moins après que le circuit a atteint l'équilibre thermique, et ensuite le circuit est mesuré (valeur de référence). La température est amenée à une vitesse maximale de 1 deg C/min à la température inférieure spécifiée et maintenue à cette valeur comme spécifié ci-dessus, et puis le circuit est mesuré. La température est alors augmentée à une vitesse maximale de 1 deg C/min jusqu'à la prochaine température de mesure spécifiée, maintenue à cette valeur comme spécifié ci-dessus, puis le circuit est mesuré.

Ce processus est continué jusqu'à la température de mesure spécifiée la plus haute, puis la température est abaissée à une vitesse maximale de 1 deg C/min jusqu'à la température de la mesure initiale où la mesure finale est effectuée après une période de température constante comme spécifié ci-dessus.

Méthode C : Le circuit assemblé est placé dans l'étuve et porté à la température de mesure inférieure spécifiée à une vitesse suffisamment basse pour ne pas créer un gradient de température excessif dans le matériau (normalement 1 deg C/min sera une valeur convenable). La température est maintenue constante pendant un temps suffisant pour permettre au circuit assemblé d'atteindre l'équilibre thermique avec l'atmosphère de l'étuve. Le circuit est alors soumis à un conditionnement magnétique selon le paragraphe 6.3, alinéa 1) avec un courant alternatif décroissant et l'inductance de la bobine est mesurée 10 min après le conditionnement. La température est alors augmentée jusqu'à la prochaine température de mesure spécifiée à la vitesse spécifiée ci-dessus. Le maintien de la température, le conditionnement magnétique et la mesure de l'inductance sont répétés à cette température. On continue ce processus jusqu'à la plus haute température de mesure spécifiée.

Note. — Voir la note du paragraphe 9.2, méthode C.

- 3) Les lectures de l'inductance sont faites conformément au paragraphe 7.4. Le processus de mesure et les conditions d'ambiance, à l'exception de la température, doivent être identiques pour toutes les mesures d'un cycle.

9.6 Measuring procedure

- 1) The core is assembled with a measuring coil in accordance with Sub-clause 4.3.
Additional requirements for the temperature dependence of the measuring coil are under consideration. The tolerance of $\pm 1\%$ on the clamping force includes any force variation due to temperature change.
- 2) The core shall be subjected to a number of stabilizing cycles and one measuring cycle. Usually two stabilizing cycles are sufficient. They are identical to the measuring cycle described below as to temperature range and specified rate of temperature change, but the periods at constant temperature specific to the measuring cycles can be left out.

Method A: The assembled core is placed in the chamber and after the specified number of stabilizing cycles, it is brought to the highest measuring temperature specified, then to the lowest measuring temperature specified and finally back to the temperature at which the cycle was started. The rate of temperature change shall be approximately 0.2 deg C/min, and constant throughout the cycle. Temperature and inductance shall be recorded simultaneously during the measuring cycle at time intervals not exceeding 1 min. The time of starting the measurement shall also be recorded.

Method B: The assembled core is placed in the chamber and after the specified number of stabilizing cycles, it is kept at the temperature specified for the initial measurement for 30 min after temperature equilibrium has been attained, after which a measurement is made (reference value). The temperature is varied at a maximum rate of 1 deg C/min to the lowest specified measuring temperature and kept constant as specified above, after which a measurement is made. The temperature is then raised at a maximum rate of 1 deg C/min to the next higher specified measuring temperature and kept constant as specified, after which another measurement is made.

This procedure is continued until the highest specified measuring temperature, after which the temperature is lowered at a maximum rate of 1 deg C/min to the temperature for initial measurement, where the final measurement is made after a period of constant temperature as specified above.

Method C: The assembled core is placed in the chamber and brought to the lowest of the specified measuring temperatures at a rate sufficiently low as not to create an excessive temperature gradient in the material (normally, 1 deg C/min will be a suitable value). The temperature is maintained for a sufficient time to allow the core assembly to reach thermal equilibrium with the atmosphere in the chamber. The core is then magnetically conditioned according to Sub-clause 6.3, item 1) with a decreasing alternating current through the measuring coil, and the inductance of the measuring coil is measured 10 min after conditioning. The temperature is then raised to the next higher specified measuring temperature at the rate specified above. The maintaining of temperature, magnetic conditioning and inductance measurement are repeated at that temperature. This procedure is continued until the highest measuring temperature specified.

Note. — See Note to Sub-clause 9.2, Method C.

- 3) The inductance readings are taken in accordance with Sub-clause 7.4. The measuring procedure and environmental conditions shall be identical throughout the measurement of one cycle, except for the temperature.

9.7 Calcul

Le coefficient de température, α_μ , pour chaque valeur mesurée se calcule à partir du rapport de la différence relative entre cette valeur et la valeur de référence et de la différence des températures correspondante. Dans le cas d'une mesure de l'inductance, le coefficient est calculé à partir de:

$$\alpha_\mu = \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

où:

L_{ref} = inductance de la bobine de mesure à la température de référence θ_{ref} (de préférence 25 °C)

L_θ = inductance de la bobine de mesure à la température θ

Pour la méthode A, les valeurs sont lues sur la courbe enregistrée.

