

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
61624**

Première édition
First edition
1997-04

**Guide pour le développement de listes
des températures maximales autorisées
concernant les composés polymères
utilisés dans le matériel électrotechnique**

**Guidance on the development of lists
of maximum allowable temperatures
for polymeric compounds used
in electrotechnical equipment**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61624: 1997

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2**

**TECHNICAL
REPORT – TYPE 2**

**CEI
IEC**

61624

Première édition
First edition
1997-04

**Guide pour le développement de listes
des températures maximales autorisées
concernant les composés polymères
utilisés dans le matériel électrotechnique**

**Guidance on the development of lists
of maximum allowable temperatures
for polymeric compounds used
in electrotechnical equipment**

© IEC 1997 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Eléments généraux.....	10
5 Listes	18
6 Considérations sur les listes des «Températures maximales autorisées pour les composés polymères soumis à des conditions anormales de fonctionnement».....	24
Annexes	
A Indication de la gamme disponible des composés thermoplastiques basés sur la polymérisation du propylène comme seul monomère ou comme monomère principal	26
B Système de désignation pour les thermoplastiques	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 General discussion	11
5 Lists	19
6 Consideration of lists for "Maximum allowable temperatures for polymeric compounds under abnormal operating conditions"	25
Annexes	
A Indication of the available range of thermoplastic compounds based on the polymerization of propylene as the only or main monomer	27
B Designation system for thermoplastics	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LISTES DES TEMPÉRATURES MAXIMALES AUTORISÉES CONCERNANT LES COMPOSÉS POLYMÈRES UTILISÉS DANS LE MATÉRIEL ÉLECTROTECHNIQUE

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de type 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 61624, rapport technique du type 2, a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes de test, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDANCE ON THE DEVELOPMENT OF LISTS
OF MAXIMUM ALLOWABLE TEMPERATURES
FOR POLYMERIC COMPOUNDS
USED IN ELECTROTECHNICAL EQUIPMENT**

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example “state of the art”.

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 61624, which is a technical report of type 2, has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
15E/4/CDV	15E/20A/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des composés polymères, car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

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

Committee draft	Report on voting
15E/4/CDV	15E/20A/RVC

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.4.2.2 of Part 1 of the IEC/ISO Directives) as a “prospective standard for provisional application” in the field of polymeric compounds because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an “International Standard”. It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

Annexes A and B are for information only.

GUIDE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LISTES DES TEMPÉRATURES MAXIMALES AUTORISÉES CONCERNANT LES COMPOSÉS POLYMÈRES UTILISÉS DANS LE MATÉRIEL ÉLECTROTECHNIQUE

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique donne des orientations aux comités d'études désirant développer des listes de températures maximales autorisées pour les composés polymères soumis à des conditions normales et anormales de fonctionnement.

Il traite les points suivants et fait des recommandations:

- a) les facteurs influençant le choix d'une méthode appropriée pour décrire les composés polymères, en gardant en mémoire les formulations complexes de beaucoup de composés et la très grande variété des propriétés résultantes (voir 5.1);
- b) les facteurs influençant le choix des données à inclure dans les listes des températures maximales autorisées relatives aux composés polymères soumis à des conditions normales de fonctionnement (voir 5.2 et 5.3);
- c) les listes de températures maximales autorisées des composés polymères soumis à des conditions anormales de fonctionnement (voir article 6).

Dans ce rapport, on utilise le terme «température» même si l'on sait qu'il est de coutume d'utiliser pour des raisons pratiques le terme «élévation de température». On peut passer de l'un à l'autre en donnant un point de référence approprié, par exemple 25 °C.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60216, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques* (en cours de révision)

CEI 60335-1: 1991, *Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 60695-2-1/0: 1994, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 1/feuille 0: Méthode d'essai au fil incandescent – Généralités*

CEI 60695-2-1/1: 1994, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 1/feuille 1: Essai au fil incandescent sur produits finis et guide*

CEI 60695-2-1/2: 1994, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 1/feuille 2: Essai d'inflammabilité au fil incandescent sur matériaux*

CEI 60707: 1981, *Méthodes d'essai pour évaluer l'inflammabilité des matériaux isolants électriques solides soumis à une source d'allumage*

ISO 75-2: 1993, *Plastiques – Détermination de la température de fléchissement sous charge – Partie 2: Plastiques et ébonites*

ISO 178: 1993, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

GUIDANCE ON THE DEVELOPMENT OF LISTS OF MAXIMUM ALLOWABLE TEMPERATURES FOR POLYMERIC COMPOUNDS USED IN ELECTROTECHNICAL EQUIPMENT

1 Scope

This technical report gives guidance to technical committees wishing to develop lists of maximum allowable temperatures for polymeric compounds under normal and abnormal operating conditions.

It discusses and makes recommendations concerning:

- a) the factors which influence the choice of an appropriate method of describing polymeric compounds, bearing in mind the complex recipes of many compounds and the resulting wide ranging properties (see 5.1);
- b) the factors which influence the selection of data for inclusion in lists of maximum allowable temperatures for polymeric compounds under normal operating conditions (see 5.2 and 5.3);
- c) lists for the maximum allowable temperatures for polymeric compounds under abnormal operating conditions (see clause 6).

In this report the term "temperature" is used, although it is realized that it is customary to use "temperature rise" for practical reasons. One may be converted into the other, given an appropriate reference point, e.g. 25 °C.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this technical report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60216, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials* (being revised)

IEC 60335-1: 1991, *Safety of household and similar electrical appliances – Part 1: General requirements*

IEC 60695-2-1/0: 1994, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 1/sheet 0: Glow-wire test methods – General*

IEC 60695-2-1/1: 1994, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 1/sheet 1: Glow-wire end-product test and guidance*

IEC 60695-2-1/2: 1994, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 1/sheet 2: Glow-wire flammability test on materials*

IEC 60707: 1981, *Methods of test for the determination of the flammability of solid electrical insulating materials when exposed to an igniting source*

ISO 75-2: 1993, *Plastics – Determination of temperature of deflection under load – Part 2: Plastics and ebonite*

ISO 178: 1993, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 527-1: 1993, *Plastiques – Détermination des propriétés en traction – Partie 1: Principes généraux*

ISO 3673-1: 1980, *Plastiques – Résines époxydes – Partie 1: Désignation*

ISO 7391-1: 1987, *Plastiques – Matériaux polycarbonates pour moulage et extrusion – Partie 1: Désignation*

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 température maximale autorisée pour les composés polymères soumis à des conditions normales de fonctionnement: Température maximale autorisée relative à un composé polymère particulier pour une utilisation en sécurité dans une application électrotechnique générale quand il est utilisé dans des conditions normales de fonctionnement.

