

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60282-1

Cinquième édition
Fifth edition
2002-01

Fusibles à haute tension –

**Partie 1:
Fusibles limiteurs de courant**

High-voltage fuses –

**Part 1:
Current-limiting fuses**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60282-1:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60282-1

Cinquième édition
Fifth edition
2002-01

Fusibles à haute tension –

**Partie 1:
Fusibles limiteurs de courant**

High-voltage fuses –

**Part 1:
Current-limiting fuses**

© IEC 2002 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 Varembe 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 **XC**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	8
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives	10
2 Conditions normales et spéciales de service	12
2.1 Conditions normales de service	12
2.2 Conditions spéciales de service	14
2.3 Comportement dans l'environnement	14
3 Définitions	16
3.1 Caractéristiques électriques	16
3.2 Fusibles et leurs éléments constitutifs	22
3.3 Termes complémentaires	24
4 Valeurs assignées et caractéristiques	26
4.1 Tension assignée	26
4.2 Niveau d'isolement assigné (d'un socle)	28
4.3 Fréquence assignée	30
4.4 Courant assigné du socle	32
4.5 Courant assigné de l'élément de remplacement	32
4.6 Limites d'échauffement	32
4.7 Pouvoir de coupure assigné	36
4.8 Surtensions de fonctionnement	36
4.9 Tension transitoire de rétablissement assignée (TTR assignée)	38
4.10 Température maximale d'utilisation des fusibles à coupure intégrale	42
4.11 Caractéristiques temps-courant	42
4.12 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé limité	44
4.13 Caractéristiques I^2t	44
4.14 Caractéristiques mécaniques des percuteurs	44
4.15 Exigences spéciales pour les fusibles associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles selon la norme CEI 60420	46
5 Conception, construction et performances	48
5.1 Exigences générales concernant le fonctionnement des fusibles	48
5.2 Indications à porter sur les plaques signalétiques	50
5.3 Dimensions	50
6 Essais de type	52
6.1 Conditions d'exécution des essais	52
6.2 Liste des essais de type	52
6.3 Règle d'essais communes à tous les essais de type	52
6.4 Essais diélectriques	54
6.5 Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée	58
6.6 Essais de coupure	62
6.7 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant	84
6.8 Essais d'étanchéité à l'huile	86
6.9 Essais des percuteurs	86
6.10 Compatibilité électromagnétique (CEM)	90

CONTENTS

FOREWORD	9
1 General	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references	11
2 Normal and special service conditions	13
2.1 Normal service conditions	13
2.2 Special service conditions	15
2.3 Environmental behaviour	15
3 Definitions	17
3.1 Electrical characteristics	17
3.2 Fuses and their component parts	23
3.3 Additional terms	25
4 Ratings and characteristics	27
4.1 Rated voltage	27
4.2 Rated insulation level (of a fuse-base)	29
4.3 Rated frequency	31
4.4 Rated current of the fuse-base	33
4.5 Rated current of the fuse-link	33
4.6 Temperature-rise limits	33
4.7 Rated breaking capacity	37
4.8 Limits of switching voltage	37
4.9 Rated transient recovery voltage (rated TRV)	39
4.10 Maximum application temperature of full-range fuses	43
4.11 Time-current characteristics	43
4.12 Cut-off characteristic	45
4.13 I^2t characteristics	45
4.14 Mechanical characteristics of strikers	45
4.15 Special requirement for back-up fuses intended for use in switch-fuse combination according to IEC 60420	47
5 Design, construction and performance	49
5.1 General requirements with respect to fuse operation	49
5.2 Identifying markings	51
5.3 Dimensions	51
6 Type tests	53
6.1 Conditions for making the tests	53
6.2 List of type tests	53
6.3 Common test practices for all type tests	53
6.4 Dielectric tests	55
6.5 Temperature-rise tests and power-dissipation measurement	59
6.6 Breaking tests	63
6.7 Tests for time-current characteristics	85
6.8 Oil-tightness tests	87
6.9 Tests of strikers	87
6.10 Electromagnetic compatibility (EMC)	91

7	Essais spéciaux	90
7.1	Liste des essais spéciaux.....	92
8	Guide d'application.....	96
8.1	Objet	96
8.2	Généralités	96
8.3	Utilisation.....	96
8.4	Fonctionnement	106
8.5	Mise au rebut.....	106
Annexe A (normative) Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs		122
Annexe B (informative) Justification du choix des caractéristiques de TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3.....		124
Annexe C (informative) Dispositif recommandé pour les essais d'échauffement des éléments de remplacement d'appareillage immergés dans l'huile.....		130
Annexe D (informative) Types et dimensions des éléments de remplacement limiteurs de courant spécifiés dans les normes nationales existantes.....		132
Annexe E (normative) Méthode pour déterminer le courant d'essai minimal I_3 d'un fusible à coupure intégrale lorsque la température alentour du fusible est supérieure à 40 °C.....		140
Annexe F (informative) Détermination du déclassement lorsque la température alentour du fusible est supérieure à 40 °C.....		142
Bibliographie		158
Figure 1 – Terminologie.....		108
Figure 2 – Essais de coupure – Disposition de l'appareil		108
Figure 3 – Essais de coupure – Schéma type pour les suites d'essais 1 et 2		110
Figure 4 – Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3		110
Figure 5 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1 ..		112
Figure 6 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 2 (traces d'étalonnage comme indiquées en a) de la figure 5)		114
Figure 7 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3.....		114
Figure 8 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard		116
Figure 9 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type.....		116
Figure 10 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche		118
Figure 11 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR exponentielle... ..		118
Figure 12 – Différentes étapes de la course du percuteur.....		120
Figure 13 – Surtensions de fonctionnement admissibles pour les éléments de remplacement de faibles courants assignés (tableau 8)		120
Figure C.1 – Cuve d'essai pour essais d'échauffement des fusibles immergés dans l'huile ..		130
Figure C.2 – Détail de la fixation de l'élément de remplacement de la cuve		130
Figure F.1 – Courbe de déclassement		150
Figure F.2 – Exemple pratique: dimensions		152
Figure F.3 – Extrait de la CEI 60890		154
Figure F.4 – Exemple pratique d'application.....		156

7	Special tests	91
7.1	List of special tests	93
8	Application guide	97
8.1	Object	97
8.2	General	97
8.3	Application	97
8.4	Operation	107
8.5	Disposal	107
Annex A (normative) Method of drawing the envelope of the prospective and transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters		123
Annex B (informative) Reasons which led to the choice of TRV values for Test Duties 1, 2 and 3		125
Annex C (informative) Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear		131
Annex D (informative) Types and dimensions of current-limiting fuse-links specified in existing national standards		133
Annex E (normative) Method of determining the minimum test current I_3 of a full-range fuse intended for use at surrounding temperatures above 40 °C		141
Annex F (informative) Determination of derating when the temperature surrounding the fuse exceeds 40 °C		143
Bibliography		159
Figure 1 – Terminology		109
Figure 2 – Breaking tests – Arrangement of the equipment		109
Figure 3 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duties 1 and 2		111
Figure 4 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duty 3		111
Figure 5 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 1		113
Figure 6 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 2 (calibration traces as in a) of figure 5)		115
Figure 7 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 3		115
Figure 8 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line		117
Figure 9 – Example of a two-parameter reference line for a TRV complying with the conditions of the type test		117
Figure 10 – Example of a two-parameter reference line for a TRV whose initial portion is concave towards the left		119
Figure 11 – Example of a two-parameter reference line for an exponential TRV		119
Figure 12 – Various stages of the striker travel		121
Figure 13 – Permissible switching voltages for fuse-links of small current ratings (table 8)		121
Figure C.1 – Test tank for temperature-rise tests of oil-tight fuses		131
Figure C.2 – Details of clamping arrangement for fuse-link in the tank		131
Figure F.1 – Derating curve		151
Figure F.2 – Practical example: dimensions		153
Figure F.3 – Extract from IEC 60890		155
Figure F.4 – Practical example of application		157

Tableau 1 – Facteurs de correction selon l'altitude – Tension d'essais et tension assignée	12
Tableau 2 – Facteurs de correction selon l'altitude – Courant assigné et échauffement.....	14
Tableau 3 – Tensions assignées	28
Tableau 4 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série I.....	30
Tableau 5 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série II.....	30
Tableau 6 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux	34
Tableau 7 – Surtensions maximales de fonctionnement admissibles.....	36
Tableau 8 – Valeurs maximales admissibles de la surtension de fonctionnement pour certains éléments de remplacement de petits courants assignés.....	38
Tableau 9 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série I	38
Tableau 10 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série II	40
Tableau 11 – Caractéristiques mécaniques des percuteurs.....	46
Tableau 12 – Branchement électrique au circuit d'essai – Dimensions des conducteurs.....	58
Tableau 13 – Essais de coupure – Paramètres	66
Tableau 14 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série I	70
Tableau 15 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série II	70
Tableau 16 – Exigences d'essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène	80

IECNORM.COM: Click to view the full PDF file
 Withdrawing
 IEC 60282-1:2002

Table 1 – Altitude correction factors – Test voltage and rated voltage	13
Table 2 – Altitude correction factors – Rated current and temperature rise	15
Table 3 – Rated voltages	29
Table 4 – Fuse-base rated insulation levels – Series I	31
Table 5 – Fuse-base rated insulation levels – Series II	31
Table 6 – Limits of temperature and temperature rise for components and materials	35
Table 7 – Maximum permissible switching voltages	37
Table 8 – Maximum permissible switching-voltages for certain fuse-links of small current ratings	39
Table 9 – Standard values of rated TRV – Series I	39
Table 10 – Standard values of rated TRV – Series II	41
Table 11 – Mechanical characteristics of strikers	47
Table 12 – Electrical connection to the test circuit – Conductor sizes	59
Table 13 – Breaking tests – Parameters	67
Table 14 – TRV for Test Duty 2 – Series I	71
Table 15 – TRV for Test Duty 2 – Series II	71
Table 16 – Breaking test requirements for fuse-links of a homogeneous series	81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 Norme internationale CEI 60282-1 a été établie par le sous-comité 32A: Coupe-circuit à fusibles à haute tension, du comité d'études 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 1994, ainsi que l'amendement 1 (1996) et l'amendement 2 (1997).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
32A/207/FDIS	32A/209/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et E font partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C, D et F sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum d'août 2002 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE FUSES –**Part 1: Current-limiting fuses****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 specifications, 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.

International Standard IEC 60282-1 has been prepared by subcommittee 32A: High-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition, published in 1994, amendment 1 (1996), and amendment 2 (1997).

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

FDIS	Report on voting
32A/207/FDIS	32A/209/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A and E form an integral part of this standard.

Annexes B, C, D and F are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of August 2002 have been included in this copy.

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60282 s'applique à tous les types de fusibles à haute tension limiteurs de courant destinés à être utilisés à l'extérieur ou à l'intérieur sur des réseaux à courant alternatif 50 Hz et 60 Hz et dont les tensions assignées sont supérieures à 1 000 V.

Certains fusibles sont équipés d'éléments de remplacement pourvus d'un dispositif indicateur ou d'un percuteur. Ces fusibles rentrent dans le domaine d'application de la présente norme, mais le fonctionnement correct du percuteur lié au dispositif d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion est en dehors du domaine d'application de cette norme; voir la CEI 60420.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60282. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60282 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(151):2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60056:1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60265-1:1998, *Interrupteurs à haute tension – Partie 1: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV*

CEI 60420:1990, *Combinés interrupteurs-fusibles à haute tension pour courant alternatif*

CEI 60549:1976, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs de puissance en dérivation*

CEI 60644:1979, *Spécification relative aux éléments de remplacement à haute tension destinés à des circuits comprenant des moteurs*

HIGH-VOLTAGE FUSES –

Part 1: Current-limiting fuses

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 60282 applies to all types of high-voltage current-limiting fuses designed for use outdoors or indoors on alternating current systems of 50 Hz and 60 Hz and of rated voltages exceeding 1 000 V.

Some fuses are provided with fuse-links equipped with an indicating device or a striker. These fuses come within the scope of this standard, but the correct operation of the striker in combination with the tripping mechanism of the switching device is outside the scope of this standard; see IEC 60420.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60282. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60282 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(151):2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60056:1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:1993, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60265-1:1998, *High-voltage switches – Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV*

IEC 60420:1990, *High-voltage alternating current switch-fuse combinations*

IEC 60549:1976, *High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors*

IEC 60644:1979, *Specification for high-voltage fuse-links for motor circuit applications*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60787:1983, *Guide d'application pour le choix des éléments de remplacement de fusibles à haute tension destinés à être utilisés dans des circuits comprenant des transformateurs*

ISO 148-2: 1998, *Matériaux métalliques – Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy – Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-pendule)*

ISO 179 (toutes les parties), *Plastiques – Détermination des caractéristiques au choc Charpy*

2 Conditions normales et spéciales de service

2.1 Conditions normales de service

Les fusibles répondant à la présente norme sont destinés à être utilisés dans les conditions suivantes.

- a) La température maximale de l'air ambiant est de 40 °C et sa valeur moyenne mesurée sur une période de 24 h ne dépasse pas 35 °C.

La température minimale de l'air ambiant est de –25 °C.

NOTE 1 Cela ne s'applique pas aux caractéristiques temps/courant des fusibles qui sont sensiblement modifiées aux températures basses.

- b) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m.

NOTE 2 Les tensions assignées et les niveaux d'isolement spécifiés dans cette norme s'appliquent aux fusibles prévus pour utilisation à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m. Lorsque des fusibles comprenant une isolation externe sont utilisés à des altitudes supérieures à 1 000 m, il convient d'adopter l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

- a) Il convient que les tensions d'essai des parties isolantes dans l'air soient déterminées en multipliant les tensions d'essai normales données dans les tableaux 4 et 5 par le facteur de correction approprié indiqué dans la colonne (2) du tableau 1.
- b) Les fusibles peuvent être choisis d'une tension assignée qui, multipliée par le facteur de correction approprié donné dans la colonne (3) du tableau 1, ne soit pas inférieure à la tension la plus élevée du réseau.

Pour les altitudes comprises entre 1 000 m et 1 500 m et entre 1 500 m et 3 000 m, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire entre les valeurs indiquées dans le tableau 1.

**Tableau 1 – Facteurs de correction selon l'altitude –
Tension d'essais et tension assignée**

Altitude maximale m ft		Facteur de correction des tensions d'essai au niveau de la mer	Facteur de correction des tensions assignées
(1)		(2)	(3)
1 000	(3 300)	1,0	1,0
1 500	(5 000)	1,05	0,95
3 000	(10 000)	1,25	0,80

Lorsque les caractéristiques diélectriques sont identiques, quelle que soit l'altitude, aucune précaution particulière n'est à prendre.

NOTE 3 Le courant assigné ou l'échauffement spécifié dans cette norme peut être corrigé pour des altitudes supérieures à 1 000 m en utilisant les facteurs appropriés donnés dans le tableau 2, respectivement dans les colonnes (2) et (3). Dans chaque cas, un seul des facteurs donnés dans les colonnes (2) et (3) sera utilisé, mais non les deux.

Pour les altitudes comprises entre 1 000 m et 1 500 m et entre 1 500 m et 3 000 m, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire entre les valeurs indiquées dans le tableau 2.