Notes 1. — Le coefficient de température est utilisé généralement pour calculer les limites de la variation de la perméabilité d'un circuit dans une gamme de températures donnée. On ne peut l'utiliser pour décrire le comportement dans cette gamme de températures que lorsqu'on tient compte des limites de linéarité de la caractéristique de la perméabilité du circuit en fonction de la température.

Il faut remarquer que, à cause de la non-linéarité de cette caractéristique, le coefficient de température peut être différent pour différentes gammes de températures. De plus, la déviation de la ligne droite n'est pas toujours réduite quand on choisit une gamme de températures plus petite.

Quelques méthodes pour exprimer le coefficient de température et la non-linéarité associée sont données dans l'annexe E.

2. — Pour une série de circuits à entrefers différents, coupant les lignes de flux (par exemple circuits en pots), le coefficient de température magnétique, α_μ , peut être calculé à partir du facteur de température α_F du circuit dans lequel le seul entrefer est l'entrefer résiduel des surfaces de contact:

$$\alpha_\mu = \frac{\alpha_F \mu_e}{1 - \alpha_F \mu_e (\theta - \theta_{\text{ref}})} \approx \alpha_F \mu_e$$

où:

μ_e = perméabilité effective à la température de référence θ_{ref} du circuit à entrefer

α_F = facteur de température du circuit sans entrefer dans la gamme de températures de θ_{ref} à θ , calculé à partir des mesures effectuées sur le circuit d'après:

$$\alpha_F = \frac{\mu_0 N^2}{C_1} \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_\theta L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

La formule approximative n'est correcte que lorsque la variation totale de la perméabilité du circuit avec entrefer dans la gamme de températures est suffisamment petite. On peut l'écrire aussi:

$$\alpha_\mu = \frac{C_1}{\mu_0} \alpha_F A_L$$

où:

A_L = inductance spécifique du circuit à entrefer

3. — Le coefficient de température d'une bobine d'inductance peut être totalement différent de celui du circuit puisque d'autres influences sont introduites sur la variabilité (par exemple, par le serrage, par le bobinage).

10. Gamme de réglage de l'inductance

A l'étude.

11. Pertes

A l'étude.

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE SPÉCIALISÉES

A l'étude

9.7 Calculation

The temperature coefficient, α_μ , for each measurement is calculated from the relative difference between that measured value and the reference value divided by the corresponding temperature difference. In the case of inductance measurements it is calculated from:

$$\alpha_\mu = \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

where:

L_{ref} = self-inductance of measuring coil at reference temperature θ_{ref} (preferably 25 °C)

L_θ = self-inductance of measuring coil at temperature θ

For Method A, the values are read from the recorded curve.

Notes 1. — The temperature coefficient is commonly used to calculate the limits of change of permeability of a core within a given temperature range. It can only be used to describe the behaviour within that temperature range, when the limits of linearity of the permeability versus temperature characteristic of the core are taken into account.

It should be noted that, because of the non-linearity of this characteristic, the temperature coefficient may be different for different temperature ranges. Further, the deviation from the straight line is not always reduced when a smaller temperature range is chosen.

Some methods of expressing temperature dependence are given in Appendix E.

2. — For series of cores with different air gaps cut into the flux path (such as pot cores), the temperature coefficient, α_μ , may be calculated from the temperature factor α_F of the core in which the only air gaps in the flux path are the residual air gaps due to the contact surfaces. The required relation is:

$$\alpha_\mu = \frac{\alpha_F \mu_e}{1 - \alpha_F \mu_e (\theta - \theta_{\text{ref}})} \approx \alpha_F \mu_e$$

where:

μ_e = effective permeability of the core with air gap at reference temperature θ_{ref}

α_F = temperature factor of the core without air gap, over the range θ_{ref} to θ , calculated from measurements on that core according to:

$$\alpha_F = \frac{\mu_0 N^2}{C_1} \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_\theta L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

The approximate formula holds true when the total variation of permeability of the core with air gap over the temperature range is sufficiently small. It can also be written:

$$\alpha_\mu = \frac{C_1}{\mu_0} \alpha_F A_L$$

where:

A_L = inductance factor of the core with air gap

3. — The temperature coefficient of an inductor may be totally different from that of the core, since various influences on the variability are introduced, e.g. by the clamping, by the copper winding.

10. Range of inductance adjustments

Under consideration.

11. Losses

Under consideration.

SECTION THREE — SPECIALIZED MEASURING METHODS

Under consideration

ANNEXE A

APPAREIL DE CONDITIONNEMENT MAGNÉTIQUE A DÉCHARGE DE CONDENSATEUR

1. Principe

Un condensateur est chargé à une tension donnée et déchargé dans une bobine d'inductance en série avec un enroulement d'essai placé ou bobiné sur le circuit magnétique à conditionner. Le condensateur, la bobine et l'enroulement du circuit magnétique et tout autre élément du circuit de décharge, par exemple, contacts de relais et câblage, fixent le courant oscillant de décharge. Ce courant passe dans l'enroulement du circuit, efface son histoire magnétique et le soumet à une perturbation magnétique reproductible.

