

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 85

Première édition — First edition

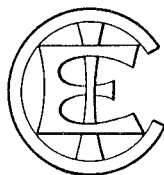
1957

Réimpression, 1979

Reprint, 1979

**Recommandations relatives à la classification des matières
destinées à l'isolement des machines et appareils électriques
en fonction de leur stabilité thermique en service**

**Recommendations for the classification of materials
for the insulation of electrical machinery and apparatus
in relation to their thermal stability in service**



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 60085:1957

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 85

Première édition — First edition

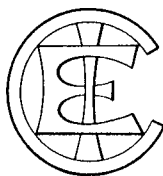
1957

Réimpression 1979

Reprint, 1979

**Recommandations relatives à la classification des matières
destinées à l'isolement des machines et appareils électriques
en fonction de leur stabilité thermique en service**

**Recommendations for the classification of materials
for the insulation of electrical machinery and apparatus
in relation to their thermal stability in service**



Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	Page 4
PRÉFACE	4
SECTION I	
INTRODUCTION	8
SECTION II	
CLASSIFICATION	10
SECTION III	
EVALUATION DE LA STABILITÉ THERMIQUE	14
ANNEXE	16

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION I	
INTRODUCTION	9
SECTION II	
CLASSIFICATION	11
SECTION III	
ASSESSMENT OF THERMAL STABILITY	15
APPENDIX	17

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA CLASSIFICATION DES MATIÈRES DESTINÉES A L'ISOLEMENT DES MACHINES ET APPAREILS ÉLECTRIQUES EN FONCTION DE LEUR STABILITÉ THERMIQUE EN SERVICE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les 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

Dans les éditions 1930 et 1935 de la Publication 34 de la C E I, « Règles pour les machines électriques », les matières isolantes étaient classées en groupes sous le nom de Classes O, A, B, C, ces classes représentant à peu près les groupes suivants de matières

- Classe O — Matières organiques dans le cas où elles ne sont ni imprégnées, ni immergées dans l'huile
- Classe A — Matières organiques dans le cas où elles sont imprégnées ou immergées dans l'huile
- Classe B — Matières inorganiques combinées avec une matière agglomérante
- Classe C — Matières inorganiques sans agglomérant

Depuis la parution de l'édition 1935 de la Publication 34, de nouvelles matières sont apparues ainsi que de nouveaux procédés de fabrication pour les machines et appareils électriques. Il est donc devenu nécessaire de revoir et d'étendre la classification, et on considère qu'il est opportun d'associer chaque classe de matières avec une température qui, lorsqu'elle sera adoptée comme température maximum, assurera une durée de vie économique à l'isolement utilisé dans une large gamme d'appareils ¹

Une description générale des différentes classes est donnée dans la section II et une annexe sert de guide pour différentes matières qui, sur la base des essais réalisés ou de l'expérience acquise, peuvent être considérées comme convenables pour chacune de ces classes

La nouvelle classification donnée dans la présente publication ne cherche pas à traiter des *échauffements* des machines, transformateurs, appareils de coupure, etc, car ceci est un sujet qui doit être traité dans les spécifications particulières à chaque type de matériel

¹ Dans tout ce document, le mot « appareils » utilisé seul comprend la totalité des machines et appareils électriques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RECOMMENDATIONS FOR THE CLASSIFICATION OF MATERIALS
FOR THE INSULATION OF ELECTRICAL MACHINERY AND APPARATUS
IN RELATION TO THEIR THERMAL STABILITY IN SERVICE**

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
- (4) The desirability is recognised 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

In the 1930 and 1935 editions of I E C Publication 34, Rules for Electrical Machinery, insulating materials were classified into various groups known as Classes O, A, B and C, these classes being broadly representative of the following groups of materials:

- Class O — Organic materials when neither impregnated nor immersed in oil
- Class A — Organic materials when impregnated or immersed in oil
- Class B — Inorganic materials combined with binding cement
- Class C — Inorganic materials without binding cement

Since the issue of the 1935 edition of Publication 34, new materials have been developed and new manufacturing processes for electrical machinery and apparatus have been introduced. It has, therefore, become necessary to review and extend the classification and it has also been considered desirable to associate each class of material with a temperature which, when adopted as the maximum temperature, will ensure an economic life for the insulation in a wide range of apparatus ¹

A general description of the various classes is given in Section II and an appendix serves as a guide to some materials which, as a result of tests or experience, may be considered appropriate to each class.

The new classification given in this Publication does not attempt to deal with the *temperature-rises* of machines, transformers, switchgear, etc., as this is a matter which should be dealt with in individual specifications for particular types of apparatus.

¹ Throughout this document the word "apparatus", when used alone, is intended to include all electrical machinery and apparatus.

Le travail de préparation de la nouvelle classification fut entrepris par le Sous-Comité 2C créé à cet effet. Des réunions furent tenues en mars 1952 à Londres, septembre 1952 à Scheveningen, mars 1954 à Londres et septembre 1954 à Philadelphie. Le projet définitif a été soumis aux Comités nationaux selon la Règle des Six Mois en mai 1955.

Ce projet a été approuvé par les pays suivants:

Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	République Fédérale Allemande
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Union Sud-Africaine
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Japon	Yougoslavie

ADDITION À LA PRÉFACE, 1979

Depuis un certain nombre d'années, l'on estimait qu'en raison de l'avancement des travaux du Comité d'Etudes n° 15 sur les matériaux isolants et du Comité d'Etudes n° 63 sur les systèmes d'isolation, la Publication 85 perdrait progressivement son utilité.

Mais il est récemment apparu qu'il se manifestait toujours le besoin d'un guide pour l'utilisation des matériaux isolants et des systèmes d'isolation en ce qui concerne leur comportement thermique, de la nature de la Publication 85.

C'est pourquoi une proposition est actuellement soumise en vue de réviser la Publication 85, qui est devenue désuète à certains égards.