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60787:1983, *Application guide for the selection of fuse-links of high-voltage fuses for transformer circuit application*

ISO 148-2:1998, *Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 2: Verification of test machines*

ISO 179 (all parts), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

2 Normal and special service conditions

2.1 Normal service conditions

Fuses complying with this standard are designed to be used under the following conditions.

- a) The maximum ambient air temperature is 40 °C and its mean measured over a period of 24 h does not exceed 35 °C.

The minimum ambient air temperature is –25 °C.

NOTE 1 The time-current characteristics of fuses will be modified at the minimum and maximum temperatures.

- b) The altitude does not exceed 1 000 m (3 300 ft).

NOTE 2 The rated voltages and insulation levels specified in this standard apply to fuses intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m (3 300 ft). When fuses incorporating external insulation are required for use at altitudes above 1 000 m (3 300 ft), one or other of the following procedures should be adopted.

- a) The test voltages for insulating parts in air should be determined by multiplying the standard test voltages given in tables 4 and 5 by the appropriate correction factor given in column (2) of table 1.
- b) The fuses may be selected with a rated voltage which, when multiplied by the appropriate correction factor given in column (3) of table 1 is not lower than the highest voltage of the system.

For altitudes between 1 000 m (3 300 ft) and 1 500 m (5 000 ft) and between 1 500 m (5 000 ft) and 3 000 m (10 000 ft), the correction factors can be obtained by linear interpolation between the values in table 1.

Table 1 – Altitude correction factors – Test voltage and rated voltage

Maximum altitude m ft (1)	Correction factor for test voltages referred to sea-level (2)	Correction factor for rated voltages (3)
1 000 (3 300)	1,0	1,0
1 500 (5 000)	1,05	0,95
3 000 (10 000)	1,25	0,80

Where the dielectric characteristics are identical at any altitude, no special precautions need to be taken.

NOTE 3 The rated current or the temperature rise specified in this standard can be corrected for altitudes exceeding 1 000 m (3 300 ft) by using the appropriate factors given in table 2, columns (2) and (3) respectively. Use one correction factor from columns (2) or the (3), but not both, for any one application.

For altitudes between 1 000 m (3 300 ft) and 1 500 m (5 000 ft) and between 1 500 m (5 000 ft) and 3 000 m (10 000 ft), the correction factors can be obtained by linear interpolation between the values in table 2.

Tableau 2 – Facteurs de correction selon l'altitude – Courant assigné et échauffement

Altitude maximale m ft (1)		Facteur de correction pour le courant assigné (2)	Facteur de correction pour l'échauffement (3)
1 000	(3 300)	1,0	1,0
1 500	(5 000)	0,99	0,98
3 000	(10 000)	0,96	0,92

- c) L'air ambiant ne contient pas de façon excessive (ou anormale) de poussière, de fumées, de gaz corrosifs ou inflammables, de vapeurs ou de sel.
- d) Pour les installations à l'intérieur, les conditions d'humidité sont à l'étude mais, en attendant, les chiffres suivants peuvent être utilisés comme guide:
- la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période de 24 h, n'excède pas 22 mbar;
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période d'un mois, n'excède pas 18 mbar.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

NOTE 4 La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques variations de température risquent de se produire en période de grande humidité.

NOTE 5 Pour supporter les effets d'une humidité élevée et d'une condensation occasionnelle, tels que le claquage de l'isolation ou la corrosion des parties métalliques, on peut utiliser des fusibles pour l'intérieur prévus pour de telles conditions et essayés en conséquence, ou des fusibles pour l'extérieur.

NOTE 6 La condensation peut être évitée par une conception spéciale du bâtiment ou de l'enveloppe, par une ventilation et un chauffage appropriés du poste ou par l'utilisation d'humidificateurs.

- e) Les vibrations dues à des causes externes aux fusibles ou à des tremblements de terre sont négligeables.

En outre, pour les installations à l'extérieur,

- f) il y a lieu de tenir compte de la présence de condensation ou de pluie et des changements rapides de température;
- g) la pression du vent n'excède pas 700 Pa (correspondant à une vitesse de vent de 34 m/s);
- h) la radiation solaire ne dépasse pas 1,1 kW/m².

2.2 Conditions spéciales de service

Par accord entre le constructeur et l'utilisateur, les fusibles peuvent être utilisés dans des conditions différant des conditions normales de service indiquées en 2.1. Pour toute condition spéciale de service, il y a lieu de consulter le constructeur.

2.3 Comportement dans l'environnement

Les fusibles conformes à la présente norme sont des dispositifs inertes en service normal. Il est aussi spécifié en 5.1.3 qu'aucune émission externe significative ne doit se produire. Ce sont donc des dispositifs non polluants en service et en fonctionnement.

Table 2 – Altitude correction factors – Rated current and temperature rise

Maximum altitude m ft		Correction factor for rated current	Correction factor for temperature rise
(1)		(2)	(3)
1 000	(3 300)	1,0	1,0
1 500	(5 000)	0,99	0,98
3 000	(10 000)	0,96	0,92

- c) The ambient air is not excessively (or abnormally) polluted by dust, smoke, corrosive or flammable gases, vapour or salt.
- d) For indoor installations, the conditions of humidity are under consideration but, in the meantime, the following figures can be used as a guide:
- the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h, does not exceed 95 %;
 - the average value of the vapour pressure, for a period of 24 h, does not exceed 22 mbar;
 - the average value of the relative humidity, for a period of one month, does not exceed 90 %;
 - the average value of the water vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 18 mbar.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 4 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 5 To withstand the effects of high humidity and occasional condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, indoor fuses designed for such conditions and tested accordingly or outdoor fuses may be used.

NOTE 6 Condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment.

- e) Vibrations due to causes external to fuses or earth tremors are negligible.

In addition, for outdoor installations,

- f) account should be taken of the presence of condensation or rain and rapid temperature changes;
- g) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed);
- h) the solar radiation does not exceed 1,1 kW/m².

2.2 Special service conditions

By agreement between the manufacturer and the user, high-voltage fuses may be used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1. For any special service condition, the manufacturer shall be consulted.

2.3 Environmental behaviour

Fuses complying with this standard are inert devices during normal service. It is also a requirement of 5.1.3 that no significant external emission takes place. Therefore, they are regarded as environmentally safe devices in service and operation.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60282, certaines définitions de la CEI 60050(151), de la CEI 60050(441), et de la CEI 60050(604) ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 Caractéristiques électriques

3.1.1

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système [VEI 151-16-08]

NOTE Exemples de valeurs assignées généralement indiquées pour des fusibles: tension, courant et pouvoir de coupure.

3.1.2

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement [VEI 151-16-11]

3.1.3

courant présumé (d'un circuit et relatif à un fusible)

courant qui circulerait dans le circuit si le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

[VEI 441-17-01, modifiée]

NOTE Voir en 6.6.2.1 et 6.6.2.2 la méthode pour évaluer et pour exprimer le courant présumé.

3.1.4

valeur de crête du courant présumé

valeur de crête d'un courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

NOTE La définition implique que le courant est établi par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire passant instantanément d'une impédance infinie à une impédance nulle. Pour un circuit ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, il est entendu en outre que le courant est établi simultanément dans tous les pôles même si on ne considère que le courant dans un seul pôle.

[VEI 441-17-02]

3.1.5

courant coupé présumé

courant présumé évalué à l'instant correspondant au début du phénomène de coupure [VEI 441-17-06]

NOTE Pour les fusibles, cet instant est habituellement choisi comme l'instant du début d'un arc au cours d'une coupure. Les conventions relatives à l'instant du début de l'arc sont données en 6.6.2.3.

3.1.6

pouvoir de coupure

valeur de courant présumé qu'un fusible est capable d'interrompre sous une tension fixée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[VEI 441-17-08, modifiée]

3.1.7

courant coupé limité

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un fusible

[VEI 441-17-12, modifiée]

NOTE Cette notion est d'importance particulière si le fusible fonctionne de telle manière que la valeur de crête du courant présumé du circuit n'est pas atteinte.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60282, certain definitions taken from IEC 60050(151), IEC 60050(441) and IEC 60050(604), together with the following definitions apply.

3.1 Electrical characteristics

3.1.1

rated value

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

[IEV 151-16-08]

NOTE Examples of rated values usually stated for fuses, voltage, current and breaking current.

3.1.2

rating

set of rated values and operating conditions

[IEV 151-16-11]

3.1.3

prospective current (of a circuit and with respect to a fuse)

current that would flow in the circuit if the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

[IEV 441-17-01, modified]

NOTE For the method to evaluate and to express the prospective current, see 6.6.2.1 and 6.6.2.2.

3.1.4

prospective peak current

peak value of a prospective current during the transient period following initiation

NOTE The definition assumes that the current is made by an ideal switching device, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, for example polyphase circuits, it further assumes that the current is made simultaneously in all poles, even if only the current in one pole is considered.

[IEV 441-17-02]

3.1.5

prospective breaking current

prospective current evaluated at a time corresponding to the instant of the initiation of the breaking process

[IEV 441-17-06]

NOTE For the fuses, this instant is usually defined as the moment of the initiation of the arc during the breaking process. Conventions relating to the instant of the initiation of the arc are given in 6.6.2.3.

3.1.6

breaking capacity

value of prospective current that a fuse is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

[IEV 441-17-08, modified]

3.1.7

cut-off current;

let-through current

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a fuse

[IEV 441-17-12, modified]

NOTE This concept is of particular importance when the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

3.1.8

durée de préarc;

durée de fusion

intervalle de temps qui s'écoule à partir du moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer une coupure dans le ou les éléments fusibles jusqu'à l'instant où un arc commence à se former

[VEI 441-18-21]

3.1.9

durée d'arc

intervalle de temps entre l'instant du début de l'arc sur un fusible et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce fusible

[VEI 441-17-37, modifiée]

3.1.10

durée de fonctionnement

somme de la durée de préarc et de la durée d'arc

[VEI 441-18-22]

3.1.11

I^2t ; intégrale de Joule

intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné t_0 – t_1

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

NOTE 1 Le I^2t de préarc est l'intégrale I^2t pour la durée de préarc du fusible.

NOTE 2 Le I^2t de fonctionnement est l'intégrale I^2t pour la durée de fonctionnement du fusible.

NOTE 3 L'énergie en joules libérée dans une portion ayant une résistance de 1 Ω d'un circuit protégé par un fusible est égale à la valeur de I^2t de fonctionnement exprimée en $A^2 \times s$.

[VEI 441-18-23]

3.1.12

durée virtuelle

valeur de l'intégrale de Joule divisée par le carré de la valeur du courant présumé

NOTE Les valeurs des durées virtuelles, généralement indiquées pour un élément de remplacement, se rapportent à la durée de préarc et la durée de fonctionnement.

3.1.13

caractéristique temps-courant

courbe donnant la durée, par exemple durée de préarc ou durée de fonctionnement, en fonction du courant présumé dans des conditions déterminées de fonctionnement

[VEI 441-17-13]

3.1.14

caractéristique de courant coupé limité

courbe donnant, pour des conditions déterminées de fonctionnement, le courant coupé limité en fonction du courant présumé

NOTE En courant alternatif, les valeurs du courant coupé limité sont les valeurs maximales quel que soit le degré d'asymétrie. En courant continu, ce sont les valeurs du courant coupé limité maximales atteintes compte tenu de la constante de temps spécifiée.

[VEI 441-17-14]

3.1.8**pre-arcing time;
melting time**

interval of time between the beginning of a current large enough to cause a break in the fuse element(s) and the instant when an arc is initiated

[IEV 441-18-21]

3.1.9**arcing time**

interval of time between the instant of the initiation of the arc in a fuse and the instant of final arc extinction in that fuse

[IEV 441-17-37, modified]

3.1.10**operating time;
total clearing time**

sum of the pre-arcing time and the arcing time

[IEV 441-18-22]

3.1.11**Joule integral; I^2t**

integral of the square of the current over a given time interval $t_0 - t_1$

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

NOTE 1 The pre-arcing I^2t is the I^2t integral extended over the pre-arcing time of the fuse.

NOTE 2 The operating I^2t is the I^2t integral extended over the operating time of the fuse.

NOTE 3 The energy in joules liberated in 1Ω of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the value of the operating I^2t expressed in $A^2 \times s$.

[VEI 441-18-23]

3.1.12**virtual time**

value of Joule integral divided by the square of the value of the prospective current

NOTE The values of virtual times usually stated for a fuse-link are the values of pre-arcing time and of operating time.

3.1.13**time-current characteristic**

curve giving the time, for example pre-arcing time or operating time, as a function of the prospective current under stated conditions of operation

[IEV 441-17-13]

3.1.14**cut-off (current) characteristic;
let-through (current) characteristic**

curve giving the cut-off current as a function of the prospective current, under stated conditions of operation

NOTE In the case of a.c., the values of the cut-off currents are the maximum values which can be reached whatever the degree of asymmetry. In the case of d.c., the values of the cut-off current are the maximum values reached related to the time-constant as specified.

[IEV 441-17-14]

3.1.15

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes d'un fusible après l'interruption du courant

NOTE Cette tension peut être considérée durant deux intervalles de temps consécutifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi par un second intervalle durant lequel la tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en régime établi existe seule.

[VEI 441-17-25, modifiée]

3.1.16

tension transitoire de rétablissement (abréviation TTR)

tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable

NOTE 1 La tension transitoire de rétablissement peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et du fusible. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre d'un circuit polyphasé.

NOTE 2 Sauf spécification contraire, la tension transitoire de rétablissement pour les circuits triphasés est la tension aux bornes du premier fusible qui coupe, car cette tension est généralement plus élevée que celle qui apparaît aux bornes de chacun des deux autres fusibles.

[VEI 441-17-26, modifiée]

3.1.17

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[VEI 441-17-27]

3.1.18

tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)

tension transitoire de rétablissement qui suit la coupure du courant présumé symétrique par un appareil de connexion idéal

NOTE La définition implique que le fusible, pour lequel la tension transitoire de rétablissement présumée est recherchée, est remplacé par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément de la valeur zéro à la valeur infinie à l'instant du zéro de courant, c'est-à-dire au zéro «naturel». Pour des circuits ayant plusieurs voies, par exemple, un circuit polyphasé, on suppose en outre que la coupure du courant par l'appareil de connexion idéal n'a lieu que sur le pôle considéré.

[VEI 441-17-29, modifiée]

3.1.19

surtension de fonctionnement – tension de coupure

valeur maximale instantanée de tension qui apparaît aux bornes d'un fusible lors de son fonctionnement

NOTE La tension de coupure peut être la tension d'arc ou peut se produire en même temps que la tension transitoire de rétablissement.

[VEI 441-18-31, modifiée]

3.1.20

courant minimal de coupure

valeur minimale de courant présumé qu'un élément de remplacement peut couper sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[VEI 441-18-29]

3.1.21

puissance dissipée (d'un élément de remplacement)

puissance dissipée dans un élément de remplacement traversé par un courant de valeur donnée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

NOTE Les conditions prescrites d'emploi et de comportement comprennent généralement une valeur efficace constante de courant jusqu'à l'obtention de conditions stables de température.

3.1.15**recovery voltage**

voltage which appears across the terminals of a fuse after the breaking of the current

NOTE This voltage may be considered in two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which the power frequency or the steady-state recovery voltage alone exists.

[IEV 441-17-25, modified]

3.1.16**transient recovery voltage (TRV)**

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

NOTE 1 The transient recovery voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit and the fuse. It includes the voltage shift of the neutral point of a polyphase circuit.