2. Caractéristiques principales

Les conditions suivantes se réfèrent au circuit complet de décharge, les bornes pour l'enroulement d'essai étant court-circuitées:

- | | | |
|---|----------|---------------|
| — Constante de temps: | τ | < 0,25 s. |
| — Fréquence du courant de décharge: | f | < 150 Hz. |
| — Nombre de cycles pendant une période égale à la constante de temps: | τf | > 4 *. |
| — Tension de crête aux bornes du condensateur au maximum du réglage: | | ≥ 200 V. |
| — Crête maximale du courant de décharge au maximum du réglage: | | ≥ 3 A. |

L'inductance et la résistance de l'enroulement du circuit magnétique ne doivent pas être telles que les caractéristiques du circuit de décharge dépassent les limites spécifiées ci-dessus.

3. Construction recommandée

Les composants suivants donnent des caractéristiques qui respectent les limites de l'article 2 de cette annexe:

- bobine d'inductance de décharge d'environ 70 mH;
- condensateur de décharge d'environ 25 μ F.

La bobine d'inductance de décharge ne doit pas être saturée à la crête maximale du courant de décharge de 3 A et le condensateur doit être capable de fournir ce courant. Le relais de contrôle du circuit de décharge doit avoir des contacts à résistance basse et stable, par exemple, un relais avec contacts à mercure.

Pour obtenir des résultats reproductibles, il est nécessaire de charger le condensateur avec une alimentation continue bien réglée. Les enroulements d'essai à utiliser pour le conditionnement magnétique avec cet appareil doivent être conçus de telle sorte que l'inductance d'un enroulement sur le circuit à conditionner ne dépasse pas 5 mH et que sa résistance ne dépasse pas 0,5 Ω .

* Ceci correspond à un rapport maximal de 1,28 entre une crête du courant de décharge et la suivante dans la même direction.

APPENDIX A

APPARATUS FOR MAGNETIC CONDITIONING WITH CAPACITOR DISCHARGE

1. Principle

A capacitor is charged to a pre-set voltage and then discharged through an inductor in series with a test winding on the core to be conditioned. The capacitor and inductor together with the winding on the core and any other elements in the discharge circuit, e.g. relay contacts and wiring, determine the oscillatory discharge current. This current flows through the winding on the core obliterating its magnetic history and subjecting it to a reproducible magnetic disturbance.

2. Main characteristics

The following data refer to the complete discharge circuit with a short-circuit placed across the terminals for the test winding:

— Time constant:	τ	< 0.25 s.
— Frequency of discharge current:	f	< 150 Hz.
— Number of cycles during time constant period:	τf	> 4 *.
— Peak voltage across the capacitor terminals in maximum setting:		≥ 200 V.
— Highest peak discharge current in maximum setting:		≥ 3 A.

The inductance and resistance of the winding on the core shall be such that the characteristics of the discharge circuit remain within the limits specified above.

3. Suggested design

The following components will provide characteristics according to the limits of Clause 2 of this Appendix:

- discharge inductor approximately 70 mH;
- discharge capacitor approximately 25 μ F.

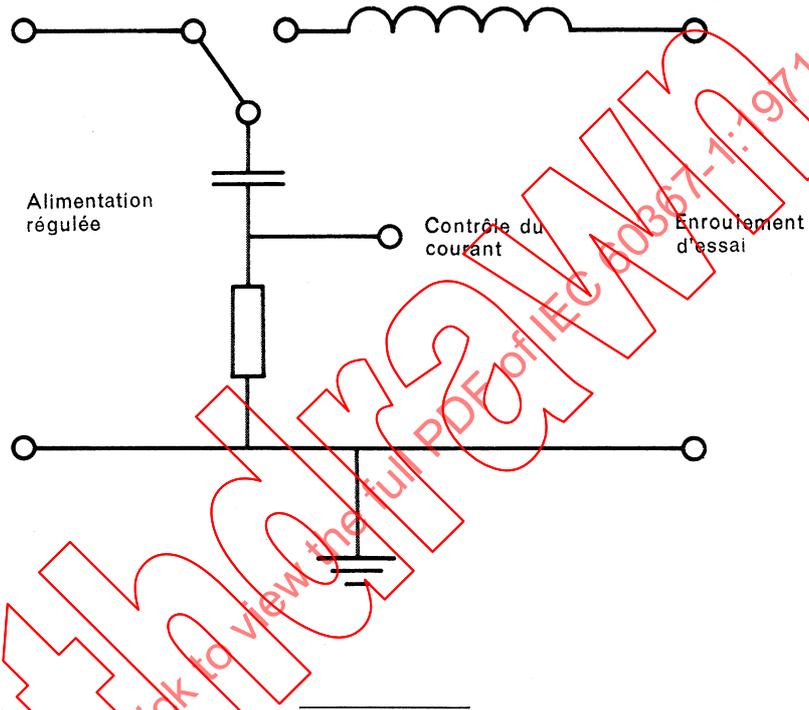
The discharge inductor should not be saturated at the maximum peak discharge current of 3 A and the capacitor should be capable of delivering this current. The discharge circuit control relay should have contacts providing low and stable resistance, e.g. a mercury wetted contact relay.