3.2 conditions normales: Conditions thermiques les plus sévères, attendues sur une longue durée, pendant laquelle le matériel fonctionne conformément à l'utilisation envisagée.

3.3 conditions anormales: Conditions thermiques à court terme correspondant à une sévérité excédant de manière significative celle trouvée pour des conditions normales, survenant lors de défauts et/ou d'excès attendus de courte durée.

NOTE – Des conditions anormales peuvent exister pendant des périodes comprises entre quelques secondes et 10 h, survenant à l'occasion d'un fonctionnement sans surveillance (voir article 6).

3.4 longue durée: Période de temps de même durée que la durée de vie supposée du matériel en fonctionnement, par exemple pour des applications domestiques, comprise entre 50 h et 8 000 h.

3.5 courte durée: Période de temps nettement inférieure à la durée de vie supposée du matériel en fonctionnement.

3.6 applications électrotechniques générales: Utilisation d'un produit électrotechnique dans un environnement pour lequel le type dominant de dégradation à long terme du produit est le résultat de réactions chimiques activées thermiquement.

4 Eléments généraux

4.1 Rappel

Le monde de l'industrie des plastiques fabrique plus d'un million de composés polymères différents, dont beaucoup trouvent leur utilisation dans les matériels électrotechniques sous forme de constituants moulés, coulés ou usinés.

La gamme et l'étendue des conditions température/temps d'exposition pour laquelle ces constituants peuvent être utilisés sont fonction des niveaux des caractéristiques qui ont été retenus pour un stockage, un transport et une utilisation en sécurité. Les caractéristiques de ces types de matériaux varient selon la durée et la température avec une rapidité de variation également fonction de la température. Les différentes caractéristiques peuvent changer à des rythmes différents. Fréquemment le mode d'utilisation et les conditions locales d'environnement conduisent également à des contraintes supplémentaires ayant un effet sur la durée de vie utile des matériaux/des pièces.

Un certain nombre de comités de la CEI ont utilisé des listes normatives de températures maximales autorisées pour les constituants des matériaux isolants soumis à un fonctionnement normal pendant plusieurs années avec succès et en toute sécurité. Cependant, ces listes consistaient en données relatives à des produits manufacturés destinées à d'autres normes de la CEI donnant des conditions limitatives d'utilisation, ou en constituants issus de systèmes d'isolation reconnus et ayant fait leurs preuves, par exemple les bobinages de moteurs ou les matériaux isolants de type thermodurcissable. Les matériaux isolants thermoplastiques étaient spécifiquement exclus de ces listes.

ISO 527-1: 1993, *Plastics – Determination of tensile properties – Part 1: General principles*

ISO 3673-1:1980, *Plastics – Epoxide resins – Part 1: Designation*

ISO 7391-1:1987, *Plastics – Polycarbonate moulding and extrusion materials – Part 1: Designation.*

3 Definitions

For the purpose of this technical report, the following definitions apply.

3.1 maximum allowable temperature for polymeric compounds under normal operating conditions: The maximum allowable temperature for a specific polymeric compound for safe use in a general electrotechnical application when used under normal operating conditions.

3.2 normal conditions: Expected most severe thermal conditions that may exist over the long term under which the equipment operates according to its intended use.

3.3 abnormal conditions: Short-term thermal conditions, with a severity significantly exceeding that found under normal conditions, arising from faults and/or expected short-term abuse.

NOTE – Abnormal conditions may exist for periods ranging from a few seconds to 10 h during unattended operation (see clause 6).

3.4 long term: A period of time of the same magnitude as the expected operational life of the equipment, for example for household appliances, in the range 50 h to 8 000 h.

3.5 short term: A period of time that is much less than the expected operational life of the equipment.

3.6 general electrotechnical applications: Use of an electrotechnical product in an environment, where the predominant type of long-term degradation of the product is the result of thermally activated chemical reactions.

4 General discussion

4.1 Background

The plastics industry worldwide manufactures upwards of one million different polymeric compounds, many of which find use in electrotechnical equipment as moulded, cast or machined parts.

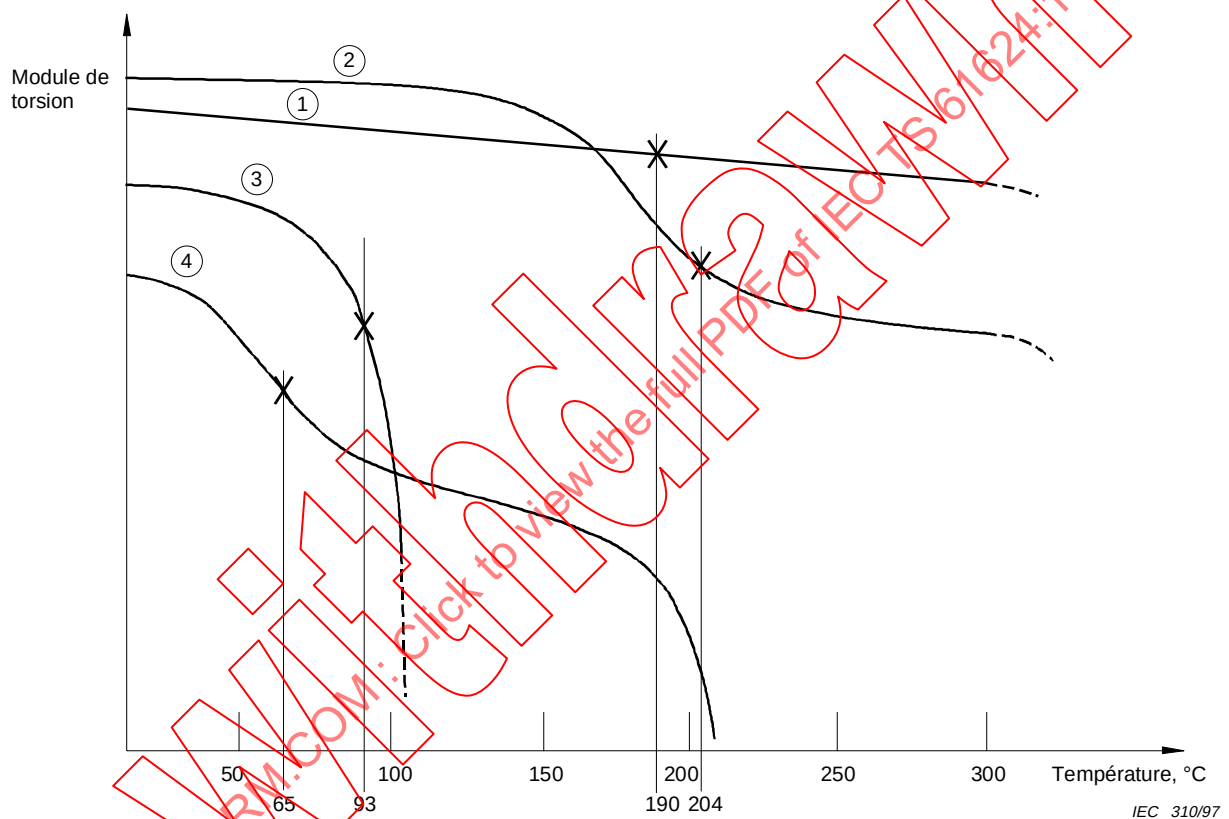
The range and magnitude of temperature/time exposure over which these parts may be used are dependent upon the property levels that have to be retained for safe storage, handling and use. The properties of these types of materials change with time and temperature with the rate of change also being dependent on temperature. The different properties may change at different rates. Frequently the mode of use and the local environmental conditions also lead to additional stresses which have an effect on the useful life of the materials/parts.