NOTE 2 The transient recovery voltage in three-phase circuits is, unless otherwise stated, that across the first fuse to clear, because this voltage is generally higher than that which appears across each of the other two fuses.

[IEV 441-17-26, modified]

3.1.17**power-frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[IEV 441-17-27]

3.1.18**prospective transient recovery voltage (of a circuit)**

transient recovery voltage following the breaking of the prospective symmetrical current by an ideal switching device

NOTE The definition assumes that the fuse, for which the prospective transient recovery voltage is sought, is replaced by an ideal switching device, i.e. having instantaneous transition from zero to infinite impedance at the very instant of zero current, i.e. at the "natural" zero. For circuits where the current can follow several different paths, for example a polyphase circuit, the definition further assumes that the breaking of the current by the ideal switching device takes place only in the pole considered.

[IEV 441-17-29, modified]

3.1.19**switching voltage**

maximum instantaneous value of voltage which appears across the terminals of a fuse during its operation

NOTE The switching voltage may be the arc voltage or may occur during the time of transient recovery voltage.

[IEV 441-18-31]

3.1.20**minimum breaking current**

minimum value of prospective current that a fuse-link is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

[IEV 441-18-29]

3.1.21**power dissipation (of a fuse-link)**

power released in a fuse-link carrying a stated value of current under prescribed conditions of use and behaviour

NOTE Prescribed conditions of use and behaviour usually include a constant r.m.s. value of current until steady temperature conditions are reached.

3.1.22

puissance admissible d'un socle

valeur maximale de la puissance libérée dans un élément de remplacement, que le socle peut admettre dans des conditions spécifiées

3.2 Fusibles et leurs éléments constitutifs

3.2.1

fusible;

coupe-circuit à fusibles

appareil dont la fonction est d'ouvrir par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments conçus et calibrés à cet effet le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée. Le fusible comprend toutes les parties qui constituent l'appareil complet

[VEI 441-18-01]

3.2.2

borne

partie conductrice d'un fusible prévue pour une connexion électrique avec des circuits extérieurs

NOTE On peut distinguer les bornes selon le type de circuit auquel elles appartiennent (par exemple borne principale, borne de terre, etc.) mais aussi selon leur conception (par exemple borne à vis, borne à fiche, etc.).

3.2.3

socle

partie fixe d'un fusible munie de contacts et de bornes

[VEI 441-18-02]

NOTE Le socle comprend tous les éléments assurant l'isolement (voir figure 1).

3.2.4

contact d'un socle

pièce de contact d'un socle destinée à être mise en contact avec le contact d'un élément de remplacement ou avec celui d'un porte-élément de remplacement (voir figure 1)

[VEI 441-18-03, modifiée]

3.2.5

élément de remplacement

partie d'un fusible comportant le (les) élément(s) fusible(s) et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible (voir figure 1)

[VEI 441-18-09]

3.2.6

contact d'un élément de remplacement

pièce de contact d'un élément de remplacement destinée à être mise en contact avec le contact d'un socle (voir figure 1)

[VEI 441-18-04, modifiée]

3.2.7

élément fusible

partie de l'élément de remplacement destinée à fondre sous l'action d'un courant dépassant une valeur déterminée pendant une durée déterminée (voir figure 1)

[VEI 441-18-08]

3.2.8

dispositif indicateur

partie d'un fusible destinée à indiquer si celui-ci a fonctionné (voir figure 1)

[VEI 441-18-17]

3.1.22**power acceptance of a fuse-base**

maximum value of power released in a fuse-link which a fuse-base is designed to tolerate under specified conditions

3.2 Fuses and their component parts**3.2.1****fuse**

device that by the fusing of one or more of its specially designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time. The fuse comprises all the parts that form the complete device [IEV 441-18-01]

3.2.2**terminal**

conducting part of a fuse provided for an electric connection to external circuits

NOTE Terminals may be distinguished according to the kind of circuits for which they are intended (for example, main terminal, earth terminal, etc.), but also according to their design (for example, screw terminal, plug terminal, etc.).

3.2.3**fuse-base****fuse-mount**

fixed part of a fuse provided with contacts and terminals

[IEV 441-18-02]

NOTE The fuse-base comprises all the parts necessary for insulation (see figure 1).

3.2.4**fuse-base contact**

contact piece of a fuse-base designed to engage with a fuse-link contact (see figure 1)

[IEV 441-18-03, modified]

3.2.5**fuse-link**

part of a fuse (including the fuse element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated (see figure 1)

[IEV 441-18-09]

3.2.6**fuse-link contact**

contact piece of a fuse-link designed to engage with a fuse-base contact (see figure 1)

[IEV 441-18-04, modified]

3.2.7**fuse element**

part of the fuse-link designed to melt under the action of current exceeding some definite value for a definite period of time (see figure 1)

[IEV 441-18-08]

3.2.8**indicating device;****indicator**

part of a fuse provided to indicate whether the fuse has operated (see figure 1)

[IEV 441-18-17]

3.2.9

percuteur

dispositif mécanique faisant partie d'un élément de remplacement qui, lors du fonctionnement du fusible, libère l'énergie requise pour faire fonctionner d'autres appareils, des dispositifs indicateurs ou pour effectuer un verrouillage

[VEI 441-18-18]

3.3 Termes complémentaires

3.3.1

fusible limiteur de courant

fusible qui, pendant et par son fonctionnement dans une zone de courant spécifiée, limite le courant à une valeur nettement inférieure à la valeur de crête du courant présumé

[VEI 441-18-10, modifiée]

3.3.2

classes

trois classes de fusibles limiteurs de courant sont définies selon la zone dans laquelle ils peuvent être utilisés:

- fusible associé
- fusible d'usage général
- fusible à coupure intégrale

Voir 8.3.4.

3.3.3

fusible associé

fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans les conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants compris entre le courant maximal de coupure assigné et le courant minimal de coupure assigné

3.3.4

fusible d'usage général

fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans les conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants compris entre le courant maximal de coupure assigné et le courant provoquant la fusion de l'élément fusible en au moins 1 h

3.3.5

fusible à coupure intégrale

fusible limiteur de courant capable d'interrompre dans des conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants provoquant la fusion de son ou de ses éléments fusibles jusqu'à son courant maximal de coupure assigné (voir 6.6.1.1, suite d'essais 3)

3.3.6

distance de sectionnement (pour un socle)

plus courte distance entre les contacts du socle ou toutes parties conductrices qui leur sont raccordées, mesurée sur un fusible dont l'élément de remplacement n'est plus en place

[VEI 441-18-06, modifiée]

3.3.7

série homogène (d'éléments de remplacement)

série d'éléments de remplacement dont chacun ne diffère de l'autre que par des caractéristiques telles que, pour un essai donné, l'essai d'un ou d'un nombre réduit d'éléments de remplacement déterminés de la série peut être considéré comme représentatif pour tous les éléments de remplacement de la série (voir 6.6.4.1)

[VEI 441-18-34]

3.2.9

striker

mechanical device forming part of a fuse-link which, when the fuse operates, releases the energy required to cause operation of other apparatus or indicators or to provide interlocking

[IEV 441-18-18]

3.3 Additional terms

3.3.1

current-limiting fuse

fuse that, during and by its operation in a specified current range, limits the current to a substantially lower value than the peak value of the prospective current

[IEV 441-18-10, modified]

3.3.2

classes

three classes of current-limiting fuses are defined according to the range in which they can be used:

- back-up fuses
- general-purpose fuses
- full-range fuses

See 8.3.4.

3.3.3

back-up fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents from the rated maximum breaking current down to the rated minimum breaking current

3.3.4

general-purpose fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents from the rated maximum breaking current down to the current that causes melting of the fuse element in 1 h or more

3.3.5

full-range fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents that cause melting of the fuse element(s), up to its rated maximum breaking current (see 6.6.1.1, test duty 3)

3.3.6

isolating distance (for a fuse-base)

shortest distance between the fuse-base contacts or any conductive parts connected thereto, measured on a fuse with the fuse-link removed

[IEV 411-18-06, modified]

3.3.7

homogeneous series (of fuse-links)

series of fuse-links, deviating from each other only in such characteristics that, for a given test, the testing of one or a reduced number of particular fuse-link(s) of that series may be taken as representative for all the fuse-links of the homogeneous series (see 6.6.4.1)

[IEV 441-18-34]

3.3.8

isolation externe

distances dans l'air à pression atmosphérique et surfaces en contact avec l'atmosphère des isolations solides d'un matériel qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc.

3.3.9

isolation autorégénératrice

isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive [VEI 604-03-04]

4 Valeurs assignées et caractéristiques

- a) Valeurs assignées du socle
 - 1) Tension assignée (4.1)
 - 2) Courant assigné (4.4)
 - 3) Niveau d'isolement assigné (tensions de tenue à fréquence industrielle à sec, sous l'effet de la pluie et des ondes de choc) (4.2)
- b) Valeurs assignées de l'élément de remplacement
 - 1) Tension assignée (4.1)
 - 2) Courant assigné (4.5)
 - 3) Courant maximal de coupure assigné (4.7.1)
 - 4) Fréquence assignée (4.3)
 - 5) Courant minimal de coupure assigné pour fusibles associés et classe (4.7.2)
 - 6) TTR assignée (4.9)
- c) Caractéristiques du fusible
 - 1) Limites d'échauffement (4.6)
- d) Caractéristiques de l'élément de remplacement
 - 1) Classe (3.3.2 et 4.7.2)
 - 2) Surtensions de fonctionnement (4.8)
 - 3) Caractéristiques temps-courant (4.11)
 - 4) Caractéristique d'amplitude du courant coupé limité (4.12)
 - 5) Caractéristiques I^2t (4.13)
 - 6) Caractéristiques mécaniques des percuteurs (4.14)
 - 7) Température maximale d'utilisation des fusibles à coupure intégrale (4.10)

4.1 Tension assignée

C'est la tension qui sert à désigner le socle ou l'élément de remplacement et d'après laquelle sont déterminées les conditions d'essai.

NOTE Cette tension assignée est égale à la tension la plus élevée du matériel (voir article 8).

3.3.8**external insulation**

distances in atmospheric air and surfaces in contact with atmospheric air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc.

3.3.9**self-restoring insulation**

insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge

[IEV 604-03-04]

4 Ratings and characteristics

- a) Ratings of the fuse-base
 - 1) Rated voltage (4.1)
 - 2) Rated current (4.4)
 - 3) Rated insulation level (power-frequency, dry, wet and impulse withstand voltages) (4.2)
- b) Ratings of the fuse-link
 - 1) Rated voltage (4.1)
 - 2) Rated current (4.5)
 - 3) Rated maximum breaking current (4.7.1)
 - 4) Rated frequency (4.3)
 - 5) Rated minimum breaking current for back-up fuses and class (4.7.2)
 - 6) Rated TRV (4.9)
- c) Characteristics of the fuse
 - 1) Temperature rise limits (4.6)
- d) Characteristics of the fuse-link
 - 1) Class (3.3.2 and 4.7.2)
 - 2) Switching voltages (4.8)
 - 3) Time-current characteristics (4.11)
 - 4) Cut-off characteristics (4.12)
 - 5) I^2t characteristics (4.13)
 - 6) Mechanical characteristics of the strikers (4.14)
 - 7) Maximum application temperature of full-range fuses (4.10)

4.1 Rated voltage

A voltage used in the designation of the fuse-base or fuse-link, from which the test conditions are determined.

NOTE This rated voltage is equal to the highest voltage for the equipment (see clause 8).

Il convient que la tension assignée d'un fusible soit choisie parmi les tensions indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3 – Tensions assignées

Série I kV	Série II kV
3,6	2,75
7,2	5,5
12	8,25
17,5	15
24	15,5
36	25,8
40,5	38
52	48,3
72,5	72,5

4.2 Niveau d'isolement assigné (d'un socle)

Ce sont les valeurs de tension (aussi bien à fréquence industrielle qu'aux ondes de choc) qui caractérisent l'isolement du socle en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques (voir article 8).

Deux niveaux d'isolement sont acceptables pour un socle selon la pratique en Europe. Ils sont dénommés «Liste 1» et «Liste 2» et se rapportent à différentes sévérités d'application et aux valeurs de tension d'essai correspondantes pour les essais diélectriques (voir 8.3.6).

Il est recommandé que le niveau d'isolement assigné d'un socle soit choisi dans les tableaux 4 et 5.

- Le tableau 4 est basé sur la pratique en Europe et les conditions normales de référence pour la température, la pression et l'humidité sont 20 °C, 101,3 kPa (1 013 mbar) et 11 g/m³ d'eau.
- Le tableau 5 est basé sur la pratique aux Etats-Unis et au Canada et les conditions normales de référence pour la température, la pression et l'humidité sont 25 °C, 101,3 kPa (1 013 mbar) et 15 g/m³ d'eau.

Il doit être précisé si le fusible convient pour une utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur.

The rated voltage of a fuse should be selected from the voltages given in table 3.

Table 3 – Rated voltages

Series I kV	Series II kV
3,6	2,75
7,2	5,5
12	8,25
17,5	15
24	15,5
36	25,8
40,5	38
52	48,3
72,5	72,5

4.2 Rated insulation level (of a fuse-base)

The voltage values (both power frequency and impulse) which characterize the insulation of the fuse-base with regard to its capability of withstanding dielectric stresses (see clause 8).

Two levels of dielectric withstand are recognized for a fuse-base according to European practice. These are termed "List 1" and "List 2" and relate to different severities of application and corresponding different values of test voltage for the dielectric tests (see 8.3.6).

The rated insulation level of a fuse-base should be selected from tables 4 and 5.

- Table 4 is based on practice in Europe, and standard reference conditions of temperature, pressure and humidity are 20 °C, 101,3 kPa (1 013 mbar) and 11 g/m³, respectively, of water.
- Table 5 is based on practice in the U.S.A. and Canada where standard reference conditions of temperature, pressure and humidity are 25 °C, 101,3 kPa (1 013 mbar) and 15 g/m³, respectively, of water.

It shall be stated whether the fuse is suitable for indoor or outdoor service.

Tableau 4 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série I

Tension assignée du fusible kV	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (polarités négative et positive)				Tension de tenue assignée à fréquence industrielle durant 1 min (à sec et sous pluie) kV (valeur efficace)	
	Liste 1 kV (valeur de crête)		Liste 2 kV (valeur de crête)		A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)
	A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)	A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		
3,6	20	23	40	46	10	12
7,2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	38	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	70	80
40,5	180	200	190	220	80	95
52	250	290	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

NOTE Un niveau d'isolement pour la distance de sectionnement n'est spécifié que pour les socles pour lesquels des propriétés de sectionnement sont assignées.

Tableau 5 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série II

Tension assignée du fusible kV	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (polarités positive et négative) kV (valeur de crête)				Tension de tenue assignée à fréquence industrielle kV (valeur efficace)					
	A la masse et entre pôles		Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		A la masse et entre pôles			Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur 1 min à sec	Extérieur		Intérieur 1 min à sec	Extérieur	
						1 min à sec	10 s sous pluie		1 min à sec	10 s sous pluie
2,75	45	–	50	–	15	–	–	17	–	–
4,76	60	–	70	–	19	–	–	21	–	–
8,25	75	95	80	105	26	35	30	29	39	33
15	95	–	105	–	36	–	–	40	–	–
15,5	110	110	125	125	50	50	45	55	55	50
25,8	125	150	140	165	60	70	60	66	77	66
38	150	200	165	220	80	95	80	88	105	88
48,3	–	250	–	275	–	120	100	–	132	110
72,5	–	350	–	385	–	175	145	–	195	160

NOTE Un niveau d'isolement pour la distance de sectionnement n'est spécifié que pour les socles pour lesquels des propriétés de sectionnement sont assignées.