Il a été décidé de conserver l'édition 1957 de la Publication 85 en attendant l'achèvement des travaux de révision.

L'attention est attirée sur les travaux de la CEI concernant les matériaux isolants et les systèmes d'isolation, contenus dans les publications ci-après:

Publication 216: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de (plusieurs parties) matériaux isolants électriques

Publication 305: Guide pour l'évaluation et d'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique

Publication 610: Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique. Mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic

Publication 611: Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique

Les travaux se poursuivent. Veuillez consulter le Catalogue actuel des Publications de la CEI pour trouver une liste mise à jour.

The work of drafting the new classification was undertaken by Sub-Committee 2C, which was set up for the purpose. Meetings were held in March 1952 in London, September 1952 in Scheveningen, March 1954 in London and September 1954 in Philadelphia. The final draft was circulated under the Six Months' Rule in May 1955.

This draft was approved by the following countries:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Belgium	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of South Africa
France	Union of Soviet Socialist Republics
German Federal Republic	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia

ADDITION TO THE PREFACE, 1979

For a number of years it had been thought that with the progress of the work of Technical Committee No. 15 on insulating materials and Technical Committee No. 63 on insulation systems, the need for Publication 85 would progressively disappear.

However, it has recently become apparent that there is a continuing need for a guide to the use of insulating materials and insulation systems in relation to their thermal behaviour, of the nature of Publication 85.

Accordingly a proposal is now being made that Publication 85 should be revised as it has become obsolescent in certain respects.

It has been decided to maintain the 1957 edition of Publication 85 pending the completion of the work of revision.

Attention is drawn to the IEC work on insulating materials and insulation systems in the following publications:

Publication 216 (Several parts)	Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials
Publication 505:	Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment
Publication 610:	Principal Aspects of Functional Evaluation of Electrical Insulation Systems Ageing Mechanisms and Diagnostic Procedures
Publication 611:	Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulation Systems

This work is continuing. Please see the current catalogue of IEC Publications for up-to-date list.

RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA CLASSIFICATION DES MATIÈRES DESTINÉES A L'ISOLEMENT DES MACHINES ET APPAREILS ÉLECTRIQUES EN FONCTION DE LEUR STABILITÉ THERMIQUE EN SERVICE

SECTION I — INTRODUCTION

La résistance des matières utilisées pour l'isolement des machines et appareils électriques dépend de nombreux facteurs tels que la température, les contraintes électriques et mécaniques, les vibrations, l'exposition à des atmosphères dangereuses et à des produits chimiques, les moisissures et les souillures de toute nature

Il est reconnu que les matières isolantes peuvent ne pas supporter les températures fixées pour chacune d'elles pendant une durée illimitée. Toutefois, ces températures sont celles qui, maintenues pendant de longues durées avec des intervalles à température plus basse, assureront à l'isolant une durée de vie adéquate. En fixant ces limites de température, on a pris en considération le fait que les classes de base, c'est-à-dire A et B, pour lesquelles les limites de 105° et 130° C ont été généralement acceptées, ont été employées dans le monde entier depuis de longues années. L'expérience a montré que, dans les conditions habituelles de fonctionnement, on obtient une durée de vie satisfaisante pour les machines tournantes, les transformateurs et certains autres appareils électriques construits selon des normes respectant ces limites de température, compte tenu des facteurs particuliers à l'appareil en question.

L'expression « conditions habituelles de fonctionnement » prend en considération les faits suivants :

- a) Il est peu vraisemblable que la température ambiante soit maintenue à sa valeur maximum pendant de longues durées
- b) Les services sont généralement tels que la charge moyenne pendant une période d'un certain nombre de jours ou de mois est notablement plus faible que la charge nominale en service continu

Les règles d'établissement du matériel électrique spécifient en général des échauffements plutôt que des températures maxima. Par échauffement d'une partie isolée, d'une machine, par exemple, on entend la différence entre la température de cette partie dans les conditions spécifiées et la température de l'air ambiant ou du fluide de refroidissement.

Bien que le présent document n'ait pas pour but de fixer les échauffements admissibles des parties isolées ou de prescrire les méthodes permettant de mesurer ou de calculer ces échauffements, on fait remarquer que, dans la pratique, la température maximum (point le plus chaud) atteinte par une pièce isolée peut rarement être mesurée directement, tout particulièrement dans le cas des enroulements logés dans les encoches des machines tournantes. L'échauffement admissible est donc généralement spécifié à une valeur inférieure à la différence entre les températures admises dans ces Recommandations et la température de l'air ambiant ou du fluide de refroidissement.

Il existe trois méthodes admises pour la détermination de l'échauffement :

- a) thermomètre,
- b) augmentation de résistance,
- c) emploi d'un indicateur de température incorporé

La méthode de mesure à adopter pour la détermination de l'échauffement des pièces isolées doit être spécifiée dans les règles particulières des machines et appareils.

RECOMMENDATIONS FOR THE CLASSIFICATION OF MATERIALS FOR THE INSULATION OF ELECTRICAL MACHINERY AND APPARATUS IN RELATION TO THEIR THERMAL STABILITY IN SERVICE

SECTION I — INTRODUCTION

The endurance of materials used for the insulation of electrical machinery and apparatus is affected by many factors, such as temperature, electrical and mechanical stresses, vibration, exposure to deleterious atmospheres and chemicals, moisture and dirt

It is appreciated that materials may not withstand the temperatures assigned to them for an unlimited time. The temperatures are such, however, as can be sustained for long periods of time which, with intervening periods at lower temperatures, will provide adequate life. In assigning these temperature limits, consideration has been given to the fact that hitherto the basic classes, namely A and B, for which the temperature limits of 105° C and 130° C respectively have been generally accepted, have been recognized throughout the world for many years. Experience has proved that, under usual operating conditions, satisfactory economic life is obtained for rotating machines, transformers, and certain other electrical apparatus designed and built in accordance with standards based on these temperature limits, making due allowance for factors peculiar to the apparatus in question.