A number of IEC committees have used normative lists of maximum allowable temperatures for parts made of insulating materials under normal operation for many years with apparent success and safety. However, these lists consisted of data for either products manufactured to other IEC standards which gave limiting conditions of use, or parts based on recognized and proven insulation systems, for example motor windings, or insulating materials of the thermosetting type. Thermoplastic insulating materials were specifically excluded from these lists.

Des pièces réalisées en matériaux thermoplastiques étaient nécessaires pour pouvoir être testées séparément avec des exigences fondées sur les températures réelles qui avaient été mesurées pendant un fonctionnement normal et anormal.

La question est maintenant de savoir si ces listes peuvent être étendues sans risque pour inclure les matériaux thermoplastiques, ainsi qu'un choix plus large de types de thermodurcissables.

Afin d'essayer de répondre à cette question et de donner une orientation, une première exigence est de reconnaître les principales différences entre les thermodurcissables et les polymères thermoplastiques. Les thermoplastiques peuvent être ramollis par l'action de la chaleur de manière réversible (figure 1) et peuvent être plus affectés par des conditions d'environnement courantes et quotidiennement normales que les matériaux de type thermodurcissable. Ceux-ci, une fois mis en forme en tant qu'entité réticulée, ne peuvent pas être fondus et résistent à plusieurs catégories d'environnement chimiques et courants.



- 1 Résine phénolique thermodurcissable avec charge minérale
- 2 Résine epoxy novolac thermodurcissable avec charge minérale
- 3 PMMA. Polyméthacrylate de méthyle
- 4 Polyamide 6

NOTE – DTUL (température de fléchissement sous charge) indiqué par "X" sur les courbes.

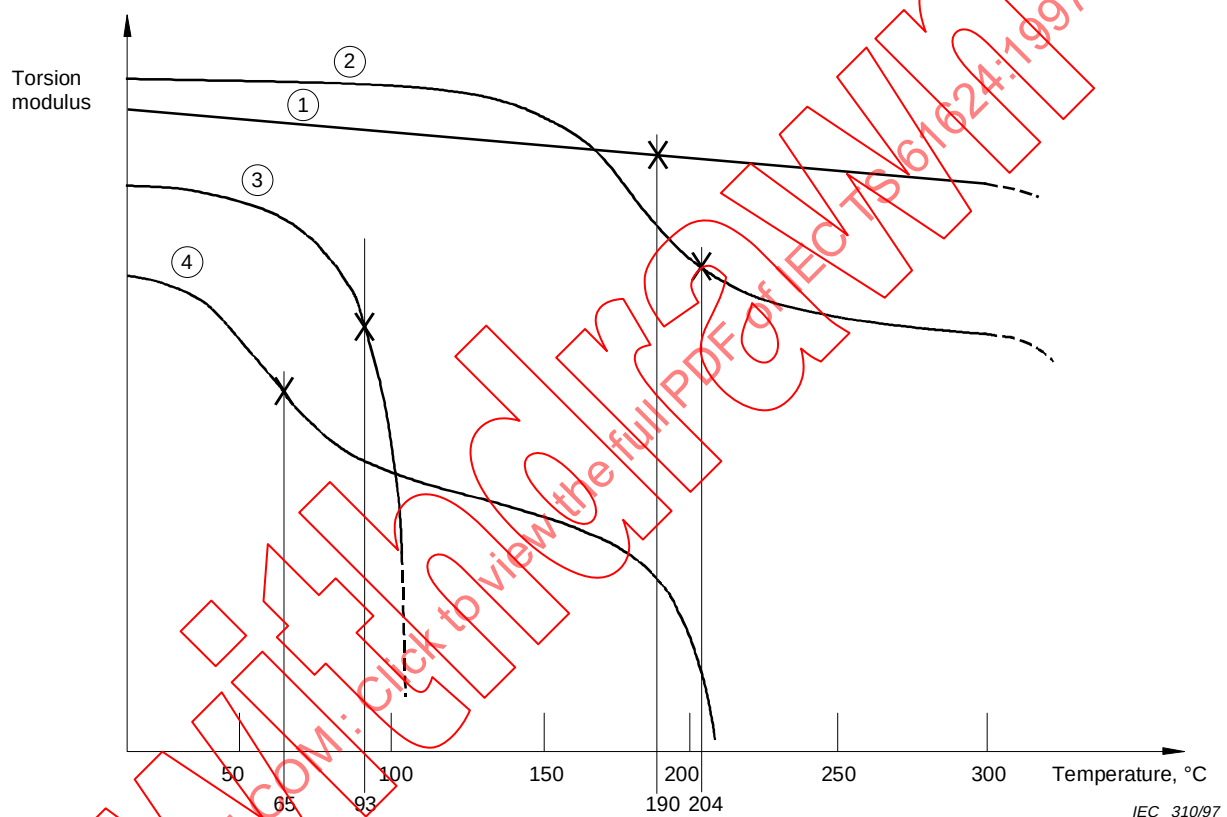
Figure 1 – Module de déchirement dynamique (torsion) en fonction de la température pour des thermodurcissables et des thermoplastiques, montrant la température de fléchissement sous charge pour 264 p.s.i. (encyclopédie moderne des plastiques) [1]

[1] Modern Plastics encyclopedia, McGraw-Hill, 1983-1984, p. 405

Parts made from thermoplastic materials were required to be tested separately with requirements being based on actual temperatures that had been measured during normal and abnormal operation.