In order to obtain repeatable results, the capacitor should be charged from a closely regulated d.c. power supply. The test windings used for magnetic conditioning with this apparatus should be so designed that the inductance of a winding on the core to be conditioned does not exceed 5 mH and its resistance does not exceed 0.5 Ω .

* This corresponds to a ratio of one peak of the discharge current to the next in the same direction of maximum 1.28.

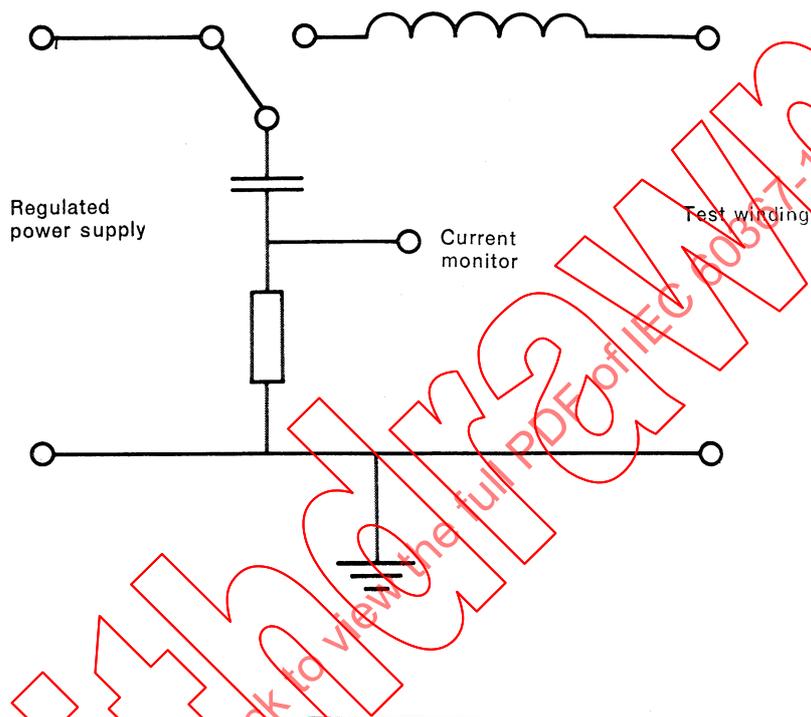
Une borne de mesure sera prévue pour contrôler le courant de décharge dans l'enroulement du circuit magnétique. La résistance série introduite pour ce contrôle dans le circuit doit être la plus basse possible, par exemple $0,1 \Omega$.

L'appareil de conditionnement peut être commandé à distance, par exemple par un dispositif de chronométrage.



A test terminal should be provided to monitor the discharge current through the winding on the core. The series resistance introduced in the discharge circuit for monitoring should be as low as possible, e.g. 0.1Ω .

The conditioning device may be controlled remotely, e.g. by a timing device.

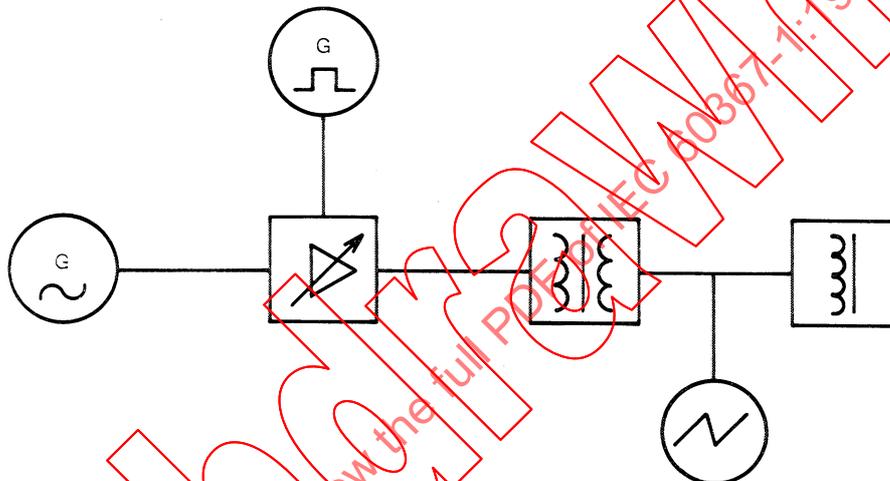


ANNEXE B

AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE POUR LE CONDITIONNEMENT MAGNÉTIQUE

1. Principe

Un générateur sinusoïdal fournit le signal d'entrée à l'amplificateur de puissance. Un circuit de commande de gain convenable est utilisé pour donner à l'amplitude de la sortie de l'amplificateur une variation dans un intervalle de temps de manière à obtenir un courant dans l'enroulement d'essai placé ou bobiné sur le circuit magnétique à conditionner de la fréquence voulue et de la variation requise de crête.