4.3 Fréquence assignée

Les valeurs normales de la fréquence assignée sont 50 Hz et 60 Hz.

Table 4 – Fuse-base rated insulation levels – Series I

Rated voltage of the fuse kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity)				Rated 1 min power-frequency withstand voltage (dry and wet) kV (r.m.s.)	
	List 1 kV (peak)		List 2 kV (peak)			
	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)
3,6	20	23	40	46	10	12
7,2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	38	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	70	80
40,5	180	200	190	220	80	95
52	250	290	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

NOTE An isolating insulation level should be specified only for those fuse-bases to which isolating properties are assigned.

Table 5 – Fuse-base rated insulation levels – Series II

Rated voltage of the fuse kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity)				Rated power-frequency withstand voltage					
	kV (peak)				kV (r.m.s.)					
	To earth and between poles		Across the isolating distance of the fuse-base (see note)		To earth and between poles			Across the isolating distance of the fuse-base (see note)		
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor 1 min dry	Outdoor		Indoor 1 min dry	Outdoor	
						1 min dry	10 s wet		1 min dry	10 s wet
2,75	45	–	50	–	15	–	–	17	–	–
4,76	60	–	70	–	19	–	–	21	–	–
8,25	75	95	80	105	26	35	30	29	39	33
15	95	–	105	–	36	–	–	40	–	–
15,5	110	110	125	125	50	50	45	55	55	50
25,8	125	150	140	165	60	70	60	66	77	66
38	150	200	165	220	80	95	80	88	105	88
48,3	–	250	–	275	–	120	100	–	132	110
72,5	–	350	–	385	–	175	145	–	195	160

NOTE An isolating insulation level should be specified only for those fuse-bases to which isolating properties are assigned.

4.3 Rated frequency

Standard values of rated frequency are 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Courant assigné du socle

Courant spécifié pour le socle, qu'un socle neuf et propre peut supporter d'une façon continue sans que les échauffements dépassent les valeurs spécifiées, lorsqu'il est équipé d'un élément de remplacement de même courant assigné destiné à être utilisé dans ce type de socle et raccordé au circuit au moyen de conducteurs ayant certaines dimensions et certaines longueurs spécifiées et pour une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

Il convient que le courant assigné du socle soit choisi parmi les valeurs suivantes:

10 A; 25 A; 63 A; 100 A; 200 A; 400 A; 630 A; 1 000 A.

4.5 Courant assigné de l'élément de remplacement

Courant spécifié pour l'élément de remplacement qu'un élément de remplacement neuf et propre peut supporter d'une façon continue sans que les échauffements dépassent les valeurs spécifiées, lorsqu'il est monté sur un socle spécifié par le constructeur, raccordé au circuit au moyen de conducteurs ayant certaines dimensions et certaines longueurs spécifiées et pour une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C (voir article 8).

Il est recommandé que le courant assigné de l'élément de remplacement, en ampères, soit choisi parmi les valeurs de la série R10. Pour les cas spéciaux, le courant assigné de l'élément de remplacement peut être choisi parmi les valeurs supplémentaires de la série R20.

NOTE La série R10 comprend les nombres 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 et leurs multiples de 10.

La série R20 comprend les nombres 1; 1,12; 1,25; 1,40; 1,6; 1,8; 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9 et leurs multiples de 10.

4.6 Limites d'échauffement

L'élément de remplacement et le socle doivent être capables de supporter de façon continue leur courant assigné sans que les limites d'échauffement données dans le tableau 6 soient dépassées.

NOTE Pour les fusibles utilisés dans des enveloppes, voir 6.5.3, 8.3.2 et l'annexe F.

Lorsqu'un contact est établi entre des surfaces protégées de manières différentes, les températures et les échauffements admissibles doivent être considérés comme suit:

- a) pour les contacts boulonnés et les bornes, ceux de l'élément pour lequel le tableau 6 autorise les valeurs les plus élevées;
- b) pour les contacts élastiques, ceux de l'élément pour lequel le tableau 6 autorise les valeurs les plus basses.

4.4 Rated current of the fuse-base

The current assigned to a fuse-base that a new clean fuse-base will carry continuously without exceeding specified temperature rises, when equipped with a fuse-link of the same current rating designed to be used in the particular fuse-base connected to the circuit with certain specified conductor sizes and lengths, at an ambient air temperature of not more than 40 °C.

The rated current of the fuse-base should be selected from the following values:

10 A; 25 A; 63 A; 100 A; 200 A; 400 A; 630 A; 1 000 A.

4.5 Rated current of the fuse-link

The current assigned to the fuse-link that a new clean fuse-link will carry continuously without exceeding specified temperature rises when mounted on a fuse-base specified by the manufacturer and connected to the circuit with certain specified conductor sizes and lengths, at an ambient air temperature of not more than 40 °C (see clause 8).

The rated current in amperes of the fuse-link should be selected from the R10 series. For special cases, additional values for the rated current of the fuse-link may be selected from the R20 series.

NOTE The R10 series comprises the numbers 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 and their multiples of 10.

The R20 series comprises the numbers 1; 1,12; 1,25; 1,40; 1,6; 1,8; 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9 and their multiples of 10.

4.6 Temperature-rise limits

The fuse-link and the fuse-base shall be able to carry their rated current continuously without exceeding the limits of temperature rise given in table 6.

NOTE For fuses used in enclosures, see 6.5.3, 8.3.2 and annex F.

Where engaging contact surfaces have different coatings, the permissible temperatures and temperature rises shall be as follows.

- a) for bolted contacts and terminals, those of the component having the highest values permitted in table 6;
- b) for spring-loaded contacts, those of the component having the lowest values permitted in table 6.

Tableau 6 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux

Nature du matériau ou de l'élément	Valeur maximale	
	Température °C	Echauffement K
A Contacts dans l'air:		
1 Contacts élastiques (cuivre et alliage de cuivre)		
– sans protection	75	35
– recouverts d'argent ou de nickel	105	65
– recouverts d'étain	95	55
– recouverts d'autres métaux	(note 1)	
2 Contacts boulonnés ou dispositifs équivalents (cuivre, alliage de cuivre et alliage d'aluminium)		
– sans protection	90	50
– recouverts d'étain	105	65
– recouverts d'argent ou de nickel	115	75
– recouverts d'autres métaux	(note 1)	
B Contacts dans l'huile en cuivre ou l'alliage de cuivre:		
1 Contacts élastiques		
– sans protection	80	40
– recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	90	50
– recouverts d'autres métaux	(note 1)	
2 Contacts boulonnés		
– sans protection	80	40
– recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	100	60
– recouverts d'autres métaux	(note 1)	
C Bornes boulonnées dans l'air:		
– sans protection	90	50
– recouvertes d'argent, d'étain ou de nickel	105	65
– recouvertes d'autres métaux	(note 1)	
D Pièces métalliques formant ressorts		
	(note 2)	
E Matériaux utilisés comme isolants et pièces métalliques en contact avec des isolants des classes^a suivantes:		
Classe Y (pour les matériaux non imprégnés)	90	50
Classe A (pour matériaux immergés dans l'huile ou imprégnés)	100	60
Classe E	120	80
Classe B	130	90
Classe F	155	115
Email: à base d'huile	100	60
synthétique	120	80
Classe H	180	140
Autres classes	(note 3)	
F Huile (notes 4 et 5)		
	90	50
G Toute pièce métallique ou en matériau isolant en contact avec l'huile à l'exception des contacts et des ressorts		
	100	60
NOTE 1 Si le constructeur utilise d'autres métaux de protection que ceux indiqués dans le tableau 6, il convient de prendre en considération les propriétés de ces métaux.		
NOTE 2 Il est recommandé que la température ou l'échauffement n'atteignent pas une valeur telle que l'élasticité du métal en soit modifiée.		
NOTE 3 Limitée seulement par la nécessité de ne pas provoquer de détérioration des pièces environnantes.		
NOTE 4 A la partie supérieure de l'huile.		
NOTE 5 Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.		
^a Classes conformément à la CEI 60085.		

Table 6 – Limits of temperature and temperature rise for components and materials

Component or material	Maximum value of	
	Temperature °C	Temperature rise K
A Contacts in air:		
1 Spring-loaded contacts (copper or copper alloy)		
– bare	75	35
– silver- or nickel-coated	105	65
– tin-coated	95	55
– other coatings	(note 1)	
2 Bolted contacts or equivalent (copper, copper alloy and aluminium alloy)		
– bare	90	50
– tin-coated	105	65
– silver- or nickel-coated	115	75
– other coatings	(note 1)	
B Contacts in oil (copper or copper alloy):		
1 Spring-loaded contacts		
– bare	80	40
– silver-, tin- or nickel-coated	90	50
– other coatings	(note 1)	
2 Bolted contacts		
– bare	80	40
– silver-, tin- or nickel-coated	100	60
– other coatings	(note 1)	
C Bolted terminals in air:		
– bare	90	50
– silver-, nickel- or tin-coated	105	65
– other coatings	(note 1)	
D Metal parts acting as springs		
	(note 2)	
E Materials used as insulation and metal parts in contact with insulation of following classes^a:		
Class Y (for non-impregnated materials)	90	50
Class A (for materials immersed in oil)	100	60
Class E	120	80
Class B	130	90
Class F	155	115
Enamel: oil base	100	60
synthetic	120	80
Class H	180	140
Other classes	(note 3)	
F Oil (notes 4 and 5)		
	90	50
G Any part of metal or of insulating material in contact with oil except contacts and springs		
	100	60
NOTE 1 If the manufacturer uses coatings other than those indicated in table 6, the properties of these materials should be taken into consideration.		
NOTE 2 The temperature or the temperature rise should not reach such a value that the elasticity of the metal is impaired.		
NOTE 3 Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts.		
NOTE 4 At the upper part of the oil.		
NOTE 5 Special consideration should be given with regard to vaporization and oxidation when low-flash-point oil is used.		
^a Classes according to IEC 60085.		

4.7 Pouvoir de coupure assigné

4.7.1 Courant maximal de coupure assigné

Valeur du courant de coupure spécifié pour un fusible.

Il convient que le courant maximal de coupure assigné de l'élément de remplacement, en kA, soit choisi parmi les valeurs de la série R10.

NOTE La série R10 comprend les nombres 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 et leurs multiples de 10.

4.7.2 Courant minimal de coupure assigné et classe

Le constructeur doit indiquer la classe (voir 3.3.2) et, pour les fusibles associés, il doit aussi indiquer le courant minimal de coupure assigné. Dans le cas des fusibles d'usage général, il peut indiquer le courant minimal de coupure.

4.8 Surtensions de fonctionnement

Les valeurs de surtension en cours de fonctionnement pour toutes les suites d'essais (1, 2 et 3) ne doivent pas dépasser celles données dans les tableaux 7 et 8.

Sur demande, le constructeur doit indiquer la valeur maximale des surtensions de fonctionnement telles qu'elles sont mesurées lors des essais de coupure (voir 6.6).

Tableau 7 – Surtensions maximales de fonctionnement admissibles

Série I		Série II	
Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement	Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement
kV	kV	kV	kV
3,6	12	2,75	8
7,2	23	5,5	18
12	38	8,25	26
17,5	55	15	47
24	75	15,5	49
36	112	22	70
40,5	126	25,8	81
52	162	27	84
72,5	226	38	119
		48,3	150
		72,5	226

4.7 Rated breaking capacity

4.7.1 Rated maximum breaking current

The value of breaking capacity specified for a fuse.

The rated maximum breaking current in kA of the fuse-link should be selected from the R10 series.

NOTE The R10 series comprises the numbers 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 and their multiples of 10.

4.7.2 Rated minimum breaking current and class

The manufacturer shall indicate the class (see 3.3.2) and, for back-up fuses, the rated minimum breaking current. In the case of general purpose fuses, the minimum breaking current may also be indicated.

4.8 Limits of switching voltage

The value of switching voltages during operation in all test duties shall not exceed those given in tables 7 and 8.

On request, the manufacturer shall indicate the maximum value of the switching voltages as determined in the breaking tests (see 6.6).

Table 7 – Maximum permissible switching voltages

Series I		Series II	
Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV	Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV
3,6	12	2,75	8
7,2	23	5,5	18
12	38	8,25	26
17,5	55	15	47
24	75	15,5	49
36	112	22	70
40,5	126	25,8	81
52	162	27	84
72,5	226	38	119
		48,3	150
		72,5	226

Tableau 8 – Valeurs maximales admissibles de la surtension de fonctionnement pour certains éléments de remplacement de petits courants assignés

Série I jusques et y compris 3,2 A		Série II jusques et y compris 12 A	
Tension assignée kV	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement kV	Tension assignée kV	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement kV
3,6	26	2,75	13
7,2	36	5,5	25
12	50	8,25	38
17,5	63	15	68
24	85	15,5	70
36	120	22 à 25,8	117
		27	123
		38	173

NOTE 1 Pour les matériels de tensions assignées de la série I, les surtensions de fonctionnement spécifiées au tableau 8 ne sont admissibles que pour les tensions de tenue assignées aux chocs de foudre de la liste 2 (voir 4.2).

NOTE 2 Les valeurs des surtensions de fonctionnement peuvent dépasser les limites données au tableau 7 pour une durée n'excédant pas 200 µs mais ne doivent pas dépasser les limites données au tableau 8 (voir figure 13).

4.9 Tension transitoire de rétablissement assignée (TTR assignée)

La tension transitoire de rétablissement assignée associée au courant maximal de coupure assigné (conformément à 4.7) est la tension de référence qui constitue la limite supérieure de la tension transitoire de rétablissement prescrite des circuits que le fusible doit pouvoir couper lors d'un court-circuit.

Les valeurs normales de la TTR assignée sont indiquées dans les tableaux 9 et 10. Ces valeurs s'appliquent au courant maximal de coupure assigné d'un fusible.

Tableau 9 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série I

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard ^a	Tension ^b	Temps ^c	Vitesse d'accroissement
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	µs	µs	kV	µs	kV/µs
3,6	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,238
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
17,5	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
36	62	108	16,2	20,6	52	0,57
40,5	69	115	17,2	23	55,5	0,60
52	89	132	6,6	29,5	51	0,68
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$
 $u' = 1/3 u_c$

$t_d = 0,15 t_3$
 $t' = (0,15 + 1/3) t_3$

pour $U_r < 52$ kV

$t_d = 0,05 t_3$
 $t' = (0,05 + 1/3) t_3$

pour $U_r \geq 52$ kV

Table 8 – Maximum permissible switching voltages for certain fuse-links of small current ratings

Series I up to and including 3,2 A		Series II up to and including 12 A	
Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV	Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV
3,6	26	2,75	13
7,2	36	5,5	25
12	50	8,25	38
17,5	63	15	68
24	85	15,5	70
36	120	22 to 25,8	117
		27	123
		38	173

NOTE 1 For equipment with rated voltages of series I, switching voltages specified in table 8 are permissible for associated rated lightning impulse withstand voltages of list 2 only (see 4.2).

NOTE 2 The switching voltage values may exceed the limits given in table 7 for a duration not exceeding 200 µs but shall not exceed the limits given in table 8 (see figure 13).