The question has now to be asked whether these lists can be safely extended to include thermoplastic materials as well as a wider selection of thermosetting types.

In order to attempt an answer to this question and give guidance, a first requirement is to recognize the major differences between thermosetting and thermoplastic polymers. Thermoplastics can be softened by the action of heat in a reversible manner (figure 1) and can be more deleteriously affected by common everyday materials than thermosetting types. These, when once formed as cross-linked entities, cannot be melted and are resistant to exposure to many classes of chemicals and everyday environments.



- 1 Mineral filled phenolic thermoset resin
- 2 Mineral filled epoxy novolac thermoset resin
- 3 PMMA: Polymethylmethacrylate
- 4 Polyamide 6

NOTE – DTUL (deflection temperature under load) indicated by "X" on curves.

Figure 1 – Dynamic shear (torsion) modulus versus temperature for representative thermosets and thermoplastics, showing deflection temperature under load at 264 p.s.i. (Modern plastics encyclopaedia) [1]

[1] Modern plastics encyclopedia, McGraw-Hill, 1983-1984, p. 405.

Une conséquence naturelle de cette tenue est que, pour des conditions imprévues d'échauffement ou pour des expositions imprévues à des environnements nuisibles aux matériaux contenus dans un matériel, les pièces en thermoplastique peuvent vraisemblablement présenter plus de risques que les constituants de type thermodurcissable. C'est probablement la raison principale pour laquelle des températures spécifiques prévues pour des matériaux thermoplastiques ont été exclues des listes de la CEI 60335-1.

Par conséquent, il est suggéré

- a) que les listes actuelles soient allongées pour inclure une plus grande variété de polymères thermodurcissables,
- b) qu'une analyse plus fine des difficultés couvrant l'inclusion des types thermoplastiques soit réalisée.

4.2 Thermoplastiques

4.2.1 Matériaux

Ces matériaux sont habituellement fabriqués à des températures élevées pour lesquelles la viscosité est abaissée à une valeur appropriée au processus de mise en forme. Une grande variété d'additifs incluant d'autres polymères peuvent être ajoutés pendant ce processus pour adapter les propriétés du produit résultant aux exigences de l'application. Beaucoup de polymères de base sont relativement instables à des températures moyennement élevées et la partie du processus de transformation consiste habituellement à incorporer des stabilisants pour donner le degré d'endurance thermique nécessaire aux applications visées.

Comme les matériaux peuvent être de nouveau ramollis, différents cycles de retraitement et de recyclage sont réalisés, y compris la réutilisation de polymères issus de produits en fin de vie, après des actions de tri et de broyage pouvant modifier les propriétés de manière significative.

Les copolymères, les ter-polymères, les mélanges de polymères et les alliages de polymères sont tous utilisés en vue de réaliser des gammes de propriétés commercialement attractives et d'améliorer le rapport qualité/prix mais, pour ce qui concerne ce rapport, tous ajoutent à la complexité de désigner de manière adéquate et d'une façon générique un produit.

Par exemple on donne à l'annexe A une indication de la grande variété des composés à base de propylène comme monomère principal, qui sont disponibles chez un seul fabricant de polymère. On peut voir que la plage des contraintes de fléchissement en traction (ISO 527-1, 50 mm/min) est comprise entre 15 MPa et 101 MPa, avec les valeurs correspondant au module de flexion (ISO 178, 10 mm/min.) comprise entre 0,95 GPa et 7,6 GPa et une température de fléchissement sous charge (ISO 75-2 méthodes A et B, 1,8 MPa et 0,45 MPa) comprise entre 51 °C/93 °C et 153 °C/160 °C. Quelque 12 composés d'intérêt général différents sont fabriqués pour le marché des applications domestiques, s'ajoutant à beaucoup d'autres variétés pour des applications particulières. Ces matériaux auront des températures autorisées maximales très largement différentes pour des conditions de fonctionnement normales.

4.2.2 Caractéristiques des polymères

Les fabricants de polymères thermoplastiques et les fournisseurs de polymères sont tenus de donner des informations sur les propriétés de leurs produits pour aider les concepteurs de matériel, et collaborent fréquemment au développement «d'applications spécifiques» de leurs propriétés, mais ils ne donnent aucune garantie concernant la sécurité car les demandes des concepteurs varient largement. Ces fournisseurs affirment que les fabricants de matériel sont tenus de prendre cette responsabilité. En agissant ainsi, les fabricants de matériel fixent des limites particulières aux conditions et au mode de stockage, de transport et d'utilisation.

Certains fabricants de polymère évaluent les propriétés des matériaux polymères correspondant à des grades spécifiques, en tenant compte de l'effet des contraintes thermiques à long terme conformément à la CEI 60216, en utilisant le critère de fin de vie

A natural consequence of this behaviour is that under conditions of unforeseen overheating or of unforeseen exposure to deleterious environmental materials in an equipment, thermoplastic parts are likely to present much more of a hazard than parts made from thermosetting types. It is suspected that this factor is the main reason why specific temperatures for thermoplastic materials were excluded from the lists in IEC 60335-1.

Therefore, it is suggested that

- a) the present lists should be extendible to include a wider range of thermosetting polymers, and
- b) a more detailed analysis of the difficulties surrounding the inclusion of thermoplastic types should be made.

4.2 *Thermoplastics*

4.2.1 *Materials*

These materials are usually fabricated at elevated temperatures where the viscosity has fallen to a value appropriate to the shaping process. A wide range of additives including other polymers, may be added during that process to tailor the properties of the resulting product to the requirements of the application. Many of the basic polymers are relatively unstable under mildly elevated temperatures and part of the compounding process is usually to incorporate stabilizers to give the degree of thermal endurance required in perceived applications.

As the materials can be re-softened, various cycles of reworking and re-cycling are practised, including the re-use of polymer from end-of-life products after sorting and regrinding operations which may change the properties in a significant manner.

Copolymers, ter-polymers, mixtures of polymers and polymeric alloys are all used in the quest to realize commercially attractive portfolios of properties and improve the price/property ratio, but from the aspect of this report, all add to the complexity of adequately designating a product in a generic manner.