The expression "usual operating conditions" takes into account that

- (a) the ambient temperature is unlikely to be maintained at its maximum value for long periods of time;
- (b) load cycles are generally such that the average load for a period of days or months is appreciably lower than the rated continuous load.

Standards for electrical equipment usually specify temperature-rise rather than maximum temperature. By temperature-rise of an insulated part, e.g. of a machine, is meant the difference between the temperature of that part under specified conditions and the temperature of the ambient air or other cooling medium.

While it is not the purpose of this publication to deal with permissible temperature-rises of insulated parts or to prescribe the methods by which such temperature-rises shall be determined, it should be noted that in practice the maximum temperature (hottest spot) attained by an insulated part can seldom be measured directly, particularly in the case of windings embedded in the slots of rotating machines. The permissible temperature-rise is therefore generally specified to be less than the difference between the temperatures recognized in these Recommendations and the temperature of the ambient air or other cooling medium.

There are three recognized methods of determining the temperature-rise, namely

- (a) by thermometer,
- (b) by increase in resistance,
- (c) by embedded temperature detector.

The method of measurement to be used for determining the temperature-rise of insulated parts should be prescribed in the standards for machines and apparatus.

Dans l'établissement de ces règles, il est nécessaire de prendre en considération les facteurs tels que les particularités de construction, l'importance et l'épaisseur de l'isolement, l'accessibilité des parties isolées, la méthode de ventilation, les caractéristiques de charge, etc lorsque l'on détermine l'échauffement à admettre et la méthode de mesure de cet échauffement

SECTION II — CLASSIFICATION

Les classes adoptées pour les matières isolantes et les températures qui leur sont attribuées sont les suivantes

<i>Classe</i>	<i>Température</i>
Y (anciennement O)	90° C
A	105° C
E	120° C
B	130° C
F	155° C
H	180° C
C	au-dessus de 180° C

Pendant de nombreuses années les classes A, B et C ont été associées aux limites de températures indiquées ci-dessus et il n'est pas jugé opportun de modifier les désignations de ces classes

Le maintien de ces classes et l'introduction de classes comportant des limites intermédiaires de température ne permettent pas d'adopter, pour les désignations des classes, des lettres qui se suivent dans l'ordre alphabétique lorsque ces classes sont disposées dans l'ordre des limites de température. On considère toutefois que ce fait ne présente que peu d'importance devant l'opportunité de maintenir les désignations des classes existantes et les limites correspondantes de température

Une certaine confusion s'est parfois manifestée du fait que le symbole « O » peut être interprété comme représentant soit une lettre de l'alphabet, soit le chiffre zéro, il a donc été décidé de remplacer la lettre « O » par la lettre « Y »

Dans certains cas, il est nécessaire de disposer d'une classe de matières présentant une limite de température inférieure à celle de la classe Y, toutefois cette classe n'est pas mentionnée dans la présente publication, car les matières qu'elle englobe ne sont pas largement utilisées pour l'isolation des enroulements de machines, de transformateurs et d'appareils de coupure

L'aptitude d'une matière isolante à remplir sa fonction est également influencée par des conditions telles que les contraintes mécaniques imposées à cette matière et aux éléments qui la supportent par des facteurs tels que la vibration et la dilatation thermique inégale, qui peuvent prendre une importance croissante quand les dimensions de l'appareil augmentent. L'humidité atmosphérique et la présence de souillures, produits chimiques ou autres agents peuvent avoir un effet destructeur. Tous ces facteurs doivent être pris en considération lors de la fixation de règles d'échauffement pour des matériels particuliers; il faut notamment accorder une attention particulière à l'utilisation de la matière, soit comme diélectrique soumis à une contrainte électrique notable, soit comme séparateur mécanique avec une contrainte électrique beaucoup plus faible, ce qui permet une augmentation de la température de fonctionnement admissible

Il est admis qu'il peut être désirable, pour certains matériels, de fixer des règles d'échauffement qui permettent des températures maxima plus élevées que celles spécifiées dans la présente classification ou qui restreignent les températures atteintes par la matière isolante à des valeurs plus basses. Ces cas peuvent résulter soit des considérations qui précèdent ou de considérations analogues, soit du choix, pour l'appareil en question, d'une durée de vie plus longue ou plus courte que celle requise pour la plupart des matériels

Le présent document suppose que, sauf en cas de spécification contraire, les matières isolantes sont employées dans l'air. En l'absence d'oxygène, des températures maxima notablement plus élevées peuvent être admises pour certaines matières, pour autant que leur stabilité thermique soit en question

In establishing such standards, factors such as features of construction, amount and thickness of insulation, accessibility of insulated parts, methods of ventilation, load characteristics, etc., should be taken into account when considering the temperature-rise to be permitted and the method of measurement

SECTION II — CLASSIFICATION

The recognized classes of insulating materials and the temperatures assigned to them are as follows:

<i>Class</i>	<i>Temperature</i>
Y (formerly O)	90° C
A	105° C
E	120° C
B	130° C
F	155° C
H	180° C
C	above 180° C

For many years, Classes A, B and C have been associated with the temperature limits stated above and it is considered undesirable to modify these class designations

By retaining these designations and by making provision for classes having intermediate temperature limits, it is not possible for the letters used for the class designations to run in alphabetical order when the classes are arranged in order of temperature limits. It is considered that this is a matter of little importance compared with the desirability of retaining the existing class designations and their associated temperature limits

Confusion has, however, occasionally been caused by the fact that "O" can be interpreted as either a letter of the alphabet or as the figure zero. It has therefore been decided to change the letter "O" to the letter "Y"