4.9 Rated transient recovery voltage (rated TRV)

The rated transient recovery voltage related to the rated maximum breaking current (in accordance with 4.7) is the reference voltage which constitutes the upper limit of the prospective transient recovery voltage of circuits which the fuse shall be capable of breaking in the event of a short circuit.

Standard values of rated TRV are specified in tables 9 and 10. These values apply to the rated maximum breaking current of a fuse.

Table 9 – Standard values of rated TRV – Series I

Rated voltage	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage	Time coordinate	Time delay ^a	Voltage coordinate ^b	Time coordinate ^c	Rate of rise
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	µs	µs	kV	µs	kV/µs
3,6	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,238
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
17,5	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
36	62	108	16,2	20,6	52	0,57
40,5	69	115	17,2	23	55,5	0,60
52	89	132	6,6	29,5	51	0,68
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

$$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$$

$$u' = 1/3 u_c$$

^a $t_d = 0,15 t_3$
^c $t' = (0,15 + 1/3) t_3$

}

for $U_r < 52$ kV

^a $t_d = 0,05 t_3$
^c $t' = (0,05 + 1/3) t_3$

}

for $U_r \geq 52$ kV

Tableau 10 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série II

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard ^a	Tension ^b	Temps ^c	Vitesse d'accroissement
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/μs
2,75	4,7	37	5,5	1,6	18,1	0,127
5,5	9,4	46	6,9	3,1	22,2	0,204
8,25	14,4	54	8,1	4,8	26,1	0,266
15	25,7	66	9,9	8,6	32,0	0,390
15,5	26,6	67	10,0	8,8	32,2	0,400
25,8	44	91	13,6	14,7	44,0	0,48
38	65	111	16,6	21,7	53,6	0,58
48,3	83	127	19,0	27,6	61,2	0,65
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$ $u' = 1/3 u_c$ $t_d = 0,15 t_3$ $t' = (0,15 + 1/3) t_3$ pour $U_r \leq 48,3$ kV $t_d = 0,05 t_3$ $t' = (0,05 + 1/3) t_3$ pour $U_r > 48,3$ kV						

Les valeurs indiquées dans les tableaux sont des valeurs présumées et tiennent compte de la réduction de la tension de rétablissement.

Ces valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur pour les réseaux monophasés ou lorsque les fusibles sont destinés à des installations où les conditions sont plus sévères.

La tension transitoire de rétablissement assignée correspondant au courant maximal de coupure assigné est utilisée pour les essais dont le courant de coupure est égal à la valeur assignée avec la dérogation admise en 6.6.1.2.1. Pour les essais effectués à un courant de coupure inférieur à la valeur assignée, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir 6.6.1.2.2).

4.9.1 Représentation de la TTR

La forme d'onde des tensions transitoires de rétablissement est variable suivant la configuration des circuits réels.

Pour les fusibles tombant dans le domaine d'application de cette norme, la tension transitoire de rétablissement a la forme d'une oscillation amortie à une seule fréquence, ou une forme proche d'une telle oscillation. Cette forme d'onde est suffisamment bien décrite par une enveloppe constituée par deux segments de droite définis par deux paramètres (tracé de référence) (voir l'annexe A).

La valeur capacitive de l'installation du côté de l'alimentation du fusible réduit la vitesse d'accroissement de la tension pendant les quelques premières microsecondes de la TTR. On en tient compte par l'introduction d'un retard.

Cette représentation s'applique à la fois aux tensions transitoires de rétablissement assignées et aux autres tensions transitoires de rétablissement spécifiées qui sont représentées par des tracés de référence à deux paramètres associés à des segments de droite définissant un retard.

Table 10 – Standard values of rated TRV – Series II

Rated voltage	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage	Time coordinate	Time delay ^a	Voltage coordinate ^b	Time coordinate ^c	Rate of rise
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	µs	µs	kV	µs	kV/µs
2,75	4,7	37	5,5	1,6	18,1	0,127
5,5	9,4	46	6,9	3,1	22,2	0,204
8,25	14,4	54	8,1	4,8	26,1	0,266
15	25,7	66	9,9	8,6	32,0	0,390
15,5	26,6	67	10,0	8,8	32,2	0,400
25,8	44	91	13,6	14,7	44,0	0,48
38	65	111	16,6	21,7	53,6	0,58
48,3	83	127	19,0	27,6	61,2	0,65
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$ $^b u' = 1/3 u_c$ $^a t_d = 0,15 t_3$ $^c t' = (0,15 + 1/3) t_3$ $^a t_d = 0,05 t_3$ $^c t' = (0,05 + 1/3) t_3$						
$\left. \begin{array}{l} \text{for } U_r \leq 48,3 \text{ kV} \\ \text{for } U_r > 48,3 \text{ kV} \end{array} \right\}$						

The values given in the tables are prospective values and take into account depression of recovery voltage.

In the case of single-phase systems or where fuses are for use in an installation having more severe conditions, the values shall be subject to agreement between manufacturer and user.

The rated transient recovery voltage corresponding to the rated maximum breaking current is used for testing at breaking currents equal to the rated value with the permitted deviation given in 6.6.1.2.1. For testing at breaking current less than the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see 6.6.1.2.2).

4.9.1 Representation of TRV

The waveform of transient recovery voltage varies according to the arrangement of the actual circuits.

For fuses covered by the scope of this standard, the transient recovery voltage approximates to a damped single-frequency oscillation. This waveform is adequately described by an envelope consisting of two line segments defined by means of two parameters (reference line) (see annex A)

The influence of local capacitance on the source side of the fuse produces a slower rate of rise of the voltage during the first few microseconds of the TRV. This is taken into account by introducing a time delay.

This representation applies both to rated and to other specified transient recovery voltages which are represented by two parameter reference lines together with delay lines.

4.9.2 Représentation des TTR assignées

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR assignées (voir figure 8):

- u_c : crête de tension de la TTR en kilovolts;
- t_3 : temps pour atteindre la tension u_c en microsecondes.

Un segment de droite définissant le retard, partant du point situé sur l'axe des temps correspondant au retard assigné t_d et se développant parallèlement au premier segment de droite du tracé de référence de la TTR jusqu'à un point correspondant à une tension spécifiée u' (et à un temps t' associé).

4.10 Température maximale d'utilisation des fusibles à coupure intégrale

Pour les fusibles à coupure intégrale destinés à être utilisés à une température ambiante supérieure à 40 °C, le constructeur doit rendre disponibles les caractéristiques concernant la température maximale pour laquelle le fusible est conçu. Celle-ci est la température maximale de l'environnement en contact avec l'élément de remplacement et à laquelle le fusible peut être utilisé.

4.11 Caractéristiques temps-courant

Les caractéristiques temps-courant des éléments de remplacement sont fixés comme suit: le courant est appliqué à un élément de remplacement neuf et sans charge préalable placé dans un socle spécifié par le constructeur, raccordé au circuit d'essai au moyen de conducteurs ayant les dimensions et les longueurs spécifiées en 6.5.1.2.

Sauf spécification contraire, les caractéristiques temps-courant doivent être jugées applicables à une température ambiante de 20 °C.

Le constructeur doit fournir des courbes déterminées à partir des résultats obtenus lors des essais de vérification de la caractéristique temps-courant spécifiés en 6.7.2.

Les caractéristiques temps-courant doivent être présentées avec le courant en abscisse et le temps en ordonnée.

Des échelles logarithmiques doivent être utilisées sur chacun des axes de coordonnées. Les bases des échelles logarithmiques (dimensions d'une décade) doivent être dans le rapport 2:1, la plus grande dimension étant en abscisse. Cependant, pour tenir compte d'une pratique en vigueur depuis longtemps aux Etats-Unis, un rapport 1:1 (5,6 cm) est admis en variante.

La représentation doit être faite sur une feuille de format normalisé A3 ou A4 ou suivant la norme des Etats-Unis.

Les dimensions des décades doivent être choisies dans les séries suivantes:

2 cm; 4 cm; 8 cm; 16 cm et 2,8 cm; 5,6 cm; 11,2 cm.

NOTE Il est recommandé d'utiliser, si possible, les valeurs 2,8 et 5,6.

Les courbes doivent indiquer

- la relation entre la durée virtuelle de préarc et le courant présumé;
- le courant de référence utilisé, moyen ou minimal. Si on prend des valeurs moyennes, la tolérance ne doit pas dépasser ± 20 %. Si on prend des valeurs minimales, la tolérance ne doit pas dépasser $+50$ %;
- le type et les caractéristiques assignées de l'élément de remplacement auquel les courbes s'appliquent;
- la zone de temps suivant les spécifications de 6.7.2.2. Pour les fusibles associés, la courbe doit être tracée en pointillés depuis le courant minimal de coupure jusqu'à 600 s si ce courant minimal de coupure correspond à un temps inférieur à 600 s.

4.9.2 Representation of rated TRV

The following parameters are used for the representation of the rated TRV (see figure 8):

- u_c : TRV peak voltage in kilovolts;
- t_3 : time in microseconds to voltage u_c .

A delay line starting on the time axis at the rated time delay t_d running parallel to the first section of the reference line and terminating at a specified voltage u' (time coordinate t').

4.10 Maximum application temperature of full-range fuses

For full-range fuses intended for use in ambient temperature above 40 °C, the manufacturer shall provide data in respect of the maximum temperature for which the fuse is designed. This is the maximum temperature of the surrounding medium in contact with the fuse-link at which the fuse is suitable for use.

4.11 Time-current characteristics

The time-current characteristics of fuse-links are based on applying current to a new and unloaded fuse-link in a fuse-base specified by the manufacturer and connected to the test circuit with conductor sizes and lengths as specified in 6.5.1.2.

Unless otherwise specified, the time-current characteristics shall be deemed to apply at an ambient air temperature of 20 °C.

The manufacturer shall make available curves from the data determined by the time-current characteristics type tests specified in 6.7.2.

The time-current characteristics shall be presented with current as abscissa and time as ordinate.

Logarithmic scales shall be used on both coordinate axes. The basis of the logarithmic scales (the dimensions of one decade) shall be in the ratio 2:1 with the longer dimension on the abscissa. However, because of long-established practice in the USA, a ratio of 1:1 (5,6 cm) is recognized as an alternative standard.

The representation shall be made on standardized paper A3 or A4, or according to the USA standard.

The dimensions of the decades shall be selected from the following series:

2 cm; 4 cm; 8 cm; 16 cm and 2,8 cm; 5,6 cm; 11,2 cm.

NOTE It is recommended that the values 2,8 and 5,6 be used wherever possible.

The curves shall show

- the relation between the virtual pre-arcing time and the prospective current;
- the basis of current, whether mean or minimum. If mean current values are used, the tolerance shall not exceed ± 20 %. If minimum values are used, the tolerance shall not exceed +50 %;
- the type and rating of the fuse-link to which the curve data apply;
- the time range as specified in 6.7.2.2. For back-up fuses, a dotted line shall be plotted from minimum breaking current to 600 s if the minimum breaking current corresponds to a time less than 600 s.

Afin de coordonner les fusibles entre eux ou avec d'autres dispositifs de protection, il est permis d'utiliser les caractéristiques temps-courant applicables pour des durées supérieures à 0,1 s.

Lorsque des courants de défaut plus intenses conduisent à un fonctionnement éventuel en des temps inférieurs à 0,1 s, il est permis d'utiliser les données applicables de I^2t de préarc et de I^2t de fonctionnement (voir notes 1 et 2 de 3.1.11).

4.12 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé limité

Le constructeur doit indiquer la limite supérieure du courant coupé limité correspondant à chaque valeur de courant présumé coupé jusqu'au courant maximal de coupure assigné du fusible dans les conditions spécifiées lors des essais de coupure en 6.6.

Il doit être précisé si la caractéristique s'applique à 50 Hz ou 60 Hz.

4.13 Caractéristiques I^2t

Le constructeur doit fournir des valeurs de I^2t de fonctionnement et de I^2t de préarc correspondant aux courants présumés pour lesquels le fusible limite le courant coupé.

Les valeurs fixées pour I^2t de fonctionnement doivent correspondre aux valeurs les plus élevées susceptibles d'être rencontrées en service. Ces valeurs doivent se référer aux conditions d'essai de la présente norme, par exemple en ce qui concerne les valeurs de tension, de fréquence et de facteur de puissance.

Les valeurs fixées pour I^2t de préarc doivent correspondre aux valeurs les plus faibles susceptibles d'être rencontrées en service.

La présentation des valeurs de I^2t peut être faite sous la forme d'un simple tableau ou d'un diagramme (par exemple histogramme) ou peut utiliser une forme graphique avec le courant présumé en abscisse et I^2t en ordonnée, les deux échelles étant logarithmiques aux dimensions préférentielles indiquées en 4.11.

Les valeurs de I^2t déterminées à partir des essais de type de coupure, spécifiés en 6.6 ne doivent pas être supérieures (pour I^2t de fonctionnement) ou inférieures (pour I^2t de préarc) aux valeurs fixées par le constructeur.

4.14 Caractéristiques mécaniques des percuteurs

Les percuteurs peuvent être classés suivant la quantité d'énergie qu'ils sont capables de fournir entre deux points spécifiés A et B (voir figure 12) de leur course à un appareil mécanique de connexion ou à un dispositif de signalisation et par un effort minimal de maintien. L'effort de maintien est la caractéristique qui empêche le retour du percuteur après fonctionnement à une distance inférieure à la course réelle minimale OB lorsqu'on applique un effort statique externe.

Les caractéristiques mécaniques des percuteurs sont données dans le tableau 11.

For the purpose of coordination between fuses or between fuses and other protective devices, the relevant time-current characteristics may be employed for periods down to 0,1 s.

Where higher fault levels result in fuse operation in times less than 0,1 s, the relevant pre-arcing I^2t and operating I^2t data (see notes 1 and 2 of 3.1.11) may be used.

4.12 Cut-off characteristic

The manufacturer shall indicate the upper limit of the cut-off current corresponding to each value of prospective breaking current up to the rated maximum breaking current of the fuse under specified conditions determined as part of the breaking type tests specified in 6.6.

It shall be stated whether the characteristic applies to 50 Hz or 60 Hz.

4.13 I^2t characteristics

The manufacturer shall make available values of operating I^2t and pre-arcing I^2t for those prospective currents for which the fuse exhibits cut-off characteristics.

Values stated for the operating I^2t shall represent the highest values likely to be experienced in service. These values shall refer to the test conditions of this standard, for example, the values of voltage, frequency and power factor.

Values stated for the pre-arcing I^2t shall represent the lowest values likely to be experienced in service.

The presentation of I^2t values may be in simple tabular or diagrammatic form (for example, histograms) or may employ graphical presentation with prospective current as abscissa and I^2t as ordinate, both scales being logarithmic with preferred dimensions as in 4.11.

The I^2t values determined as a part of the breaking type tests specified in 6.6 shall not be greater (for operating I^2t) or less (for pre-arcing I^2t) than the values stated by the manufacturer.

4.14 Mechanical characteristics of strikers

Strikers may be classified by the amount of energy they are able to deliver to a mechanical switching device or a signalling device between two points A and B (see figure 12) of their travel and by a minimum withstand force. The withstand force is the characteristic which prevents the return of the striker, after operation, to less than the minimum actual travel OB when a static external force is applied.

The mechanical characteristics of the strikers are given in table 11.