For example, an indication of the wide range of compounds, based on propylene as the main monomer, that are available from one polymer manufacturer is given in annex A. It can be seen that the tensile yield stress (ISO 527-1, 50 mm/min) ranges from 15 MPa to 101 MPa, with corresponding figures for flexural modulus (ISO 178, 10 mm/min) being 0,95 GPa to 7,6 GPa and temperature of deflection under load (ISO 75-2, methods A and B, 1,8 MPa and 0,45 MPa) of 51 °C/93 °C to 153 °C/160 °C. Some 12 different general purpose compounds are made for the domestic appliance market in addition to many specific application grades. These materials will have widely different maximum allowable temperatures under normal operating conditions.

4.2.2 *Polymer property data*

Manufacturers of thermoplastic polymers and polymer suppliers do give advice on the properties of their products to aid designers of equipment and frequently collaborate to develop "application specific" compounds but they do not give any guarantee of safe performance because the demands of designers vary widely. They argue that the manufacturers of equipment have to take that responsibility. In doing so manufacturers of equipment lay down specific limits to the conditions and manner of storage, shipping and use.

Some polymer manufacturers assess the properties of specific grades of polymeric materials with respect to the effect of long-term thermal stresses according to IEC 60216, using stereo-typed end-point criteria, e.g. 50 % retention of tensile strength, and/or impact strength and/or

stéréotype, par exemple 50 % de réduction de la résistance en traction, et/ou de résistance aux impacts, et/ou de tension de claquage. Ces données sont fréquemment contenues dans des brochures commerciales, mais ne peuvent être appliquées à la spécification particulière ou en fin de vie.

Cependant le protocole de la CEI 60216 a été délibérément conçu pour être un système de base simple, destiné à permettre d'obtenir des données comparatives sur les matériaux. Les essais sont réalisés sur des échantillons, sans contrainte additionnelle et l'environnement est l'atmosphère de laboratoire dans un four à l'abri de la lumière, c'est-à-dire sans simulation de l'utilisation dans un matériel, alors que des contraintes additionnelles existent, à la fois à la mise en place et en fonctionnement.

Dès lors, l'indice de température (IT) déduit selon la CEI 60216 ne peut pas être utilisé pour indiquer la température de travail maximale en sécurité pour un composé polymère, en raison de l'absence de liaison spécifique entre le critère de point final choisi et les nécessités du constituant en service. En outre, des problèmes de compatibilité avec les matériaux adjacents et l'environnement de travail ne sont pas abordés.

D'autres fabricants de polymère évaluent les propriétés de polymère ayant un grade spécifique en fonction de la température maximale d'utilisation par des procédures d'évaluation comparative utilisant des matériaux de référence aux performances connues pour certains types d'applications. Les essais relatifs effectués sur le matériau candidat et le matériau de référence sont réalisés en utilisant des procédures de vieillissement similaires à celles de la CEI 60216, mais le compte rendu des résultats est basé sur la performance du matériau de référence en service, modifiée par la tenue relative des deux matériaux aux essais de vieillissement. Des essais additionnels à court terme sont réalisés pour exposer n'importe quelle faiblesse induite des matériaux candidats pour une gamme globale de propriétés.

Cependant, même si ces facteurs additionnels sont pris en compte, la donnée résultante est utilisée uniquement comme guide. Les essais de performances à long terme sont encore réalisés sur des sous-ensembles ou sur des matériels complets.

Alors que les fabricants de matériel reçoivent des conseils de la part de fabricants de polymère, ceux-ci effectuent leurs propres séries d'essais à long terme en utilisant à la fois des dispositifs fonctionnels, des sous-ensembles et des matériels complets comme constituant du processus de développement et pour s'assurer de la performance adéquate, en sécurité et à long terme, de leurs produits.

4.3 Résumé

Il a été constaté que:

- a) la CEI 60335-1 exclut spécifiquement toutes les limites normatives pour les températures maximales autorisées des polymères thermoplastiques soumis à des conditions normales de fonctionnement, nécessitant un remplacement des essais spécifiques sur le matériel;
- b) les fabricants de thermoplastiques et polymères thermodurcissables ne garantissent aucune limitation inférieure ou supérieure de la température de fonctionnement en sécurité pour leurs produits car celles-ci sont très dépendantes des exigences de conception;
- c) il n'existe pas de protocole connu et accepté dans le domaine des normes internationales qui, en tant que résultats d'essais, donnerait une valeur normative pour la température maximale autorisée, dans des conditions normales de fonctionnement, ou pour des polymères thermoplastiques. Les protocoles d'essai existants sont uniquement utilisés comme guides;
- d) la différence de température entre les températures maximales de travail en sécurité et la température pour laquelle les propriétés commencent à chuter rapidement est beaucoup plus petite pour les matériaux thermoplastiques que pour ceux des types thermodurcissables, en raison de la différence fondamentale dans la forme des courbes des propriétés par rapport à la température (voir figure 1);
- e) les matériaux communément disponibles à base de thermoplastiques sont plus affectés que ceux à base de types thermodurcissables.

breakdown voltage. These data are frequently included in sales brochures but may not be applicable to the specific application or end-use.

However, the IEC 60216 protocol was deliberately designed to be a simple, basic system to enable comparative data on materials to be obtained. The tests are made on specimens with no additional stressing and the environment is laboratory air in a darkened oven, i.e. it does not simulate use in an equipment where, whilst both standing and in operation, additional stresses are present.

Thus the temperature index (TI), derived according to IEC 60216 cannot be used to indicate the maximum safe working temperature for a polymeric compound, because of the lack of any specific relationship between the chosen end-point criteria and the needs of the part in service. Furthermore, problems of compatibility with adjacent materials and the working environment are not addressed.

Other polymer manufacturers assess the properties of specific grades of polymer with respect to the maximum use temperature by comparative assessment procedures utilizing reference materials of known performance in certain types of application. Relative tests on the candidate material and the reference material are made using similar ageing procedures to those of IEC 60216, but the reported result is based on the performance of the reference material in service, modified by the relative behaviour of the two materials in the ageing tests. Additional short-term tests are made to expose any undue weaknesses in the candidate material's overall property portfolio.

However, even when these additional factors are taken into account, the resulting data is used only for guidance. Long-term performance tests are still made on sub-assemblies or complete equipments.

Whilst equipment manufacturers receive advice from polymer manufacturers, they make their own series of long-term tests using both functional devices, sub-assemblies and complete equipments as part of the development process and to ensure adequate safe long-term performance of their products.