For some purposes there is a need for a class of materials having a temperature limit lower than for Class Y but such a class is not included in this publication since the materials covered by such a class are not widely used as insulation for windings for machines, transformers or switchgear

The ability of an insulating material to fulfil its function is also influenced by such conditions as mechanical stresses imposed upon the material and its supporting structure by such factors as vibration and differential thermal expansion which may become of increasing importance as the size of the apparatus increases. Moisture in the atmosphere and the presence of dirt, chemicals or other contaminants may have injurious effect. All such factors should be taken into account in establishing the standards of temperature-rise for particular classes of apparatus, due consideration being given to whether the material is to be used as a dielectric, and so subjected to a substantial electric stress, or as a mechanical separator at a very much lower electric stress with a consequent increase in permissible operating temperature

It is recognized that it may be desirable in certain apparatus to establish standards of temperature-rise which permit maximum temperatures higher than those specified in this classification or which restrict the temperatures attained by the insulation to values lower than those given in this classification. Such cases may arise on account of the foregoing and similar considerations or because, for the purpose in question, a shorter or a longer life than that required of most apparatus, is appropriate

This document assumes that, except where otherwise specified, insulating materials are employed in air. In the absence of oxygen, however, considerable increases in maximum temperatures may be permissible for some materials in so far as their thermal stability is concerned

En plus du vieillissement progressif auquel sont soumises la plupart des matières, certaines d'entre elles, lorsqu'elles sont portées à leur température maximum admissible, se ramollissent et / ou se détériorent du point de vue électrique, mais recouvrent leurs propriétés initiales après refroidissement. L'utilisateur de telles matières doit s'assurer qu'elles conviennent à cet égard pour l'usage auquel elles sont destinées.

Dans le cadre de ces recommandations générales, les diverses matières sont classées sous des limites de température qui donneront une durée de vie acceptable dans les conditions d'emploi rencontrées généralement dans l'industrie.

Cependant, la durée de vie réelle en service dépend des conditions particulières d'emploi, qui peuvent varier beaucoup avec les conditions extérieures, les cycles de service et le type d'appareil. En outre, la durée de vie acceptable en service varie beaucoup selon l'importance relative du poids, de la sécurité de fonctionnement, de la durée de temps envisagée pour l'utilisation du matériel associé et d'autres considérations économiques.

Pour ces raisons, les règles particulières aux différents types d'appareils peuvent spécifier pour les isolations d'une classe donnée les températures limites que l'expérience ou des essais en service indiquent comme satisfaisantes pour ces appareils particuliers.

Seule l'expérience ou des essais reconnus convenables fournissent des bases pour la fixation de limites rationnelles de température. Cette expérience ou ces essais sont acceptés pour fixer les limites de température des isolations. Les listes de matières données en annexe sont destinées à servir de guide, mais ne sont pas obligatoires pour la fixation de limites de température.

Les isolations peuvent être groupées dans les classes suivantes :

- Classe Y :** Isolation composée de matières ou d'associations de matières telles que coton, soie et papier sans imprégnation. D'autres matières ou associations de matières peuvent être comprises dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'elles sont capables de fonctionner aux températures de la classe Y.
- Classe A :** Isolation composée de matières ou d'associations de matières telles que coton, soie et papier lorsqu'elles sont convenablement imprégnées ou lorsqu'elles sont immergées dans un diélectrique liquide tel que l'huile. D'autres matières ou associations de matières peuvent être comprises dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus montrent qu'elles sont capables de fonctionner aux températures de la classe A.
- Classe E :** Isolation composée de matières ou associations de matières dont l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'elles sont capables de supporter en fonctionnement les températures de la classe E (matières ayant une stabilité thermique telle qu'elles peuvent être utilisées à une température supérieure de 15° C à celle des matières de la classe A).
- Classe B :** Isolation composée de matières ou associations de matières telles que mica, fibre de verre, amiante avec agglomérants convenables. D'autres matières ou associations de matières qui ne sont pas obligatoirement inorganiques, peuvent être comprises dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'elles sont capables de fonctionner aux températures de la classe B.
- Classe F :** Isolation composée de matières ou d'associations de matières telles que mica, fibre de verre, amiante, etc avec des agglomérants convenables, ainsi que d'autres matières ou associations de matières, non obligatoirement inorganiques, que l'expérience ou des essais reconnus ont montré capables de fonctionner aux températures de la classe F (matières possédant une stabilité thermique telle qu'elles peuvent être utilisées à une température supérieure de 25° C à celle des matières de la classe B).
- Classe H :** Isolation composée de matières telles que élastomères de silicone ou d'associations de matières telles que mica, fibre de verre, amiante, etc avec des agglomérants convenables tels que des résines de silicone appropriées. D'autres matières ou associations de matières peuvent être comprises dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'elles sont capables d'être utilisées aux températures de la classe H.

In addition to the gradual aging which most materials undergo, some materials, when raised to their maximum permitted temperatures, soften and/or deteriorate electrically but recover their initial properties again on cooling. The user of these materials should be satisfied that they are suitable in the above respect for the duties to be imposed on them.

For the purpose of these general recommendations, the various materials are classified under temperature limits that will give an acceptable life under usual industrial conditions of service.

However, actual life in service depends upon particular service conditions, which may vary widely with environmental exposure, duty cycles and type of apparatus. Further, the acceptable length of life in service varies greatly depending upon the relative importance of weight, reliability, desired period of use of associated equipment and other economic considerations.

For these reasons, the standards for each different type of apparatus may specify such temperature limits for the insulations in any given class as experience or functional tests may indicate will be satisfactory for the purpose of the particular apparatus standard.

Only experience or adequate acceptable tests provide bases for rational temperature limits. Such experience and tests are recognized in establishing temperature limits for insulation. Lists of materials as given in the appendix are intended to be useful as a guide but are not mandatory in setting temperature limits.