2. Caractéristiques principales

Les conditions suivantes se réfèrent à l'amplificateur terminé à la résistance de sortie nominale.

- Fréquence du courant de sortie: $f < 150$ Hz.
- Puissance de sortie initiale: $P \geq 20$ W.
- Caractéristique d'impulsion de courant de sortie: linéaire ou exponentielle.

Caractéristique linéaire

- nombre de cycles entre la sortie maximale et minimale: $\eta \geq 50$.

Caractéristique exponentielle

- constante de temps: $\tau < 0,25$ s.
- nombre de cycles pendant une période égale à la constante de temps: $\tau f > 4^*$.
- Distorsion à 20 W: $< 3\%$.

- Tension maximale de ronflement:
 - Tension maximale de bruit:
 - Tension maximale de sortie à gain minimal:
- } L'ensemble de ces tensions peut produire un maximum d'induction de 0,1 mT dans le circuit à conditionner.

L'amplificateur de puissance doit être couplé aux circuits magnétiques soumis à l'essai de sorte que le noyau puisse être saturé et que le courant traversant la bobine de mesure soit maintenu dans les limites requises.

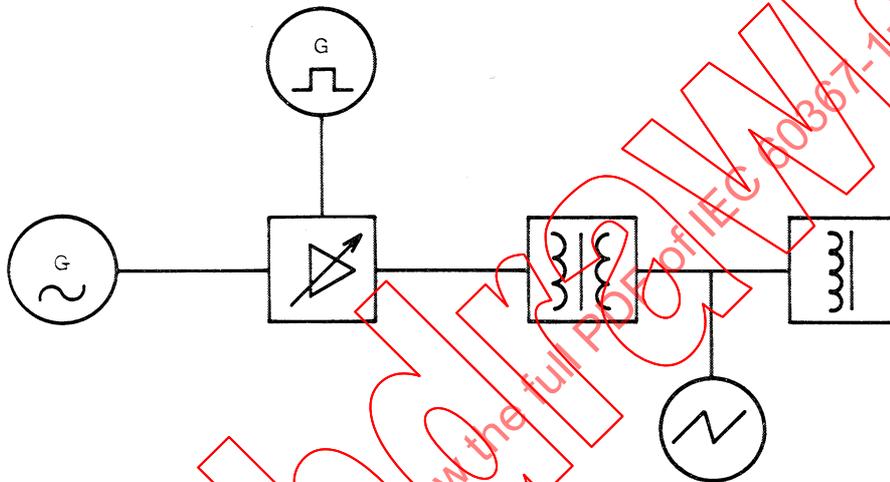
* Ceci correspond à un rapport maximal de 1,28 entre une crête du courant de sortie et la suivante dans la même direction, conformément à l'annexe A.

APPENDIX B

POWER AMPLIFIER FOR MAGNETIC CONDITIONING

1. Principle

A sine wave generator supplies the input signal to the power amplifier. A suitable gain control circuit is used to shape the amplitude of the amplifier output over a time interval so as to provide a current in the test winding on the core to be conditioned having the desired frequency and with a prescribed peak amplitude variation.



2. Main characteristics

The following data refer to the amplifier terminated with the nominal load resistance.

- Frequency of output current: $f < 150$ Hz.
- Initial output power: $P \geq 20$ W.
- Characteristic of output current pulse: linear or exponential.

For linear characteristic

number of cycles between maximum and minimum output: $\eta \geq 50$.

For exponential characteristic

- time constant: $\tau < 0.25$ s.
- number of cycles during time constant period: $\tau f > 4^*$.
- Distortion at 20 W: $< 3\%$.

— Maximum hum voltage:
 — Maximum noise voltage:
 — Maximum output voltage at minimum gain:

} The combination of these voltages may cause a peak flux density of 0.1 mT in the core to be conditioned.

The power amplifier shall be coupled to the test core in such a way that the core can be driven into saturation and that the required envelope of the current in the test coil is maintained.

* This corresponds to a ratio of one peak of the output current to the next in the same direction of maximum 1.28 and is in accordance with Appendix A.

3. Appareillage suggéré

L'appareillage est un exemple d'un assemblage d'essai pratique fonctionnant dans les limites de l'article 2 de cette annexe.

3.1 Générateur sinusoïdal

La limite inférieure de la gamme de fréquences ne doit pas être supérieure à 100 Hz et la sortie doit être suffisante pour alimenter l'amplificateur à 20 W de sortie. La distorsion à cette valeur ne doit pas dépasser 1 %.

Le générateur doit être construit pour opération dissymétrique.

3.2 Amplificateur de puissance

Les points à 3 dB de la caractéristique de fréquence doivent se trouver à l'extérieur de l'intervalle 70 Hz et 2 000 Hz. Lorsque l'amplificateur est fermé sur la résistance de sortie nominale et alimenté par une source sinusoïdale, la distorsion de la sortie à 20 W ne doit pas dépasser 2 %.

L'impédance de sortie doit être faible (par exemple 16 Ω).