4.3 Summary

It has been seen that:

- a) IEC 60335-1 specifically excludes any normative limits for the maximum allowable temperature of thermoplastic polymers under normal operating conditions, requiring specific equipment tests instead;
- b) manufacturers of thermoplastic and thermosetting polymers do not guarantee any lower or upper limiting safe working temperatures for their products because these temperatures are very dependent on the requirements of the design;
- c) there is no known accepted protocol in the field of international standards which, as a result of tests, would give a normative figure for the maximum allowable temperature under normal operating conditions of thermoplastic polymers. Existing test protocols are used as guidance only;
- d) the temperature difference between the maximum safe working temperatures and the temperature where the properties start to fall off rapidly is much smaller for thermoplastic materials than thermosetting types because of the fundamental difference in the shape of the various property/temperature curves (see figure 1);
- e) thermoplastics are more affected by commonly available materials than thermosetting types.

Sur la base des arguments présentés:

1) Il n'est pas recommandé de donner un statut aux listes des températures maximales autorisées relatives aux composés polymères, en particulier les composés thermoplastiques, utilisés dans des conditions normales de fonctionnement, car une telle recommandation impliquerait que les pièces, réalisées avec tous les matériaux correspondant à la désignation et ayant été trouvées satisfaisantes pour le court terme, donneraient des performances en sécurité pour le long terme, dans des conditions normales, pour des applications générales, et pour des températures allant jusqu'au maximum indiqué sur les listes.

Il est reconnu qu'un choix judicieux des températures listées ainsi qu'un responsable de la conception des pièces associé à l'utilisation de grades reconnus de polymère conduiraient plus vraisemblablement à une tenue sûre et permettraient aux listes d'être normatives. Cependant, des problèmes de relation complexe entre type de composé polymère et propriétés, le mauvais choix occasionnel ainsi que la mauvaise utilisation de matériaux et les tentatives de réduction des coûts des objets conduisant à des marges réduites de sécurité apparaîtraient pour rendre impossible leur adoption.

Une approche puriste nécessiterait que toutes les listes soient informatives, mais en pratique, une vue plus équilibrée peut être possible sans risquer les niveaux de sécurité. Il est ressenti que la marge de sécurité résultant de l'utilisation de listes normatives développées de manière responsable pourrait être adaptée aux produits électrotechniques destinés aux faibles puissances et aux courants faibles, mais cela tendrait vers une inadéquation au fur et à mesure que les niveaux de puissance et d'énergie augmenteraient.

Il est par conséquent recommandé que les comités de produit, avec leur meilleure connaissance de leur gamme de produits et des conditions d'utilisation, spécifient s'il convient qu'une quelconque liste concernant des composés génériques soit proposée comme normative ou informative.

2) On pourrait donner une deuxième liste illustrant quelles températures de fonctionnement ont été réalisées de façon sûre avec des composés spécifiques satisfaisant à la désignation des matériaux listés.

Il faut reconnaître que dans l'éventualité de l'existence d'une liste, car une grande variété de composés a été développée à partir de la plupart des polymères d'origine générique, un système compréhensible de désignation sera nécessaire pour les différencier de manière adéquate et sûre, et également afin de couvrir l'utilisation de matériaux retraités et recyclés.

5 Listes

La présentation recommandée pour toutes les listes est donnée au tableau 1.

On the basis of the arguments that have been presented:

1) It is not recommended that lists of maximum allowable temperatures for polymeric compounds, especially thermoplastic compounds, used under normal operating conditions should be given normative status because such a recommendation would imply that parts, made of all of the materials falling within the designation and having been shown to be satisfactory in the short term, would give safe performance over the long term under normal conditions in general applications at temperatures up to the listed maximum.

It is acknowledged that careful selection of the listed temperatures, responsible design of parts coupled with the use of recognized grades of polymer would most likely result in safe behaviour and allow the lists to be normative. However, problems of the complex relationship between polymeric compound type and properties, the occasional ill-chosen selection and use of material and attempts to reduce the cost of items giving reduced safety margins would appear to preclude their adoption.

A purist approach would require all lists to be informative, but practically, a more balanced view may be possible without risking safety levels. It is perceived that the margin of safety resulting from the use of responsibly developed normative lists could be adequate for low power, low force electrotechnical products but may tend towards inadequacy as the levels of power and energy are increased.

It is therefore recommended that product committees, with their superior knowledge of their product range and conditions of usage, specify whether any list relating to generic compounds should be normative or informative.

2) A second list should be given showing what operational temperatures had been safely achieved with specific compounds conforming with the listed material designation.

It must be recognized that in the event of a list being developed, because vast ranges of compounds have been developed from most of the generically based polymers, a comprehensive system of designation will be required to differentiate these adequately in a safe manner and also to cover the use of reworked and recycled materials.

5 Lists

The recommended layout for any lists is given in table 1.

Tableau 1 – Présentation recommandée pour les listes

(Colonne 1)

(Colonne 2)

(Colonne 3)

Désignation du matériau	Température maximale autorisée des composés polymères dans des conditions normales de fonctionnement ¹⁾ °C	Performances réalisées pour des composés spécifiques du commerce, utilisés dans les matériels soumis à des conditions normales et satisfaisant à la désignation ¹⁾ °C

1) En rédigeant cette colonne 1, il a été supposé:

- a) qu'il n'y avait pas de critères géométriques ou mécaniques extrêmes qui pourraient avoir des effets significatifs sur la performance à long terme, par exemple finesse du matériau, forte contrainte mécanique, vibrations, fatigue, fêlures;
- b) qu'il n'y avait pas de matériaux néfastes à l'environnement, par exemple un excès d'oxygène, d'ozone, d'autres gaz, un excès d'humidité ou de moisissure, d'huiles, de réfrigérants, de solvants, de produits alimentaires, de détergents, d'acides, de bases, d'oxydants, de réducteurs, de catalyseurs;
- c) qu'il n'y avait pas de rayonnement particulier et néfaste à l'environnement, par exemple des ondes micrométriques, des infrarouges, une lumière intense, des rayons UV, des rayons X, des rayons gamma, des particules à haute énergie;
- d) qu'il n'y avait pas de facteurs particuliers biologiques néfastes.

Les paragraphes suivants font des recommandations spécifiques sur le sommaire et la structure des articles associée aux listes.

5.1 *Choix des données pour une inclusion dans la colonne 1 intitulée «Désignation du matériau»*

L'objet de n'importe quelle liste proposée serait de publier un guide comme celui de la température maximale de travail en sécurité d'un type spécifique de composé polymère dans lequel le véritable nom des fabricants de polymères et/ou la désignation commerciale pourrait ne pas être publié.

La désignation devrait être suffisamment détaillée pour qu'un composé quelconque correspondant à la catégorie satisfasse à la performance indiquée. Les articles précédents ont indiqué la nécessité d'un système de désignation détaillée, mais un équilibre pourrait être trouvé (plus la liste sera conservatrice, moins la désignation devra être détaillée) mais cela comporterait vraisemblablement l'inconvénient d'un niveau limité d'utilité.