Tableau 11 – Caractéristiques mécaniques des percuteurs

Type	Energie	Caractéristiques mécaniques					
		Valeurs de la		Course réelle		Effort minimal de maintien	Durée maximale de la course (voir note)
		Course libre (OA)*	Course additionnelle pendant laquelle il faut fournir l'énergie (AB) ^a	Min. (OB)*	Max. (OC)*		
	J	mm	mm	mm	mm	N	ms
Léger	0,3 ± 0,25	2	8	10	30	Sans objet	100
Moyen	1 ± 0,5	4	16	20	40	20	100
Fort	2 ± 1	4	6	10	16	40	100

NOTE La durée de la course est définie pour les éléments de remplacement réels par l'intervalle entre l'instant du début de l'arc et l'instant où la course OB est atteinte. Pour les éléments de remplacement factices, c'est l'intervalle entre l'instant d'application de la tension et l'instant où la course OB est atteinte.

^a Voir la figure 12.

4.15 Exigences spéciales pour les fusibles associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles selon la CEI 60420

Pour de telles applications, il est nécessaire de s'assurer que

- une fois installé dans son environnement d'utilisation, le fusible est capable de supporter des courants plus petits que son courant minimal de coupure pendant la période de préarc (c'est-à-dire juste avant la fusion réelle du fusible) sans dommages thermique pour lui-même ou son environnement;
- le temps d'arc admissible sans dommages (voir 5.1.3) pour des courants juste inférieurs au courant minimal de coupure est plus long que le temps d'ouverture de l'interrupteur associé.

4.15.1 Température maximale du corps du fusible dans les conditions de préarc

Pour les fusibles associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles avec percuteur selon la CEI 60420, le fabricant de fusible doit donner la température maximale que peut attendre le corps du fusible pour tout courant supérieur au courant minimal de fusion, ainsi que la valeur du courant correspondante.

La procédure d'essai pour déterminer ces valeurs de courant et température est donnée au 7.1.5. En cas de série homogène, il suffit de faire l'essai sur le fusible ayant le plus grand courant assigné.

4.15.2 Temps d'arc maximal admissible

Le temps d'arc maximal admissible est la durée entre le début de l'arc et l'apparition de dommage extérieur au fusible. Le constructeur de fusible doit donner des informations concernant le temps d'arc maximal admissible, pour une valeur de courant comprise entre 70 % et 100 % du courant minimal de coupure assigné.

Ce temps doit être au minimum de 0,1 s. La procédure d'essai est donnée en 7.1.5.

Table 11 – Mechanical characteristics of strikers

Type	Energy	Mechanical characteristics					
		Values of		Actual travel		Minimum withstand force	Maximum duration of travel (see note)
		Free travel (OA)*	Further travel during which energy must be delivered (AB) ^a	Min. (OB)*	Max. (OC)*		
	J	mm	mm	mm	mm	N	ms
Light	0,3 ± 0,25	2	8	10	30	Not applicable	100
Medium	1 ± 0,5	4	16	20	40	20	100
Heavy	2 ± 1	4	6	10	16	40	100

NOTE Duration of travel is defined for actual fuse-links as the time from commencement of arcing to the time when travel OB is reached. For dummy fuses, it is the time from application of voltage until travel OB is reached.

^a See figure 12.

4.15 Special requirement for back-up fuses intended for use in switch-fuse combination according to IEC 60420

For such applications, it is necessary to ensure that

- when installed in its service environment, the fuse is able to withstand currents below minimum breaking current during the pre-arcing phase (i.e. just prior to actual fuse melting) without thermal damage to itself or its surroundings;
- the fuse arcing withstand time without damage (see 5.1.3) at currents just below fuse minimum breaking current is longer in duration than the tripping time of the associated switch.

4.15.1 Maximum body temperature under pre-arcing conditions

For back-up fuses intended for use in striker-tripped fuse-switch combinations according to IEC 60420, the fuse manufacturer shall define the maximum body temperature that may be reached with any current above the minimum melting current, and the corresponding current value.

Procedure to define these temperature and current values is given in 7.1.5. In the case of homogeneous series, it is sufficient to perform the test on the fuse having the highest current rating.

4.15.2 Maximum arcing withstand time

The arcing withstand time is the time between the beginning of the arcing and the occurrence of external damage to the fuse. The fuse manufacturer shall provide information regarding the maximum arcing withstand time, at a current value between 70 % and 100 % of rated minimum breaking current.

This time shall be at least 0,1 s. Testing procedure is described in 7.1.5.

5 Conception, construction et performances

5.1 Exigences générales concernant le fonctionnement des fusibles

5.1.1 Généralités

Lorsque les fusibles sont utilisés sur des réseaux dont la tension de service est inférieure à leur tension, le courant maximal de coupure en kiloampères n'est pas inférieur au courant maximal de coupure assigné.

Il convient de ne pas utiliser de fusibles limiteurs de courant sur des réseaux de tension inférieure à leur tension assignée sans prendre en considération la surtension produite par le fusible en cours de fonctionnement par rapport au niveau d'isolement.

Il n'a pas été spécifié d'essais dans la zone des courants plus petits que ceux spécifiés dans les essais de coupure indiqués en 6.6 pour vérifier le fonctionnement du fusible en ce qui concerne son aptitude à supporter le courant de toutes les combinaisons possibles temps/courant, sans détérioration conduisant soit à un fonctionnement prématuré, soit à une défaillance (voir article 8).

5.1.2 Conditions normales d'utilisation

Les fusibles doivent être capables d'interrompre correctement chaque valeur de courant présumé, indépendamment de la composante aperiodique qu'il est possible d'obtenir à condition que

- la composante périodique ne soit pas inférieure au courant minimal de coupure assigné ni supérieure au courant maximal de coupure assigné;
- la tension de rétablissement à fréquence industrielle ne soit pas plus élevée que la valeur spécifiée dans le tableau 13 (pour conditions particulières, voir 8.3.5);
- la tension transitoire de rétablissement présumée soit comprise dans les limites correspondant aux essais spécifiés en 6.6.1.2;
- la fréquence soit comprise entre 48 Hz et 62 Hz;
- le facteur de puissance ne soit pas inférieur à celui correspondant aux essais spécifiés dans le tableau 13;
- l'onde de TTR présumée, tout en traversant le segment de droite définissant le retard sans le recouper, ne se situe pas au-dessus du tracé de référence avec les paramètres spécifiés en 6.6.1.2.

NOTE En ce qui concerne les caractéristiques de la TTR, la durée t_3 est sans importance (sauf pour les fusibles qui donnent des crêtes de tension d'arc élevées immédiatement après le début de l'arc; voir 6.6.1.2.1).

5.1.3 Conditions normales de comportement

Conformément aux conditions d'utilisation indiquées en 5.1.2, le comportement du fusible doit être le suivant.

- a) Un élément de remplacement à remplissage pulvérulent ne doit pas émettre de flamme ni de poudre; cependant, il est admis qu'une faible émission de flamme puisse se produire à partir d'un percuteur ou d'un dispositif indicateur à condition que cela ne provoque pas d'amorçage ni de courant de fuite important à la masse.
- b) Après fonctionnement, les parties du fusible, sauf celles prévues pour être remplacées après chaque fonctionnement, doivent être dans leur état d'origine. Il doit être possible d'enlever l'élément de remplacement en une seule pièce.

5 Design, construction and performance

5.1 General requirements with respect to fuse operation

5.1.1 General

When used in systems with service voltages less than the rated voltage of the fuse, the maximum breaking current is not less than the rated maximum breaking current.

Current-limiting fuses should not be used in systems of voltages less than their rated voltage without regard to the switching voltage produced by the fuse during operation in relation to the insulation level.

No tests have been specified to prove the performance of the fuse in the range of currents below that specified in the breaking tests in 6.6 with respect to its capability to withstand the current of every possible time/current combination without deterioration leading to either premature operation or failure (see clause 8).

5.1.2 Standard conditions of use

Fuses shall be capable of breaking correctly any value of prospective current, irrespective of the possible d.c. component, provided that

- the a.c. component is not lower than the rated minimum breaking current and not higher than the rated maximum breaking current;
- the power-frequency recovery voltage is not higher than that specified in table 13 (for special conditions, see 8.3.5);
- the prospective transient recovery voltage is within the limits represented by the tests specified in 6.6.1.2;
- the frequency is between 48 Hz and 62 Hz;
- the power factor is not lower than that represented by the tests specified in table 13;
- the prospective TRV wave, while passing through the delay line and not recrossing it, does not exceed the reference line with the parameters specified in 6.6.1.2.

NOTE As regards the prospective TRV characteristics, the time coordinate t_3 is not significant for the behaviour of fuses (except for those fuses which cause high arc-voltage peaks immediately after arc initiation; see 6.6.1.2.1).

5.1.3 Standard conditions of behaviour

According to the conditions of use indicated in 5.1.2, the behaviour of the fuse shall be as follows.

- a) A powder-filled fuse-link shall not emit flame or powder, although a minor emission of flame from a striker or indicating device is permissible, provided this does not cause breakdown or significant electrical leakage to earth.
- b) After the fuse has operated, the components of the fuse, apart from those intended to be replaced after each operation, shall be in the original state. It shall be possible to remove the fuse-link in one piece after operation.

- c) Lorsque les éléments de remplacement sont prévus avec des dispositifs indicateurs ou des percuteurs,
 - 1) les dispositifs indicateurs n'ont pas à répondre à des caractéristiques spécifiées et doivent fonctionner de façon visible et complète;
 - 2) les percuteurs doivent répondre aux caractéristiques spécifiées en 4.14 et fonctionner complètement.
- d) Le fonctionnement ne doit pas provoquer de surtensions de fonctionnement supérieures aux valeurs spécifiées en 4.8.
- e) Les valeurs des courants coupés limités correspondant à chaque valeur de courant présumé coupé ne doivent pas dépasser les valeurs correspondantes de la caractéristique d'amplitude du courant coupé limité données par le constructeur.
- f) Après fonctionnement, le fusible doit pouvoir supporter entre ses bornes la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

5.2 Indications à porter sur les plaques signalétiques

Les indications à porter sur les plaques signalétiques des éléments de remplacement et des socles sont données ci-dessous et doivent être inscrites de façon indélébile.

NOTE Lorsque les dimensions physiques de l'élément de remplacement sont trop petites pour permettre d'inclure dans ces indications toutes celles données ci-dessous, d'autres méthodes peuvent être adoptées.

Les nombres représentant les valeurs assignées doivent être dans tous les cas suivis par le symbole de l'unité dans laquelle elles sont exprimées.

- a) Sur le socle
 - nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - tension assignée;
 - courant assigné.
- b) Sur l'élément de remplacement
 - nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - désignation du type prévue par le constructeur;
 - tension assignée;
 - courant assigné;
 - courant maximal de coupure assigné;
 - classe (associé, usage général, coupure intégrale);
 - courant minimal de coupure assigné (pour fusibles associés seulement);
 - température maximale d'utilisation (des fusibles à coupure intégrale utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C);
 - type du percuteur (léger, moyen ou fort) s'il existe;
 - emplacement du percuteur (s'il y a lieu).

S'il y a lieu, on doit indiquer également, sur l'élément de remplacement et sur le socle, s'ils sont prévus pour une utilisation à l'extérieur ou dans l'huile, à moins que cette information ne soit incluse dans la désignation du type ou dans le code d'identification.

5.3 Dimensions

L'annexe D contient un recueil et une classification des types et dimensions spécifiés dans les différentes normes nationales existantes.

- c) When fuse-links are provided with indicating devices or strikers,
 - 1) indicating devices need not comply with specific requirements, but shall visually and fully operate;
 - 2) strikers shall comply with the requirements specified in 4.14 and shall operate fully.
- d) Operation shall not generate switching voltages higher than the values specified in 4.8.
- e) The values of cut-off current corresponding to each value of prospective breaking current shall not exceed the values corresponding to the cut-off characteristics given by the manufacturer.
- f) After operation, the fuse shall be capable of withstanding the power-frequency recovery voltage across its terminals.

5.2 Identifying markings

The identifying markings which shall be indelibly marked on fuse-links and fuse-bases are given below.

NOTE When the physical dimensions of the fuse-link are so small as to make it impossible for such markings to include the indications given below, alternative methods may be adopted.

The figures representing ratings shall, in all cases, be followed by the symbol of the unit in which they are expressed.

- a) On the fuse-base
 - manufacturer's name or trade mark;
 - rated voltage;
 - rated current.
- b) On the fuse-link
 - manufacturer's name or trade mark;
 - manufacturer's type designation;
 - rated voltage;
 - rated current;
 - rated maximum breaking current;
 - class (back-up, general-purpose, full-range);
 - rated minimum breaking current (for back-up fuses only);
 - maximum application temperature (for full-range fuse-links designed for use in surrounding temperatures above 40 °C);
 - type of striker (light, medium or heavy), if any;
 - location of the striker (if applicable).

It shall also be indicated on both fuse-link and fuse-base, when applicable, if they are designed for outdoor service, or for use in oil, unless this information is included in the type designation or identification code.

5.3 Dimensions

Annex D contains a collection and classification of types and dimensions specified in the various existing national standards.

6 Essais de type

6.1 Conditions d'exécution des essais

Les essais de type sont des essais faits pour vérifier qu'un type ou un modèle particulier de fusible est conforme aux caractéristiques spécifiées et fonctionne de façon satisfaisante dans des conditions normales de comportement ou dans des conditions spéciales spécifiées. Les essais de type sont exécutés sur des échantillons pour vérifier les caractéristiques spécifiées pour tous les fusibles du même modèle.

Ces essais ne doivent être répétés que si la construction est modifiée de telle façon qu'elle puisse modifier également le bon fonctionnement.

Les essais effectués sur des éléments de remplacement équipés de percuteurs sont valables pour des éléments de remplacement sans percuteur.

Pour des facilités d'essai, et avec l'accord préalable du constructeur, les valeurs prescrites pour les essais, notamment les tolérances, peuvent être modifiées dans le sens qui accroît la sévérité des essais. Lorsqu'une tolérance n'est pas spécifiée, les essais de type doivent être effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles spécifiées; les limites supérieures sont soumises à l'agrément du constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme sont, en principe, des essais de type, et les modalités de prélèvement pour les essais de réception ne sont pas données.

Si l'utilisateur désire effectuer des essais de réception, ces essais doivent être choisis parmi les essais de type, après accord entre constructeur et utilisateur.

Lorsque des essais sont effectués sur un fusible dont le rapport des essais de type a déjà été accepté, la responsabilité du constructeur envers l'utilisateur est limitée aux valeurs spécifiées les moins sévères et non aux valeurs obtenues au cours des essais de type. Par exemple, bien que des essais puissent avoir été faits à 103 % de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée, le constructeur n'est cependant pas engagé pour des valeurs quelconques de fonctionnement au-delà de 100 % de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée.

6.2 Liste des essais de type

Les essais de type à effectuer après la mise au point d'un modèle, ou à la suite d'une modification affectant le bon fonctionnement sont les suivants:

- essais diélectriques (socle seulement);
- essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée;
- essais de coupure;
- essais de vérification de la caractéristique temps-courant;
- essais d'étanchéité à l'huile (uniquement pour les fusibles prévus pour être utilisés dans l'huile);
- essais des percuteurs.

6.3 Règle d'essais communes à tous les essais de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des certificats d'essais de type contenant les indications nécessaires pour démontrer la conformité à cette norme.