3.3 Transformateur d'adaptation

La puissance nominale ne doit pas être inférieure à 20 VA et les rapports d'impédance recommandés, qui peuvent être choisis au moyen d'un commutateur, pour le cas d'une impédance de sortie de l'amplificateur de 16 Ω sont de :

16:1	16:6	16:20	16:60
16:3	16:10	16:35	16:100

Lorsque le transformateur est fermé sur une impédance correcte à la sortie et à l'entrée et lorsqu'il est alimenté par une source sinusoïdale, la distorsion à 20 W de sortie ne doit pas dépasser 1 %.

3.4 Commande de gain

Il doit remplir les exigences du paragraphe 6.3, alinéa 1) a) ou b) de la présente recommandation (voir aussi l'article 2 de cette annexe).

La caractéristique de gain de l'amplificateur, en fonction du temps, peut être obtenue par des moyens mécaniques, tels qu'un potentiomètre ou par un circuit électronique. Ce dernier peut utiliser une impulsion de tension produite par une décharge de condensateur ou une résistance ou un dispositif à semiconducteur présentant une variation de ses caractéristiques sous l'effet d'un éclair ou sous tout autre effet.

La commande de gain peut être commandée à distance, par exemple par un dispositif de chronométrage.

3. Suggested equipment

The following is an example of a practical test set-up which will operate within the limits of Clause 2 of this Appendix.

3.1 Sine-wave generator

The lower limit of the frequency range shall not be higher than 100 Hz and it shall have sufficient output to drive the amplifier to 20 W output. At that value of the generator output, the distortion of the output shall not exceed 1%.

The generator shall be suitable for unbalanced operation.

3.2 Power amplifier

The lower 3 dB point of the frequency characteristic shall lie at or below 70 Hz and the higher 3 dB point shall lie at or above 2 000 Hz. When terminated with the nominal load resistance and driven by a sinusoidal input, the distortion of the output at 20 W shall not exceed 2%.

The output impedance shall be low (e.g. 16 Ω).

3.3 Matching transformer

The power rating shall not be less than 20 VA and the recommended impedance ratios, selectable by a switch, are for the case of an amplifier output impedance of 16 Ω :

16:1	16:6	16:20	16:60
16:3	16:10	16:35	16:100

When properly terminated at both sides and with sinusoidal input, the distortion at 20 W output shall not exceed 1%.

3.4 Gain control

This shall meet the requirements of Sub-clause 6.3, item 1) *a)* or *b)* of this Recommendation (see also Clause 2 of this Appendix).

The gain-time characteristic of the amplifier can be obtained by mechanical means such as a potentiometer, or by an electronic circuit. The latter can utilize a voltage pulse, e.g. generated by a capacitor discharge, or by a resistor or semiconductor device which will show a change in characteristic from a flash of light or other stimulus.

The gain control may be controlled remotely, e.g. by a timing device.

ANNEXE C

APPAREIL POUR LE CONDITIONNEMENT MAGNÉTIQUE BASÉ SUR LA MÉTHODE
AVEC CHAMP ALTERNATIF

Le nombre de spires des enroulements, le courant dans les enroulements et les dimensions de l'entrefer doivent être choisis de sorte que le champ dans l'entrefer soit d'environ 25 kA/m. Habituellement, la fréquence est celle du réseau.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60367-1:1971
Withdrawn

APPENDIX C

APPARATUS FOR MAGNETIC CONDITIONING BASED ON THE ALTERNATING FIELD METHOD

The number of turns of the windings, the current through them and the dimensions of the air gap shall be so chosen as to obtain in the air gap a field strength of approximately 25 kA/m. The frequency normally is power frequency.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60367-1:1977
Withdrawn

ANNEXE D

MÉTHODE THERMIQUE POUR LE CONDITIONNEMENT MAGNÉTIQUE

1. Le circuit magnétique est placé dans une étuve et chauffé à une température supérieure d'environ 25 deg C au point de Curie, à une vitesse ne dépassant pas 2 deg C/min. Le circuit est maintenu à cette température au moins 30 min mais pas plus de 50 min.

Note. — Si le point de Curie est inconnu, l'inductance doit être surveillée pendant la période de chauffage ou le point de Curie doit être déterminé par un essai particulier.

2. Le circuit est ensuite refroidi jusqu'à la température de mesure en un temps compris entre 1½ h et 2½ h et à une vitesse ne dépassant pas 5 deg C/min. Il est recommandé que pendant les dix dernières minutes précédant le temps de référence, la vitesse de refroidissement soit comprise entre 3 deg C/min et 5 deg C/min.
3. Quand le circuit a atteint la température de mesure, on peut l'introduire dans une enceinte à température constante et l'y maintenir jusqu'au commencement des mesures. On doit, durant ce transfert, éviter les tensions mécaniques sur le matériau.

Note. — Avant d'utiliser cette méthode, on doit s'assurer que le cycle thermique ne provoquera ni changements irréversibles dans le matériau du noyau, tels que ceux pouvant se produire dans les matériaux à cycle perminvar, ni effets secondaires d'amplitude significative sur l'isolation du fil ou les pièces d'assemblage.