Insulation may be grouped into the following recognized Classes:

- Class Y** insulation consists of materials or combinations of materials such as cotton, silk and paper without impregnation. Other materials or combinations of materials may be included in this class if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at Class Y temperatures.
- Class A** insulation consists of materials or combinations of materials such as cotton, silk and paper when suitably impregnated or coated or when immersed in a dielectric liquid such as oil. Other materials or combinations of materials may be included in this class if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at Class A temperatures.
- Class E** insulation consists of materials or combinations of materials which by experience or accepted tests can be shown to be capable of operation at Class E temperatures (materials possessing a degree of thermal stability allowing them to be operated at a temperature 15 Centigrade degrees higher than Class A materials).
- Class B** insulation consists of materials or combinations of materials such as mica, glass fibre, asbestos, etc with suitable bonding substances. Other materials or combinations of materials, not necessarily inorganic, may be included in this class, if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at Class B temperatures.
- Class F** insulation consists of materials or combinations of materials such as mica, glass fibre, asbestos, with suitable bonding substances as well as other materials or combinations of materials, not necessarily inorganic, which by experience or accepted tests can be shown to be capable of operation at Class F temperatures (materials possessing a degree of thermal stability allowing them to be operated at a temperature 25 Centigrade degrees higher than Class B materials).
- Class H** insulation consists of materials such as silicone elastomer and combinations of materials such as mica, glass fibre, asbestos, etc with suitable bonding substances such as appropriate silicone resins. Other materials or combinations of materials may be included in this class if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at Class H temperatures.

Classe C : Isolation composée de matières ou associations de matières telles que mica, porcelaine, quartz et verre avec ou sans liant inorganique. D'autres matières ou associations de matières peuvent être comprises dans cette classe si l'expérience ou des essais reconnus ont montré qu'elles sont capables d'être utilisées à des températures supérieures à celles de la classe H. Dans cette classe, une matière ou association de matières déterminée aura une limite de température qui dépendra de ses propriétés physiques, chimiques ou électriques.

Dans chaque classe, une certaine quantité de matières appartenant à une classe de température plus basse peut être incorporée pour des raisons de fabrication, pourvu que des propriétés électriques et mécaniques correctes soient conservées lors de l'utilisation à la température maximum admise.

Une matière isolante est considérée comme « convenablement imprégnée » quand une matière convenable telle qu'un vernis pénètre dans les interstices entre les fibres, films, etc. à un degré suffisant pour lier entre eux les composants de l'isolation et pour fournir une couche en surface qui évite suffisamment l'humidité, les souillures et tous autres agents.

Pour certaines applications, on peut utiliser des compounds ou des résines sans solvant, ces produits peuvent remplacer tout l'air dans les interstices. Dans d'autres applications, on peut utiliser des vernis ou d'autres matières contenant des solvants, ces produits fournissent des couches de surface pratiquement continues et un remplissage partiel des interstices, en liant entre eux jusqu'à un certain point les composants de l'isolation.

Une matière isolante est considérée comme « convenablement revêtue » lorsqu'elle est recouverte d'une substance isolante telle qu'un vernis, qui la protège de l'humidité, des souillures et de tout autre agent à un degré suffisant pour assurer une bonne tenue en service.

SECTION III — ÉVALUATION DE LA STABILITÉ THERMIQUE

Pour l'application de cette classification, il sera parfois nécessaire d'évaluer la stabilité thermique des matières isolantes. Cette évaluation peut être basée sur l'expérience en service ou sur les résultats d'essais.

Les indications les plus utiles provenant de l'utilisation en service ou d'essais sont celles que l'on obtient avec un type particulier de matériel pour lequel l'isolement est étudié dans un cas déterminé. Par exemple, si, dans un enroulement déterminé, le papier a été remplacé par un film de matière plastique et qu'une expérience suffisante ou des essais ont montré que le film dure en service au moins aussi longtemps que le papier, on peut alors en conclure que le film présente une stabilité thermique similaire à celle du papier. Le film peut par conséquent être considéré comme matière de la classe A en ce qui concerne l'enroulement en question.

Il est quelquefois possible d'évaluer une matière en l'utilisant conjointement avec des matières ayant une stabilité thermique connue. Par exemple, l'isolement des encoches d'une machine peut être considéré comme ayant une stabilité thermique similaire à celle du reste de l'isolement dans la machine si l'on a une expérience de fonctionnement en service ou au cours d'essais suffisante pour montrer que l'isolement des encoches dure aussi longtemps que le reste de l'isolement. Une telle évaluation est particulièrement digne de foi lorsqu'elle est appliquée au type même de matériel sur lequel les résultats d'expérience ou d'essais ont été basés et elle l'est moins lorsqu'elle est appliquée à un matériel différent.

Il peut quelquefois être préférable de considérer toutes les matières isolantes présentes dans un appareil quelconque comme représentant un système d'isolement plutôt que de traiter chaque isolant individuellement. Un système d'isolement nouveau peut être considéré comme ayant une stabilité thermique similaire à celle d'un système d'isolement connu si, dans des conditions analogues de fonctionnement, l'appareil incorporant le nouveau système d'isolement a une durée de vie au moins aussi longue qu'un appareil analogue incorporant le système d'isolement connu.

Sauf pour les types de matériel les plus simples, le coût de l'exécution d'un nombre suffisant d'essais poussés jusqu'à destruction afin de permettre d'en tirer des conclusions dignes de foi peut se révéler

Class C insulation consists of materials or combinations of materials such as mica, porcelain, glass and quartz with or without an inorganic binder. Other materials or combinations of materials may be included in this class, if by experience or accepted tests they can be shown to be capable of operation at temperatures above the Class H limit. Specific materials or combinations of materials in this class will have a temperature limit which is dependent upon their physical, chemical and electrical properties.

In each class, a proportion of materials of a lower temperature class may be included for structural purposes only, provided that adequate electrical and mechanical properties are maintained during the application of the maximum permitted temperature.