Sauf spécification contraire, les paragraphes suivants doivent concerner les dispositions communes à tous les essais.

6 Type tests

6.1 Conditions for making the tests

Type tests are made to check whether a type or particular design of fuse corresponds to the characteristics specified and functions satisfactorily under normal behaviour conditions or under special specified conditions. Type tests are made on samples to check the specified characteristics of all fuses of the same type.

These tests shall be repeated only if the design is modified in a way which might modify the performance.

Tests made on fuse-links fitted with strikers are valid for fuse-links without strikers.

For convenience of testing, and with the previous consent of the manufacturer, the values prescribed for the tests, particularly the tolerances, can be changed so as to make the test conditions more severe. Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values no less severe than the specified values, the upper limits being subject to the consent of the manufacturer.

Tests specified in this standard are, in principle, type tests, and methods of sampling for acceptance tests are not given.

If the user wishes to make acceptance tests, these tests shall be selected from the type tests, after agreement between manufacturer and user.

Where tests are made on a fuse whose report of type tests has already been accepted, the responsibility of the manufacturer to the user is limited to the least onerous of the specified values and not to the values obtained during the type tests. For example, although breaking tests may have been made at 103 % of the specified power-frequency recovery voltage, nevertheless the manufacturer is not liable for any performance figures exceeding 100 % of the specified power-frequency recovery voltage.

6.2 List of type tests

The type tests to be conducted upon completion of a design or following a change that affects the performance are the following:

- dielectric tests (fuse-base only);
- temperature-rise tests and power-dissipation measurement;
- breaking tests;
- tests for time-current characteristics;
- oil-tightness tests (only for fuses intended to be used in oil);
- tests of strikers.

6.3 Common test practices for all type tests

The results of all type tests shall be recorded in type-test reports containing the data necessary to prove compliance with this standard.

The following shall be common test practices, unless otherwise specified.

6.3.1 Etat de l'appareil à l'essai

L'appareil doit être neuf, propre et en bon état. Avant d'effectuer les essais, sauf les essais diélectriques et les essais d'étanchéité à l'huile, la résistance de chaque élément de remplacement doit être mesurée avec un courant ne dépassant pas 10 % du courant assigné. La valeur de la résistance doit être notée ainsi que la température de l'air ambiant à laquelle le mesurage a été effectué.

6.3.2 Montage des fusibles

Le fusible à l'essai doit être monté sur un châssis métallique rigide mis à la terre, dans la position d'utilisation en service normal.

Sauf spécification contraire, les connexions doivent être disposées de façon à ne pas réduire les distances d'isolement normales.

6.4 Essais diélectriques

6.4.1 Règles d'essais

Les règles d'essais diélectriques doivent être celles spécifiées en 6.3 et comme suit.

NOTE Les éléments de remplacement ne peuvent pas être essayés séparément aussi bien à l'état neuf qu'après fonctionnement.

6.4.1.1 Montage

Pour les dispositions multipolaires de fusibles, lorsque la distance entre pôles n'est pas fixée par construction, il est nécessaire, lors des essais, d'utiliser la distance minimale entre pôles spécifiée par le constructeur.

6.4.1.2 Connexions électriques

Les connexions électriques doivent être constituées de conducteurs nus raccordés à chaque borne. Ces conducteurs doivent être disposés sans support, à partir des bornes du fusible et suivant un trajet sensiblement parallèle à l'élément de remplacement sur une distance au moins égale à la distance de sectionnement du fusible.

6.4.2 Points d'application de la tension d'essai pour les essais aux ondes de choc et à fréquence industrielle

La tension d'essai spécifiée dans les tableaux 4 et 5 pour le fusible à l'essai doit être appliquée successivement entre les points suivants, une borne de sortie du générateur de choc et un point de la source à fréquence industrielle étant reliés à la terre.

a) Entre les bornes et toutes les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre:

- 1) le fusible étant équipé de son élément de remplacement prêt à être utilisé;
- 2) l'élément de remplacement étant enlevé.

NOTE 1 Pour les dispositions multipolaires de fusibles

- entre toutes les parties sous tension de tous les pôles reliées ensemble et les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre;
- entre les bornes de chaque pôle et les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre, toutes les parties sous tension des autres pôles étant reliées aux parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre.

b) Entre entrée et sortie: ces essais sont faits sur les socles seulement.

Les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre doivent être reliées à la terre si des propriétés de sectionnement ne sont pas imposées au fusible. Si des propriétés de sectionnement sont imposées au fusible, les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre doivent être soit isolées de la terre soit reliées au point milieu de la source.

NOTE 2 Pour les dispositions multipolaires de fusibles, il convient que les bornes d'un côté soient reliées ensemble, et que les bornes du côté opposé soient également reliées entre elles.

6.3.1 Condition of device to be tested

The device shall be new, clean and in good condition. Before the tests are made, with the exception of dielectric and oil-tightness tests, the resistance of each fuse-link shall be measured with a current not exceeding 10 % of the rated current. The value of resistance shall be recorded together with the ambient air temperature at which the measurement was taken.

6.3.2 Mounting of fuses

The fuse to be tested shall be mounted on a rigid earthed metal structure in the normal service position for which it is designed.

Unless otherwise specified, the connections shall be so positioned that the normal clearances are not reduced.

6.4 Dielectric tests

6.4.1 Test practices

Dielectric test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

NOTE Fuse-links cannot be tested as separate devices either in the intact or in the operated state.

6.4.1.1 Mounting

For multipole arrangements of fuses, and when the distance between poles is not fixed by their construction, it is necessary, for test purposes, to provide the minimum distance between poles as specified by the manufacturer.

6.4.1.2 Electrical connections

Electrical connections shall be made by means of bare conductors connected to each terminal. These conductors shall project from the terminals of the fuse in a straight line substantially parallel to the fuse-link for an unsupported distance of at least the isolating distance of the fuse.

6.4.2 Application of test voltage for impulse and power-frequency test

The test voltage specified in tables 4 and 5 for the fuse under test shall be applied successively with one terminal of the output of the impulse generator and one point of the power-frequency source connected to earth.

a) Between terminals and all earthable metal parts:

- 1) with the fuse including the fuse-link ready for service;
- 2) with the fuse-link removed.

NOTE 1 For multi-pole arrangements of fuses

- between all live parts of all poles connected together and the earthable metal parts;
- between the terminals of each pole and the earthable metal parts with all the live parts of the other poles connected to the earthable metal parts.

b) Between terminals: these tests are made on fuse-bases only.

The earthable metal parts shall be connected to earth if isolating properties are not assigned to the fuses. If isolating properties are assigned to the fuse, earthable metal parts shall either be insulated from the earth or connected to the mid-point of the source.

NOTE 2 For multi-pole arrangements of fuses, the terminals of one side should be connected together and the terminals of the opposite side should be connected together.

6.4.3 Conditions atmosphériques pendant l'essai

L'essai doit être effectué dans des conditions atmosphériques aussi voisines que possible des conditions normales spécifiées en 11.1 de la CEI 60060-1.

Les facteurs de correction pour la densité de l'air et l'humidité, tels qu'ils sont indiqués en 11.2.1 et 11.2.2 de la CEI 60060-1, peuvent être utilisés pour les fusibles jusqu'à plus ample information.

6.4.4 Essais à sec aux chocs de foudre

Les fusibles doivent être soumis à des essais à sec aux chocs de foudre avec des ondes 1,2/50 conformes à la section 6 de la CEI 60060-1.

On doit appliquer 15 chocs consécutifs aux valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre spécifiées dans les tableaux 4 et 5, de la façon suivante:

- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour toutes les conditions d'essai a) prescrites en 6.4.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement ne sont pas assignées au socle;
- à la tension de tenue assignée sur la distance de sectionnement pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

Le fusible doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives à la masse, entre pôles ou entre entrée et sortie sur une isolation autorégénératrice, ne dépasse pas deux pour chaque condition d'essai et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice (voir CEI 60071-1).

Le fusible doit pouvoir satisfaire aux essais spécifiés avec des tensions de polarité positive et négative, mais lorsqu'il est évident qu'une polarité donnera la plus faible tension d'amorçage, il suffit d'effectuer l'essai uniquement avec cette polarité.

6.4.5 Essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle

Les fusibles doivent être soumis pendant 1 min à des essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle conformément aux spécifications de la CEI 60060-1.

Le circuit d'essai (transformateur muni d'un dispositif de réglage de la tension) doit avoir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A. Il est permis de mesurer la grandeur de ce courant à environ 1/10 de la tension spécifiée.

Les valeurs des tensions pour les essais de tension de tenue assignée à fréquence industrielle pendant 1 min sont spécifiées dans les tableaux 4 et 5. Les essais doivent être effectués aux valeurs suivantes:

- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour toutes les conditions d'essai a) prescrites en 6.4.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement ne sont pas assignées au socle;
- à la tension de tenue assignée sur la distance de sectionnement pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

S'il se produit un contournement ou une perforation, le fusible doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

6.4.3 Atmospheric conditions during test

The test shall be made at atmospheric conditions as near as possible to the standard conditions specified in 11.1 of IEC 60060-1.

The correction factors for air density and for air humidity, as given in 11.2.1 and 11.2.2 of IEC 60060-1, may be used for fuses pending further information.

6.4.4 Lightning impulse voltage dry tests

Fuses shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests with 1,2/50 impulses in accordance with section 6 of IEC 60060-1.

Fifteen consecutive impulses at the rated lightning impulse withstand voltages specified in tables 4 and 5 shall be applied as follows:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions a) of 6.4.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are not assigned to the fuse-base;
- at the rated withstand voltage across the isolating distance for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are assigned to the fuse-base.

The fuse shall be considered to have passed the test successfully if the number of disruptive discharges to earth, between poles or between terminals on self-restoring insulation, does not exceed two for each test condition and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs (see IEC 60071-1).

The fuse shall be capable of passing the specified tests with voltages of both positive and negative polarity, but where there is evidence as to which polarity will give the lower breakdown voltage, it shall suffice to test with that polarity only.

6.4.5 Power-frequency voltage dry tests

Fuses shall be subjected to 1 min, power-frequency voltage dry tests as specified in IEC 60060-1.

The test circuit (transformer with voltage-regulating device) shall have a short-circuit current of at least 0,2 A. It is permissible to check the magnitude of the current at approximately one-tenth of the specified voltage.

The values for the rated 1 min, power-frequency withstand voltage tests are specified in tables 4 and 5. The tests shall be made at the following values:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions a) of 6.4.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test conditions b) of 6.4.2 if isolating properties are not assigned to the fuse-base;
- at the rated withstand voltage across the isolating distance for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are assigned to the fuse-base.

If flashover or puncture occurs, the fuse shall be considered to have failed the test.

6.4.6 Essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle

Les fusibles de type extérieur doivent être soumis à des essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle, dans les mêmes conditions que celles spécifiées en 6.4.5, sauf en ce qui concerne la durée de l'essai qui est de 1 min. Toutefois, s'il se produit une décharge disruptive sur une isolation externe autorégénératrice, cet essai doit être répété dans les mêmes conditions d'essai et le fusible doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de nouvelle décharge disruptive.

Pendant ces essais, les fusibles doivent être soumis à une pluie artificielle faisant un angle de 45° avec la verticale, les modalités d'essais étant conformes à celles indiquées dans l'article 9 de la CEI 60060-1.

NOTE Dans certains pays (p. ex. Amérique du Nord), la pratique courante est d'une durée d'essai de 10 s.

6.5 Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée

6.5.1 Règles d'essais

Les essais d'échauffement et de mesurage de la puissance dissipée doivent être effectués sur un fusible conformément aux indications de 6.3 et comme décrit ci-après.

6.5.1.1 Echantillon d'essai

Le socle doit être tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement à l'essai.

L'élément de remplacement doit avoir le courant assigné maximal utilisable dans le socle.

6.5.1.2 Disposition de l'appareil

L'essai doit être fait dans une salle fermée, pratiquement exempte de courants d'air, exception faite de ceux provoqués par l'échauffement du dispositif à l'essai.

Le fusible dans l'air doit être monté en respectant les instructions données par le constructeur, dans la position la plus défavorable, et il doit être raccordé au circuit d'essai par des conducteurs en cuivre nu de la façon suivante: chaque conducteur doit avoir une longueur approximative de 1 m et doit être monté dans un plan parallèle au plan de fixation du fusible, mais il peut avoir une direction quelconque dans ce plan. Les sections des conducteurs sont données dans le tableau 12.

**Tableau 12 – Branchement électrique au circuit d'essai –
Dimensions des conducteurs**

Courant assigné de l'élément de remplacement A		Section des conducteurs en cuivre nu mm ²	
	Inférieur ou égal à 25	De 20 à	30
	Supérieur à 25 et inférieur ou égal à 63	De 40 à	60
	Supérieur à 63 et inférieur ou égal à 200	De 120 à	160
	Supérieur à 200 et inférieur ou égal à 400	De 250 à	350
	Supérieur à 400 et inférieur ou égal à 630	De 500 à	600
	Supérieur à 630 et inférieur ou égal à 1 000	De 800 à	1 000
NOTE 1 La section équivalente en MCM (milliers de milles circulaires) peut être obtenue en multipliant par deux les nombres figurant dans la deuxième colonne.			
NOTE 2 Pour les éléments de remplacement en parallèle, le courant assigné à prendre en compte est le courant total fixé par le constructeur.			

6.4.6 Power-frequency wet tests

Outdoor type fuses shall be subjected to power-frequency voltage wet tests under the same conditions as specified in 6.4.5 except for the duration, which is 1 min. However, if a disruptive discharge on self-restoring external insulation occurs, this test shall be repeated with the same test conditions and the fuse shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

During these tests, the fuses shall be subjected to artificial rain at an angle of 45° to the vertical, the test procedure being in accordance with clause 9 of IEC 60060-1.

NOTE In some countries (i.e. North America), common practice is a 10 s duration test.

6.5 Temperature-rise tests and power-dissipation measurement

6.5.1 Test practices

Temperature-rise tests and power-dissipation measurement shall be made as specified in 6.3 on one fuse and as follows.

6.5.1.1 Test sample

The fuse-base shall be as specified by the manufacturer of the fuse-link being tested.

The fuse-link shall be of the highest current-rating for use in the fuse-base.

6.5.1.2 Arrangement of the equipment

The test shall be made in a closed room substantially free from air currents, except those generated by heat from the device being tested.

The fuse in air shall be mounted in the most unfavourable position within the instructions specified by the manufacturer and connected to the test circuit by bare copper conductors as follows: each conductor shall be approximately 1 m (3 ¼ ft) long, mounted in a plane parallel to the mounting surface of the fuse, but it may be in any direction in this plane. The sizes of the leads are given in table 12.

Table 12 – Electrical connection to the test circuit – Conductor sizes

Current rating of the fuse-link A			Size of bare copper conductors mm ²	
	Up to and including	25	From 20 to	30
Above	25 up to and including	63	From 40 to	60
Above	63 up to and including	200	From 120 to	160
Above	200 up to and including	400	From 250 to	350
Above	400 up to and including	630	From 500 to	600
Above	630 up to and including	1 000	From 800 to	1 000
NOTE 1 The equivalent area in MCM (thousands of circular miles) can be obtained by multiplying the numbers in the second column by two.				
NOTE 2 For fuse-links in parallel, the current rating to be considered is the total current assigned by the manufacturer.				