Il faut admettre que la formulation des composés polymères est une science très subtile: des composés ajoutés pour améliorer une propriété peuvent facilement donner des effets secondaires non désirés et influencer d'autres propriétés. Les composés d'une formulation polymère peuvent contenir en plus de la base générique homo/co/terpolymère, des polymères additionnels tels que des mélanges ou des alliages, des stabilisants de température, des matériaux de remplissage, des agents de durcissement, des agents nucléants, des agents de cuisson, des plastifiants monomériques/polymériques, des pigments, des retardants de flamme et de feu, etc.

Il serait également nécessaire de prendre en compte les fréquentes différences de niveaux d'additifs et la valeur des propriétés distinguant les nouveaux matériaux, les matériaux retraités et recyclés.

Table 1 – Recommended layout for lists

(Column 1)	(Column 2)	(Column 3)
Material designation	Maximum allowable temperature for polymeric compound under normal operating conditions ¹⁾ °C	Realized performance for specific commercial compounds, used in equipment under normal conditions, and complying with the designation ¹⁾ °C
1) In drafting table 1, it has been assumed that: a) there are no extreme geometric or mechanical factors that might have significant effects on the long-term performance e.g. material thinness, high mechanical stress, vibration, fatigue, creep; b) there are no deleterious environmental materials e.g. excess oxygen, ozone or other gases, excess water or moisture, oils, refrigerants, solvents, food substances, detergents, acids, bases, oxidants, reducers, catalysts; c) there are no deleterious special environmental radiations e.g. microwaves, IR, intense light, U-rays, X-rays, gamma rays, high energy particles; d) there are no deleterious special biological factors.		

The following subclauses make specific recommendations on the content and structure of clauses associated with lists.

5.1 Selection of data for inclusion under column 1 headed "Material designation"

The object of any proposed list would be to publish guidance as to the maximum safe working temperature of a specific type of polymeric compound where the actual manufacturers' name/commercial polymer designation could not be published.

The designation would need to be sufficiently comprehensive such that any compound falling into the category would meet the indicated performance. The foregoing clauses have shown a need for a comprehensive designation system, but a balance could be expected – the more conservative the list, the less comprehensive the designation required – although presumably this would carry the penalty of a reduced degree of usefulness.

It has to be recognized that the formulation of polymeric compounds is a highly skilled science: components that are included to improve one property can easily give unwanted side-effects and influence other properties. The components of a polymeric formulation can include in addition to the generic base homo/co/terpolymer, additional polymers as mixtures or alloys, heat stabilizers, fillers, reinforcing agents, nucleating agents, curing agents, monomeric/polymeric plasticizers, pigments, flame/fire retardants, etc.

Account would also need to be taken of the frequent differences in additive levels and property values between new material, re-worked material and recycled material.

Il peut se faire que la CEI ait publié des systèmes de désignation et des spécifications pour certains des matériaux (si c'est le cas il convient de faire particulièrement attention à l'utilisation de ces systèmes). Il a déjà été publié une série de spécifications pour la gamme des matériaux isolants, mais, à ce jour, aucune norme n'a été publiée sur les composés polymères moulés. Des systèmes de désignation et de classification ont été publiés par l'ISO, par exemple l'ISO 7391-1, l'ISO 3673-1, etc., mais il y a peu de tableaux de correspondance sur des spécifications ou leurs exigences. Néanmoins le système ISO de désignation et de classification des polymères apparaît complète et pourrait être approprié pour la base d'un système de listage (voir exemple en annexe B).

5.2 *Choix des données pour une inclusion dans la colonne 2 intitulée «Température maximale autorisée des composés polymères dans des conditions normales de fonctionnement»*

En choisissant les températures, les modifications à long terme attendues dans les propriétés des matériaux doivent être prises en compte, par exemple les propriétés mécaniques, électriques et d'inflammabilité.

Il convient que les valeurs soient basées sur l'expérience des services rendus ou qu'elles soient des indices de température relative (CEI 60216), en reconnaissant cependant qu'un composé quelconque correspondant à la désignation, et en prenant en compte les mises en garde, doit donner satisfaction pour la durée de vie du produit, en relation avec l'influence des contraintes thermiques à long terme et leurs effets sur les propriétés des matériaux, quand ils sont utilisés avec des températures normales n'excédant pas celles de la colonne 2.

Il est recommandé que les mises en garde suivantes soient incluses à côté de n'importe quel tableau (voir annexe B) et indiquées pour être à la fois applicables aux entrées situées sous ce titre et également à celles données conformément à 5.3.

Les valeurs de la colonne 2 sont nécessairement conservatrices en raison de la désignation imprécise des matériaux.

(Une méthode pour déterminer la température maximale autorisée des composés polymères pour des conditions normales de fonctionnement, pour une utilisation dans les applications électrotechniques en général est à l'étude.)

5.3 *Choix des données pour l'inclusion dans la colonne 3 intitulée «Performances réalisées pour des composés spécifiques du commerce, utilisés dans les matériels soumis à des conditions normales et satisfaisant à la désignation»*

Il convient que les valeurs des températures soient basées sur des mesures faites sur des pièces de matériel électrotechnique ayant fait l'objet d'utilisation satisfaisante, prouvée et notée. L'objet de la colonne est d'indiquer ce qui peut être réalisé par le choix d'un composé du commerce, correspondant à la désignation. Il est supposé qu'une formulation pour la qualité supérieure sera choisie par opposition aux valeurs nécessairement conservatrices contenues dans la colonne 2.

Il est recommandé qu'une quelconque colonne 3 se réfère à l'alinéa suivant:

Les valeurs des températures maximales autorisées pour des conditions normales de fonctionnement dans cette colonne 3, qui sont données à titre d'EXEMPLE et sont INFORMATIVES, ont été réalisées en donnant satisfaction à une utilisation à long terme pour des grades spécifiques de polymères correspondant à la classe générique. Des température telles que celles-ci sont uniquement autorisées pour catégoriser l'expérience acquise en service, avec le grade du matériau utilisé, pour des conditions normales de fonctionnement, dans un véritable matériel ou dans un matériel similaire.

It may be the case that IEC has published systems of designation and specifications for some of the materials (if so, serious consideration should be given to using those systems). A series of specifications for a range of insulating materials has already been published but to date no standards have been published on polymeric moulding compounds. Systems of designation and classification have been published by ISO, e.g. ISO 7391-1, ISO 3673-1, etc. but there are few corresponding sets of specifications or requirements. Nevertheless, the ISO system of designation and classification for polymers appears comprehensive and could be appropriate as a basis of a listing system (see example in annex B).