An insulating material is considered to be "suitably impregnated" when a suitable substance such as varnish penetrates the interstices between fibres, films, etc. to a sufficient degree adequately to bond components of the insulation structure and to provide a surface film which adequately excludes moisture, dirt and other contaminants.

For some applications, compounds and resins without solvents may be used which may substantially replace all the air in the interstices. In other applications, varnishes or other materials containing solvents may be used which provide reasonably continuous surface films and partial filling of the interstices with some degree of bonding between components of the insulation structure.

An insulating material is considered to be "suitably coated" when it is covered with a suitable substance such as varnish which excludes moisture, dirt and other contaminants to a degree sufficient to provide adequate performance in service.

SECTION III — ASSESSMENT OF THERMAL STABILITY

In order to apply this classification, an assessment of the thermal stability of materials will sometimes be required. This assessment may be based on service experience or on test results.

The most valuable service or test data are those gained with the particular type of apparatus for which the insulation is being considered in any given case. For example if, in a particular winding, paper has been replaced by a plastics film and adequate experience or tests with this winding have shown that the film lasts at least as long in service as paper, then the film may be considered to be of similar thermal stability to paper. The film may consequently be regarded as a Class A material as far as the winding under consideration is concerned.

It is sometimes possible to assess a material by using it in conjunction with materials of known thermal stability. For example, the slot insulation of a machine can be considered to have similar thermal stability to the other insulation in the machine if there is adequate service or test experience to show that the slot insulation lasts as long as the other insulation. Such an assessment would be most reliable when applied to the particular type of apparatus on which the experience or test data were based and less reliable when applied to dissimilar apparatus.

It may sometimes be preferable to consider all the insulating materials present in any apparatus as one insulation system rather than to consider the materials individually. A novel insulation system may be considered to have similar thermal stability to a known insulation system if, under similar operating conditions, apparatus containing the novel system lasts at least as long as similar apparatus containing the known system.

Except for the simplest types of apparatus, the cost of conducting a sufficient number of tests to failure to enable reliable conclusions to be drawn may be prohibitive. The thermal stability of insulation

prohibitif La stabilité thermique des systèmes d'isolement peut donc être comparée à l'aide de maquettes d'essai construites de manière à imposer à l'isolement des conditions analogues à celles qui existeront en service

Bien qu'il soit préférable d'évaluer la stabilité thermique des isolants ou des systèmes d'isolement quand ceux-ci font partie d'un appareil ou de maquettes d'essai reproduisant les caractéristiques essentielles des applications particulières, on reconnaît que d'utiles indications peuvent aussi être obtenues d'après des essais de laboratoire sur une matière ou une association simple de matières Les propriétés choisies pour déterminer la stabilité thermique devraient être en rapport étroit avec la fonction que la matière en question sera appelée à remplir en service

ANNEXE

L'objet du tableau qui figure dans cette annexe est de servir de guide général pour la classification d'un certain nombre de matières isolantes Cette classification ne doit pas être considérée comme impérative, car seuls l'expérience ou des essais convenables et reconnus devraient fixer en définitive les limites de température De plus, aucune liste de matières ne saurait être complète étant donné que de nouvelles matières font constamment leur apparition

Il est également admis

- i) que de nombreuses matières existent en diverses variantes ayant une stabilité thermique différente;
- ii) que la stabilité thermique de certaines matières est influencée par la façon dont celles-ci sont associées avec d'autres matières,
- iii) que l'aptitude de certaines matières à être utilisées dans une classe particulière dépend de la fonction qu'elles seront appelées à remplir

Etant donné ces facteurs, le constructeur du matériel devra s'assurer que son choix de matières pour une application particulière quelconque est concevable pour les conditions de service envisagées

Dans le tableau, les matières de chaque classe sont séparées en une liste principale et une liste subsidiaire La liste principale comprend les matières généralement adoptées dans la classe considérée La liste subsidiaire comprend les matières sur lesquelles existe une certaine expérience, mais dont l'introduction dans la classe considérée n'est pas universellement adoptée

systems may therefore be compared in simple test assemblies constructed to impose conditions on the insulation similar to those which will be present in service

Although it is preferable to assess the thermal stability of insulating materials or systems of insulation when they are included in apparatus or test assemblies simulating the essential features of particular applications, it is recognized that useful information may also be obtained from laboratory tests on a material or on a simple combination of materials. The properties chosen to establish the thermal stability should be closely related to the function which the material will be called upon to fulfil in service

APPENDIX

The table in this appendix is intended as a general guide to the classification of a number of particular insulating materials. This classification must not be considered mandatory since only experience or adequate accepted tests should finally establish temperature limits. Moreover, no list of materials can be comprehensive, since new insulating materials are constantly being developed.

It is also recognized that

- (i) Many materials are available in a number of variants of differing thermal stability;
- (ii) The thermal stability of some materials is affected by the way in which they are combined with other materials,
- (iii) The suitability of some materials for use in a particular class depends upon the function which they will be called upon to fulfil

In view of these factors, the manufacturer of apparatus should satisfy himself that his selection of materials for any particular application is appropriate to the conditions of service involved

In the table, the materials in each class are divided into a principal list and a subsidiary list. The principal list comprises materials generally accepted in the class under consideration. The subsidiary list comprises materials of which some experience is available but whose introduction into the class under consideration is not universally accepted.

TABLEAU

Les matières mentionnées dans la colonne 4 sont celles utilisées par le fabricant des produits isolants indiqués dans la colonne 3.
Les matières mentionnées dans la colonne 5 sont celles utilisées par le constructeur électrique pour le traitement des enroulements et des appareils. Dans une classe déterminée, il lui appartient de choisir parmi les matières de la colonne 5 celles qu'il convient d'associer avec les produits choisis dans les colonnes 3 et 4.