Durant tout l'essai, le circuit doit être protégé contre les perturbations magnétiques.

IECNORM.COM: Click to view the full text of IEC 60367-1:1971

APPENDIX D

THERMAL METHOD FOR MAGNETIC CONDITIONING

1. The core to be conditioned shall be introduced into a temperature chamber and heated to a temperature approximately 25 deg C above the Curie point, at a rate not exceeding 2 deg C/min. The core shall be kept at this temperature for not less than 30 min or more than 50 min.

Note. — When the Curie point is not known, the inductance shall be monitored during the heating period or the Curie point shall be determined by a separate test.

2. Subsequently, the core shall be allowed to cool down to the measurement temperature in not less than 1½ h, or more than 2½ h at a rate not exceeding 5 deg C/min. It is recommended that during the last 10 min before the reference time is reached, the cooling rate shall be controlled between 3 deg C/min and 5 deg C/min.

3. When the core has cooled down until the measurement temperature is reached, it may be introduced into an insulated constant temperature chamber and be kept there until the measurements are started. During this transfer, care shall be taken to avoid mechanical stresses in the material.

Note. — Before using this method, it shall be verified that, as a result of the heating cycle, the core material will not show irreversible changes (such as may occur in materials with constricted loop) and the wire insulation and mounting components will not show secondary effects of a significant magnitude.

During the whole procedure, the core shall be protected against magnetic disturbances.

ANNEXE E

MÉTHODES D'EXPRESSION DE LA VARIATION EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

1. Principe

Plusieurs paramètres peuvent être utilisés pour décrire la variation de l'inductance ou de la perméabilité en fonction de la température. Le choix du paramètre est différent pour un noyau et pour un matériau.

Pour un paramètre donné, on peut distinguer trois méthodes pour le déterminer; elles se représentent par ordre de définition croissante par :

- i) la variation moyenne en fonction de la température (voir paragraphe 3.1 de cette annexe);
- ii) les limites absolues de la variation en fonction de la température (voir paragraphe 3.2 de cette annexe);
- iii) les limites de la pente (voir paragraphe 3.3. de cette annexe).

2. Paramètres

Pour un *noyau*, le paramètre sera défini de la façon suivante:

$$p = \frac{L_{\theta} - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}}} \text{ ou } p = \frac{A_{L\theta} - A_{L\text{ref}}}{A_{L\text{ref}}}$$

où:

L_{θ} [$A_{L\theta}$] = inductance [ou inductance spécifique] mesurée à n'importe quelle température θ

L_{ref} [$A_{L\text{ref}}$] = inductance [ou inductance spécifique] mesurée à la température de référence θ_{ref}

La pente de la tangente ou de la corde à la courbe donnant p en fonction de θ représente le coefficient de température de l'inductance du noyau.

Pour un *matériau*, le paramètre sera défini comme:

$$p = \frac{\mu_{\theta} - \mu_{\text{ref}}}{\mu_{\theta} \mu_{\text{ref}}} = - \left(\frac{1}{\mu_{\theta}} - \frac{1}{\mu_{\text{ref}}} \right)$$

où:

μ_{θ} = perméabilité relative (par exemple, perméabilité initiale) mesurée à une température quelconque θ

μ_{ref} = perméabilité correspondante mesurée à la température de référence θ_{ref}

La pente de la tangente ou de la corde à la courbe de p en fonction de θ représente le facteur de température de la perméabilité du matériau comme défini au paragraphe 6.3, équation (8) de cette annexe.

3. Méthodes d'expression

3.1 Variation moyenne en fonction de la température

Dans cette méthode, la température de référence θ_{ref} et les limites pour la valeur du paramètre à une température donnée θ_1 sont fixées, en négligeant le comportement entre ces températures.

APPENDIX E

METHODS OF EXPRESSING TEMPERATURE DEPENDENCE

1. Principle

There are several possible parameters that may be used to describe the temperature dependence of the inductance or the permeability. The choice of the parameter for a core is different from that for a material.

For a given parameter three methods of specifying it are distinguished; these represent an increasing order of definition:

- i) mean temperature dependence (see Sub-clause 3.1 of this Appendix);
- ii) absolute limits of temperature dependence (see Sub-clause 3.2 of this Appendix);
- iii) limits of slope (see Sub-clause 3.3 of this Appendix).

2. Parameters

For a *core*, the parameter shall be defined as:

$$p = \frac{L_{\theta} - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}}} \text{ or } p = \frac{A_{L\theta} - A_{L\text{ref}}}{A_{L\text{ref}}}$$

where:

$L_{\theta} [A_{L\theta}]$ = self-inductance [specific inductance] measured at any temperature θ

$L_{\text{ref}} [A_{L\text{ref}}]$ = self-inductance [specific inductance] measured at the reference temperature θ_{ref}

The slope of the tangent or chord to the curve giving p as a function of θ represents the temperature coefficient of the core inductance.