5.2 Selection of data for inclusion under column 2 headed "Maximum allowable temperature for polymeric compounds under normal operating conditions"

In selecting the temperatures due account shall be taken of the normally expected long-term changes in the properties of materials, e.g. mechanical, electrical and flammability properties.

The figures should be based on proven service experience or be relative temperature indices (IEC 60216), recognizing however that any compound falling within the designation and taking into account the caveats, must give satisfactory service over the life of the product, in relation to the influence of the long-term thermal stresses and their effect on the material properties, when used at normal temperatures not exceeding those in column 2.

It is recommended that the following caveats are included adjacent to any table and indicated to be applicable to both entries under this heading and also to those entered according to 5.3.

The figures in column 2 are necessarily conservative because of the imprecise designations of the materials.

(A method to determine the maximum allowable temperature for polymeric compounds under normal operating conditions, in use in general electrotechnical applications is under consideration.)

5.3 Selection of data for inclusion under column 3 headed "Realized performance for specific commercial compounds, used in equipment under normal conditions, and complying with the designation"

The temperature figures should be based on measurements made on a piece of electrotechnical equipment that has a proven satisfactory service record. The object of the column is to indicate what can be achieved by selection of a commercial compound, falling within the designation. It is assumed that a high performance formulation will be selected to contrast with the necessarily conservative figures included in column 2.

It is recommended that any such column 3 should be referenced to the following paragraph:

The figures for the maximum allowable temperatures under normal operating conditions in this column 3, which are EXEMPLARY and INFORMATIVE, have been realized in satisfactory long-term service for specific grades of polymers that conform to the generic class. Such temperatures as these are only allowable given proven service experience with the grade of material in use under normal operating conditions in the actual or very similar equipment.

6 Considération sur les listes des «Températures maximales autorisées pour les composés polymères soumis à des conditions anormales de fonctionnement»

Comme défini en 3.3, les conditions anormales sont provoquées par des défauts et/ou un excès d'utilisation prévisibles. On envisage qu'elles existent pendant des périodes de temps n'excédant pas 10 h, pour un matériel travaillant selon un «fonctionnement sans surveillance» ou alors pendant des périodes de temps beaucoup plus courtes.

La stabilité mécanique des constituants réalisés avec des composés polymères thermoplastiques, dans des conditions anormales de fonctionnement, est limitée par les températures pour lesquelles les propriétés sont réduites de manière drastique et/ou pour lesquels les matériaux commencent à fondre. Alors que les thermoplastiques amorphes montrent normalement une décroissance brutale de la rigidité au-dessus d'une température critique, les composés à base de thermoplastique semi-cristallin atténuent le plus souvent la variation brutale avant de finalement fondre. Il convient de toujours examiner les données techniques relatives à la tenue thermique à court terme des matériaux avant d'entreprendre les essais.

En raison de l'influence potentiellement très importante des détails de conception concernant la tenue des polymères quand ils sont utilisés dans des conditions anormales, et parce que ces conditions surviennent en fonction de causes prévisibles ne durant que pendant des périodes n'excédant pas 10 h, il n'est pas accepté d'admettre les propositions visant à étendre les listes pour inclure les données numériques donnant les températures maximales autorisées pour les composés polymères soumis à des conditions anormales de fonctionnement, qu'elles soient nécessaires ou souhaitables.

Il est recommandé que les laboratoires d'essai évaluent ces effets à court terme par des simulations. L'essai de pression à la bille actuellement utilisé, les mesures du courant de fuite et de la tension d'épreuve (voir par exemple la CEI 60335-1) apparaissent tous comme fiables et nécessaires. L'essai au fil incandescent (CEI 60695-2-1) et/ou l'essai à la flamme (CEI 60707) pourraient être un complément utile pour s'assurer de la rétention adéquate des propriétés de la résistance au feu.

6 Consideration of lists for "Maximum allowable temperatures for polymeric compounds under abnormal operating conditions"

As defined in 3.3, abnormal conditions are caused by faults and/or foreseeable abuse. They are expected to exist for periods of time not exceeding 10 h for equipment working under "unattended operation" and otherwise for very much shorter periods.

The mechanical stability of parts made from thermoplastic polymeric compounds under abnormal operating conditions is limited by temperatures at which the properties reduce drastically and/or the materials begin to melt. Whilst amorphous thermoplastics normally show a steep decrease of stiffness above a critical temperature, compounds based upon semicrystalline thermoplastics mostly soften stepwise before they finally melt. Technical data concerning the short-time thermal behaviour of materials should always be examined before testing is undertaken.

Because of the potentially large influence of design details on the behaviour of polymers when in use under abnormal conditions, and because such conditions arise from foreseeable causes and only last for periods not exceeding 10 h, the proposals for the extension of the lists to include numerical data giving the maximum allowable temperatures for polymeric compounds under abnormal operating conditions for polymeric compounds is not accepted as either necessary or advisable.

It is recommended that test laboratories should evaluate these short-term effects by simulation. The currently used ball pressure test, measurements of leakage current, and of withstand voltage (see for example IEC 60335-1) all appear to be viable and necessary. The glow wire (IEC 60695-2-1) and/or a flame test (IEC 60707) could be a useful addition to ensure adequate retention of fire resistance properties.

Annexe A (informative)

Indication de la gamme disponible des composés thermoplastiques basés sur la polymérisation du propylène comme seul monomère ou comme monomère principal

Types de polymères	Homopolymères, copolymères statistiques et bloc
Monomère principal	Propylène
Comonomère	Ethylène jusqu'à 5 %
Autres types	Elastomère modifié
Agent de renfort	Verre couplé à 40 %
Charge	Carbonate de calcium, talc, perles de verre, mica, charge de verre retardateur de flamme/couplé/mélange minéraux, etc.
Taux de charge limite	5 % à 40 %
Niveaux de stabilisation	Endurance thermique faible / d'utilisation générale / à long terme, dans de véritables environnements
Limite des contraintes de flexion en tension (ISO 527, 50 mm/min)	15 MPa à 101 MPa
Limite du module de flexion (ISO 178, 10 mm/min)	0,95 GPa à 7,6 GPa
Gamme de température de la déflexion sous charge (ISO 75-2 méthodes A et B, 1,8 MPa/0,45 MPa)	51 °C/93 °C à 153 °C/160 °C