1	2	3	4	5
Classe		Matière isolante	Matières d'agglomération ou de revêtement * entrant dans la fabrication de la matière de la colonne 3	Matières d'imprégnation * qui peuvent être utilisées dans le traitement de l'ensemble isolé
Y	Principales	Coton Sore naturelle Fibre de cellulose regenerée Fibre d'acetate de cellulose Fibre de polyamides Papier et produits dérivés Pressboard Fibre vulcanisée Bois Resines aniline-formaldéhyde Resines uree-formaldéhyde	Neant	Non requises
	Subsidiaries	Polyacrylates Polyéthylène Polystyrène Chlorure de polyvinyle plastifié ou non Caoutchouc naturel vulcanisé	Neant	Non requises

* Les substances d'agglomération ou d'imprégnation peuvent être limitées par des facteurs autres que la stabilité thermique, telles que les propriétés mécaniques aux températures de fonctionnement. Par exemple, quelques résines époxydes et polyesters sous des contraintes mécaniques importantes peuvent être limitées aux températures de la classe A.

TABLE

Materials shown in Column 4 are those used by the manufacturer of the insulating products listed in Column 3. The materials listed in Column 5 are those used by the electrical manufacturer for the treatment of windings and equipment. For any particular class he should choose from the materials in Column 5 those which are appropriate for use with the selected products from Columns 3 and 4.

1	2	3	4	5
Class		Insulating Material	Bonding, impregnating or coating substances (*) used in the manufacture of the material in Column 3	Impregnating substances (*) which may be used in the treatment of the insulated assembly
Y	Principal	Cotton Natural silk Regenerated cellulose fibre Cellulose acetate fibre Polyamide fibre Paper and paper products Pressboard Vulcanized fibre Wood Aniline-formaldehyde resins Urea-formaldehyde resins	None	None required
	Subsidiary	Polyacrylates Polyethylene Polystyrene Polyvinyl chloride with or without plasticizer Vulcanized natural rubber	None	None required

* Bonding and impregnating substances may often be limited by factors other than thermal stability, such as mechanical properties at operating temperatures. For example, some epoxy and polyester resins under severe mechanical stress may be limited to Class A temperature.

1	2	3	4	5
Classe			Matières d'agglomération d'impregnation ou de revêtement entrant dans la fabrication de la matière de la colonne 3	Matières d'impregnation * qui peuvent être utilisées dans le traitement de l'ensemble isolé
A	Principales	Matière isolante		
		Coton Soie naturelle Fibre de cellulose régénérée Fibre d'acetate de cellulose Fibre de polyamides Papier et produits dérivés Pressboard Fibre vulcanisée Bois	Neant	Vernis a base de resine naturelle et d'huile siccative gomme laque, copal et autres resines naturelles, solutions ou suspensions d'éthers et d'esters celluliques Matières mentionnées dans les classes de températures plus élevées Huile isolante et liquides diélectriques synthétiques
		Toiles vernies a base de coton, soie naturelle, cellulose régénérée, acetate de cellulose ou polyamides Papier vernis	Vernis a base de resines naturelles ou synthétiques et d'huile siccative	
		Stratifiés bois	Resine phenol-formal- déhyde	
		Films d'acetate de cellulose Films d'acetobutyrate de cellulose Resines polyester a chaînes transversales Emaux oleoresineux des fils emailles Emaux a base de resines polyamides des fils emailles	Neant	
	Subsidiaries	Elastomeres de polychloroprene Elastomeres de butadiène acrylonitrile	Neant	Celles mentionnées ci-dessus ou dans les classes de températures plus élevées

* Les substances d'agglomération ou d'impregnation peuvent être limitées par des facteurs autres que la stabilité thermique, telles que les propriétés mécaniques aux températures de fonctionnement. Par exemple, quelques résines époxydes et polyesters sous des contraintes mécaniques importantes peuvent être limitées aux températures de la classe A.

1	2	3	4	5
Class		Insulating Material	Bonding, impregnating or coating substances (*) used in the manufacture of the material in Column 3	Impregnating substances (*) which may be used in the treatment of the insulated assembly
A	Principal	Cotton Natural silk Regenerated cellulose fibre Cellulose acetate fibre Polyamide fibre Paper and paper products Pressboard Vulcanized fibre Wood When impregnated or when immersed in a liquid dielectric	None	Drying oil-modified natural resins, shellac, copal and other natural resins, solutions or suspensions of cellulose esters and ethers Those listed in higher temperature classes
		Varnished textile based on cotton, natural silk, regenerated cellulose, cellulose acetate or polyamide fibre	Drying oil-modified natural or synthetic resin varnish	Insulating oil and synthetic dielectric liquids
		Laminated wood	Phenol-formaldehyde resin	
		Cellulose acetate film Cellulose acetate butyrate film Cross-linked polyester resins Wire enamel of oleo-resinous type Wire enamel based on polyamide resin	None	
	Subsidiary	Polychloroprene elastomers Butadiene acrylonitrile elastomers	None	Those listed above and in higher temperature classes

* Bonding and impregnating substances may often be limited by factors other than thermal stability, such as mechanical properties at operating temperatures. For example, some epoxy and polyester resins under severe mechanical stress may be limited to Class A temperature.