For a *material*, the parameter shall be defined as:

$$p = \frac{\mu_{\theta} - \mu_{\text{ref}}}{\mu_{\theta} \mu_{\text{ref}}} = - \left(\frac{1}{\mu_{\theta}} - \frac{1}{\mu_{\text{ref}}} \right)$$

where:

μ_{θ} = relative permeability (e.g. initial permeability) measured at any temperature θ

μ_{ref} = the corresponding permeability measured at the reference temperature θ_{ref}

The slope of the tangent or chord to the curve giving p as a function of θ , represents the temperature factor of the material permeability, as defined in Sub-clause 6.3, equation (8) of this Appendix.

3. Methods of expression

3.1 Mean temperature dependence

In this method, the reference temperature θ_{ref} and limits for the value of the parameter at a stated temperature θ_1 are fixed, neglecting the behaviour between these temperatures. This method

Cette méthode est reconnue de pratique courante et convient quand la variation en fonction de la température n'a pas besoin d'être définie avec précision.

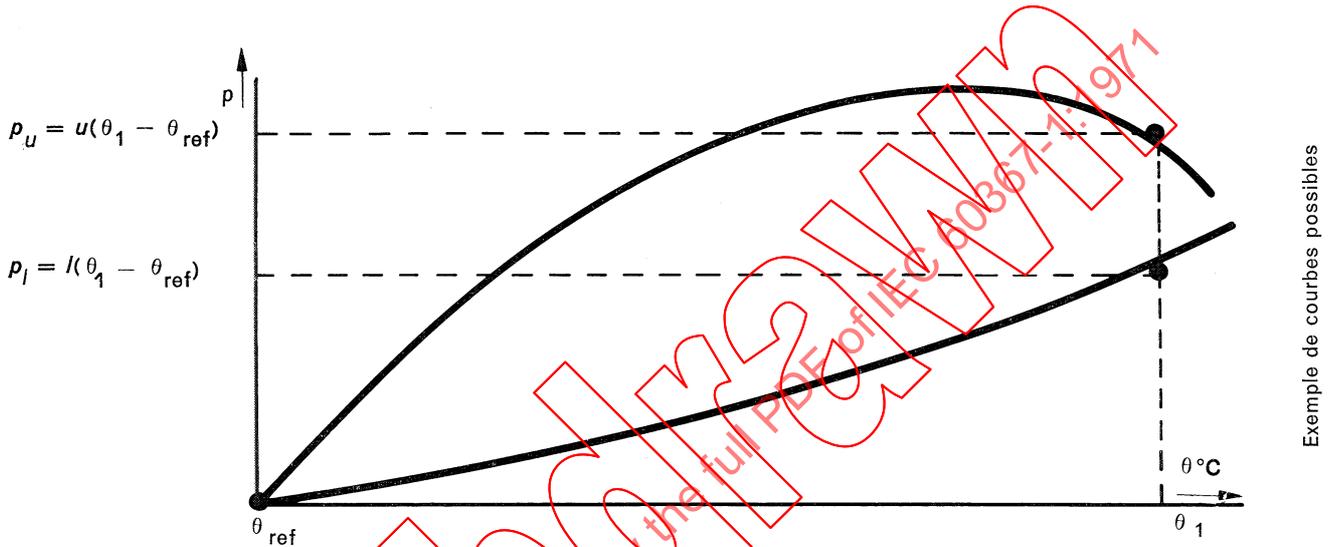
Une limite supérieure u et une limite inférieure l sont spécifiées pour :

$$\frac{p_1}{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}$$

où :

p_1 est la valeur du paramètre correspondant à $\theta_1 - \theta_{\text{ref}}$

Cette spécification peut être représentée graphiquement par trois points de la façon suivante :



Note. — Cette spécification peut être exprimée par une valeur nominale avec la tolérance, la température de référence et la température limite, par exemple

- dans le cas d'un matériau: facteur de température moyenne $(1 \pm 0,5) \times 10^{-6}/\text{deg C}$ entre 25 °C et 70 °C;
- dans le cas d'un noyau: coefficient de température moyenne $(100 \pm 50) \times 10^{-6}/\text{deg C}$ entre 25 °C et 70 °C.

3.2 Limites absolues de la variation en fonction de la température

En plus des limites spécifiées pour la variation moyenne en fonction de la température, dans cette méthode des limites spécifiques s'appliquent au paramètre dans toute la gamme de températures entre la température de référence et la température limite. Ceci procure une meilleure définition de la variation en fonction de la température dans une gamme de températures donnée.

En plus des limites du paragraphe 3.1 de cette annexe, c'est-à-dire une limite supérieure u et une limite inférieure l pour $\frac{p_1}{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}$, p doit être linéaire en fonction de θ dans les limites d'une tolérance constante $p_u - p_l$ dans la gamme de températures θ_{ref} à θ_1 .

Mathématiquement, cette expression est représentée par :

$$p = \left(\frac{u + l}{2} \right) (\theta - \theta_{\text{ref}}) \pm \left(\frac{u - l}{2} \right) (\theta_1 - \theta_{\text{ref}})$$

Elle peut être représentée graphiquement par un point (à la température de référence) et par un parallélogramme de la façon suivante :