1	2	3	4	5
Classe		Matière isolante	Matières d'agglomération d'impregnation ou de revêtement entrant dans la fabrication de la matière de la colonne 3	Matières d'impregnation * qui peuvent être utilisées dans le traitement de l'ensemble isolé
E	Principales		—	—
	Subsidiaries	Emaux aux résines formaldéhyde, polyuréthane ou époxyde, des fils emailles	Neant	Vernis a base d'asphalte ou de résines synthétiques et d'huiles, résines polyester a chaînes transversales, résines époxydes
		Pièces moulées a charge cellulosique Stratifiés coton Stratifiés papier	Résines mélamine formaldéhyde, phénol formaldéhyde et phénolfurfural	Matières mentionnées dans les classes de température plus élevée
		Résines polyester a chaînes transversales Films de triacétate de cellulose Films de terephthalate de polyéthylène Fibres de terephthalate de polyéthylène	Neant	
		Toiles vernies a base de terephthalate de polyéthylène	Vernis a base de résines alkydes et d'huile	

* Les substances d'agglomération ou d'impregnation peuvent être limitées par des facteurs autres que la stabilité thermique, telles que les propriétés mécaniques aux températures de fonctionnement. Par exemple, quelques résines époxydes et polyesters sous des contraintes mécaniques importantes peuvent être limitées aux températures de la classe A.

1	2	3	4	5
Class		Insulating Material	Bonding, impregnating or coating substances (*) used in the manufacture of the material in Column 3	Impregnating substances (*) which may be used in the treatment of the insulated assembly
E	Principal	—	—	—
	Subsidiary	Wire enamels based on polyvinylformal, polyurethane or epoxy resins	None	Oil-modified asphalt and synthetic resins, cross-linked polyester resins; epoxy resins Those listed in higher temperature classes
		Mouldings with cellulose fillers Cotton fabric laminates Paper laminates	Melamine-formaldehyde, phenol-formaldehyde and phenol-furfural resins	
		Cross-linked polyester resins Cellulose triacetate film Polyethylene terephthalate film Polyethylene terephthalate fibre	None	
		Varnished polyethylene terephthalate textile	Oil-modified alkyd-resin varnish	

* Bonding and impregnating substances may often be limited by factors other than thermal stability, such as mechanical properties at operating temperatures. For example, some epoxy and polyester resins under severe mechanical stress may be limited to Class A temperature.

1	2	3	4	5
Classe		Matière isolante	Matières d'agglomération * d'impregnation ou de revêtement entrant dans la fabrication de la matière de la colonne 3	Matières d'impregnation * qui peuvent être utilisées dans le traitement de l'ensemble isolé
B	Principales	Fibre de verre Amiante	Neant	Asphalte et resines syn- thétiques avec huile Resines polyester a chaî- nes transversales. Resines epoxydes. (Sous des con- trantes mecaniques im- portantes, ces matières peuvent ne pas convenir et des resines phenoliques non modifiées peuvent être necessaires.) Matières mentionnees dans les classes de tempe- rature plus élevée
		Tissu de verre imprégné Amiante imprégné	Vernis a base de resines synthétiques et d'huile	
		Mica agglomeré (seul ou avec un support)	Gomme laque, compounds asphaltiques ou bitumeux Resines synthétiques modifiées Resines alkydes Resines polyesters a chaînes transversales Resines epoxydes	
		Stratifiés de tissu de verre Stratifiés amiante Pièces moulées a charge minérale	Resines mélamine formal- déhyde Resines phenolformalde- hyde	
	Subsidiaries	Pièces moulées a charge minérale Polymonochlorotrifluorethylène	Resines polyester a chaî- nes transversales Neant	Matières mentionnees ci- dessus ou dans des classes de temperature plus élevée

* Les substances d'agglomération ou d'impregnation peuvent être limitées par des facteurs autres que la stabilité thermique, telles que les propriétés mécaniques aux températures de fonctionnement. Par exemple, quelques résines époxydes et polyesters sous des contraintes mécaniques importantes peuvent être limitées aux températures de la classe A.

1	2	3	4	5
Class		Insulating Material	Bonding, impregnating or coating substances (*) used in the manufacture of the material in Column 3	Impregnating substances (*) which may be used in the treatment of the insulated assembly
B	Principal	Glass fibre Asbestos	None	Oil-modified asphalt and synthetic resins, cross-linked polyester resins, epoxy resins. (Under severe mechanical stress, materials above may prove to be inadequate, and unmodified phenolic resins may be needed) Those listed in higher temperature classes
		Varnished glass fibre textile Varnished asbestos	Oil-modified synthetic resin varnishes	
		Built-up mica (with or without supporting materials)	Shellac, asphalt or bituminous compounds Oil-modified synthetic resins Alkyd resins Cross-linked polyester resins Epoxy resins	
		Glass fibre laminates Asbestos laminates Mouldings with mineral fillers	Melamine-formaldehyde resins Phenol-formaldehyde resins	
	Subsidiary	Mouldings with mineral fillers	Cross-linked polyester resins	Those listed above, in this class, and those listed in higher temperature classes
		Polymono-chlorotrifluoroethylene	None	

* Bonding and impregnating substances may often be limited by factors other than thermal stability, such as mechanical properties at operating temperatures. For example, some epoxy and polyester resins under severe mechanical stress may be limited to Class A temperature.

1	2	3	4	5
Classe			Matières d'agglomération d'impregnation ou de revêtement entrant dans la fabrication de la matière de la colonne 3	Matières d'impregnation* qui peuvent être utilisées dans le traitement de l'ensemble isolé
F	Principales	Matière isolante —	—	—
	Subsidiaries	Fibre de verre Amiante	Neant	Resines alkyde, epoxyde, polyesters a chaines trans- versales et polyurethane ayant une stabilite ther- mique elevee Resines silicone-alkyde et silicone phenol Matières mentionnees dans une classe de tempe- rature plus elevee
		Tissu de verre impregne Amiante impregne Mica agglomeré (seul ou avec support)	Resines alkyde, epoxyde, polyesters a chaines trans- versales et polyurethane ayant une stabilite ther- mique elevee Resines silicone-alkyde	

* Les substances d'agglomération ou d'impregnation peuvent être limitées par des facteurs autres que la stabilité thermique, telles que les propriétés mécaniques aux températures de fonctionnement. Par exemple, quelques résines époxydes et polyesters sous des contraintes mécaniques importantes peuvent être limitées aux températures de la classe A.