Les éléments de remplacement destinés à être utilisés dans l'appareillage et immergés dans l'huile doivent être essayés dans une cuve remplie d'huile, conçue pour représenter les conditions de service. Le volume de cette cuve doit être égal à environ 30 fois le volume de l'élément de remplacement à l'essai. L'élément de remplacement doit être immergé de façon que l'huile soit également répartie autour de lui. L'annexe C donne, à titre d'exemple, un dispositif d'essai recommandé pour les éléments de remplacement jusqu'à 200 A selon la feuille de caractéristiques II de l'annexe D. Les connexions d'essai extérieures à la cuve doivent être disposées comme indiqué à l'alinéa précédent avec les dimensions données dans le tableau 12.

Il n'est pas nécessaire de respecter les distances d'isolement normales.

Les essais doivent être faits au courant assigné de l'élément de remplacement et à une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz. Chaque essai doit être fait pendant une période suffisamment longue pour que l'échauffement atteigne une valeur constante (cette condition est considérée comme pratiquement réalisée lorsque l'élévation de l'échauffement n'excède pas 1 K/h).

L'échauffement des différentes parties du fusible ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans l'article 4.

6.5.2 Mesurage de la température

6.5.2.1 Température des éléments du fusible

La température des différentes parties pour lesquelles des limites sont spécifiées doit être déterminée par des dispositifs tels que thermocouples, thermomètres ou éléments de contacts placés et fixés de façon à obtenir une bonne conduction de la chaleur au point accessible le plus chaud. L'échauffement doit être enregistré à des intervalles réguliers au cours de l'essai, lorsque le calcul de la constante de temps thermique est nécessaire.

La température à la surface d'un composant immergé dans un diélectrique liquide doit être mesurée uniquement avec des thermocouples fixés à la surface de ce composant. La température du diélectrique liquide lui-même doit être mesurée à la partie supérieure du diélectrique.

Pour les mesurages effectués avec des thermomètres ou des thermocouples, les précautions suivantes doivent être prises.

- a) Les réservoirs des thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre le refroidissement venant de l'extérieur (laine sèche et propre, etc.). La surface protégée doit cependant être négligeable vis-à-vis de la surface de refroidissement de l'appareil à l'essai.
- b) Une bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie à l'essai doit être assurée.
- c) Lorsque des thermomètres à réservoir sont employés à des endroits où existent des champs magnétiques variables, il est recommandé d'employer des thermomètres à alcool de préférence aux thermomètres à mercure, ces derniers pouvant être influencés dans ces conditions.

6.5.2.2 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant le fusible de connexion (pour des fusibles sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe). Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins trois thermomètres, thermocouples ou autres dispositifs capteurs de température disposés régulièrement autour du fusible à environ la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant et à une distance d'environ 1 m du fusible. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de chaleur.

Oil-tight fuse-links for use in switchgear shall be tested in an oil-filled enclosure designed to simulate service conditions. The volume of this enclosure shall be about 30 times the volume of the fuse-link under test. The fuse-link shall be immersed in such a manner that the oil is equally distributed around the fuse-link. Annex C gives an example of preferred testing arrangements for fuse-links up to 200 A in accordance with data sheet II of annex D. The test conductors external to the tank shall be arranged as given in the preceding paragraph, with the sizes as given in table 12.

Normal clearances need not be provided.

Tests shall be made with the rated current of the fuse-link and at a frequency between 48 Hz and 62 Hz. Each test shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value (for practical purposes, this condition is regarded as being obtained when the increase of temperature rise does not exceed 1 K/h).

The temperature rise of the various parts of the fuse shall not exceed the values specified in clause 4.

6.5.2 Measurement of temperature

6.5.2.1 Temperature of fuse parts

The temperature of the various parts for which limits are specified shall be determined by devices such as thermocouples, thermometers or contact elements located and secured to provide good heat conduction at the hottest accessible spot. The temperature rise shall be recorded at regular intervals throughout the test when the calculation of the thermal time constant is needed.

The surface temperature of a component immersed in a liquid dielectric shall be measured only by thermocouples attached to the surface of this component. The temperature of the liquid dielectric itself shall be measured in the upper layer of the dielectric.

For measurement with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken.

- a) The bulbs of the thermometers or thermocouples shall be protected against cooling from outside (dry, clean wool, etc.). The protection area shall, however, be negligible compared to the cooling area of the apparatus under test.
- b) Good heat conductivity between the thermometer or thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.
- c) When bulb thermometers are employed in places where there is a varying magnetic field, it is recommended that alcohol thermometers be used in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

6.5.2.2 Ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the fuse (for enclosed fuses, it is the air outside the enclosure). It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, thermocouples or other temperature-detecting devices equally distributed around the fuse at about the average height of its current-carrying parts at a distance of about 1 m from the fuse. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être placés dans de petits flacons contenant environ un demi-litre d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. Si cela n'est pas possible du fait des conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un fusible identique, placé dans les mêmes conditions mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Ce fusible supplémentaire ne doit pas être soumis à une quantité de chaleur excessive.

La température de l'air ambiant pendant les essais doit être comprise entre +10 °C et +40 °C. Aucune correction des échauffements observés n'est faite pour des températures de l'air ambiant comprise dans ces limites.

6.5.3 Mesurage de la puissance dissipée

Il peut être nécessaire de déclasser les fusibles utilisés sous enveloppes (voir 8.3.2 et l'annexe F). La puissance dissipée doit être mesurée pour faciliter ce déclassement, de la façon suivante.

- a) Le mesurage de la puissance dissipée peut être fait au cours de l'essai d'échauffement. Deux valeurs doivent être mesurées, l'une à 50 % du courant assigné de l'élément de remplacement et l'autre à 100 %. La tension doit être mesurée sur les contacts des éléments de remplacement aussi près que possible de la pièce de contact immédiatement adjacente. Le mesurage doit être fait lorsque la puissance dissipée (la température) a atteint une valeur stable pour la valeur de courant considérée. La puissance dissipée est exprimée en watts.

NOTE Cette exigence ne s'applique qu'aux fusibles destinés à être utilisés sous enveloppe. Pour les autres fusibles, voir 7.1.

- b) Les constructeurs d'appareillage et les utilisateurs qui incorporent des fusibles dans leurs appareillages peuvent tenir compte des valeurs de puissance dissipée pour déterminer les facteurs de déclassement pour les différents types de fusibles adaptés à leurs appareillages. La valeur de puissance dissipée n'est pas le seul paramètre définissant les facteurs de déclassement.

6.6 Essais de coupure

6.6.1 Règles d'essais

Les règles d'essais de coupure doivent être celles spécifiées en 6.3 et comme décrites ci-après.

6.6.1.1 Description des essais à effectuer

Les essais doivent être effectués conformément aux instructions données dans le tableau 13 et doivent comprendre au moins trois suites d'essais donnant les conditions de coupure les plus sévères dans la gamme des courants de fonctionnement.

Suite d'essais 1: Vérification de fonctionnement au courant maximal de coupure assigné I_1 (voir notes 1, 3, 4 et 5).

Suite d'essais 2: Vérification du fonctionnement avec le courant I_2 pour lequel la limitation du courant se produit lorsqu'un niveau élevé d'énergie est emmagasiné dans l'inductance du circuit (voir notes 1 à 4).

Suite d'essais 3: Vérification du fonctionnement avec le courant I_3 (voir note 1):

- pour les fusibles associés, I_3 est le courant minimal de coupure assigné;
- pour les fusibles d'usage général, I_3 est le courant qui provoque la fusion en 1 h ou plus;
- pour les fusibles à coupure intégrale, I_3 est le courant assigné de l'élément de remplacement.

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into small oil-filled bottles with oil contents of about half a litre.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions in the test room, the temperature of an identical fuse under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional fuse shall not be subjected to an undue amount of heat.

The ambient air temperature during tests shall be between +10 °C and +40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperature within this range.

6.5.3 Measurement of power dissipation

Fuses intended for use in enclosures may require derating (see 8.3.2 and annex F). To facilitate this derating, measurement of the power dissipation shall be made as follows.

- a) The measurement of power dissipation can be made during the temperature-rise test. Two values shall be measured, one at 50 % and the second at 100 % of the rated current of the fuse-link. The voltage shall be measured on the fuse-link contacts as close as possible to the point of contact with the immediately mating contact piece. Measurement shall be made when the power dissipation (the temperature) has reached a steady-state value for the current value considered. The power dissipation is expressed in watts.

NOTE This requirement applies only to fuses intended for use in enclosures. For other fuses, see 7.1.

- b) Switchgear manufacturers and users who incorporate fuses into their equipment may take account of the power dissipation values to determine derating factors for different types of fuses fitted into their equipment. The power dissipation value is not the only parameter to define derating factors.

6.6 Breaking tests

6.6.1 Test practices

Breaking test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

6.6.1.1 Description of tests to be made

Tests shall be made according to the instructions given in table 13 and shall include at least three test duties, giving the most severe breaking conditions throughout the range of operating currents.

Test Duty 1: Verification of operation with the rated maximum breaking current I_1 (see notes 1, 3, 4 and 5).

Test Duty 2: Verification of the operation with prospective current I_2 at which current limitation occurs when a high level of energy is stored in the inductance of the circuit (see notes 1 to 4).

Test Duty 3: Verification of operation at current I_3 (see note 1):

- for back-up fuses, I_3 is the rated minimum breaking current;
- for general-purpose fuses, I_3 is the current that causes melting in 1 h or more;
- for full-range fuses, I_3 is equal to the rated current of the fuse-link.

Cela permet un déclassement important qui pourrait amener la valeur minimale du courant de fusion près de la valeur du courant assigné. Dans le cas de fusibles conçus pour être utilisés dans un environnement (fluide) dont la température sera supérieure à 40 °C, l'essai doit être réalisé conformément à 6.6.3.3 (voir note 6).

Essais I_t : pour les éléments de remplacement présentant un ou des courants d'intersection (voir 6.6.1.3).

En cas d'éléments de remplacement comprenant différents dispositifs d'extinction d'arc dans la même enveloppe (par exemple des éléments limiteurs de courant en série avec des éléments d'expulsion), il peut être nécessaire d'ajouter aux suites d'essais 1, 2 et 3 ci-dessus des essais supplémentaires destinés à prouver leur bon fonctionnement dans la ou les zones de courant I_t où le processus de coupure est transféré d'un dispositif d'extinction à un autre.

Les essais de coupure n'ont pas à être effectués sur les éléments de remplacement correspondant à tous les courants assignés d'une série homogène; voir 6.6.4 pour les conditions à remplir et les essais à effectuer.

On peut également qualifier une série homogène sans essais de coupure, par interpolation entre les résultats d'essais relatifs à de séries homogènes d'éléments de remplacement de tensions assignées plus élevées et plus faibles; voir 6.6.5 pour les conditions à remplir.

NOTE 1 Les valeurs de I_1 , I_2 , I_3 et I_t sont les valeurs efficaces de la composante périodique du courant.

NOTE 2 A titre indicatif, la valeur du courant I_2 satisfaisant à cette spécification peut être déterminée par l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

- a) A partir de l'équation suivante, si un essai avec un courant au moins égal à 150 fois le courant assigné a été fait au cours de la suite d'essais 1 avec un début de court-circuit en régime symétrique:

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{t_1}{t_2}}$$

où

I_2 est le courant présumé de la suite d'essais 2;

i_1 est la valeur instantanée du courant à l'instant de fusion dans la suite d'essais 1;

I_1 est le courant présumé de la suite d'essais 1.

- b) En prenant trois à quatre fois le courant auquel correspond un temps de préarc d'une demi-période sur la caractéristique temps-courant (voir 6.7 et 4.11). S'il existe une caractéristique temps-courant pour des temps virtuels inférieurs à une demi-période, il est préférable d'utiliser le courant correspondant sur cette caractéristique temps-courant à un temps de 0,08 demi-période normale.

NOTE 3 Si lors de l'exécution des essais de la suite d'essais 2, toutes les conditions requises pour la suite d'essais 1 sont complètement remplies au cours d'un ou de plusieurs essais, ces essais n'ont pas besoin d'être répétés au cours de la suite d'essais 1.

NOTE 4 Dans des cas très exceptionnels, le courant I_2 peut être plus élevé que le courant maximal de coupure assigné I_1 . Les suites d'essais 1 et 2 sont alors remplacées par six essais au courant maximal de coupure assigné avec des angles d'établissement répartis aussi régulièrement que possible et séparés l'un de l'autre d'environ 30°. (Les paramètres utilisés seront ceux de la suite d'essais 2 (voir tableau 13) sauf l'angle d'établissement et la valeur instantanée du courant au début de l'arc.

NOTE 5 S'il est impossible au cours de la suite d'essais 1 d'obtenir un début d'arc au voisinage de 65° après le zéro de tension, même en établissant le courant avec l'angle le plus faible possible, l'essai spécifié avec un début d'arc compris entre 40° et 65° après le zéro de tension est remplacé par un essai supplémentaire (soit trois au total) avec un début d'arc compris entre 65° et 90° après le zéro de tension.

NOTE 6 Certains types de fusibles à coupure intégrale sont spécialement conçus pour être utilisés dans un environnement dont la température s'élève au-dessus des limites de conditions normales de service, voir 2.1a) – par exemple dans la cuve d'un transformateur ou à l'extérieur avec un niveau de radiation solaire élevé. Ces conditions peuvent entraîner la fusion des éléments fusibles à un courant inférieur au courant assigné de l'élément de remplacement. Des essais spéciaux prenant en compte cette application contraignante sont détaillés en 6.6.3.3.

This is in order to allow for the possibility of severe derating which would bring the value of minimum melting current down to near to the fuse rated current. In the case of fuses designed for use in a surrounding temperature (fluid environment) above 40 °C, the test shall be performed in accordance with 6.6.3.3 (see note 6).

Test I_t : for fuse-links that exhibit take-over current(s) (see 6.6.1.3).

In the case of fuses which incorporate different arc-quenching mechanisms within the same envelope (for example, current-limiting elements and expulsion elements in series), Test Duty 1, 2 and 3 above may need to be augmented by additional tests to prove correct operation in the region(s) of current I_t where the breaking duty is transferred from one arc-quenching mechanism to another.

It is not necessary to make breaking tests on fuse-links of all current ratings of a homogeneous series; see 6.6.4 for the requirements to be met and tests to be made.

A homogeneous series can also be approved without breaking tests by interpolation between the results of tests of related homogeneous series of fuse-links of higher and lower rated voltages; see 6.6.5 for the requirements to be met.

NOTE 1 Values of I_1 , I_2 , I_3 and I_t are the r.m.s. values of the a.c. component of the current.

NOTE 2 As a guide, the value of the current I_2 needed to comply with this requirement may be determined by one or other of the following methods.

- a) From the following equation, if one test at a current 150 times the current rating or higher has been made under symmetrical fault initiation in Test Duty 1:

$$I_2 = i_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_t}}$$

where

I_2 is the prospective current for Test Duty 2;

i_1 is the instantaneous current at instant of melting in Test Duty 1;

I_1 is the prospective current in Test Duty 1.

- b) By taking between three and four times the current which corresponds to a pre-arcing time of one half-cycle on the time-current characteristic (see 6.7 and 4.11). If a time-current characteristic curve exists for virtual times less than one half-cycle, it is preferable to use the current corresponding on this time-current characteristic to a time of 0,08 normal half-cycle.

NOTE 3 If, in making tests in accordance with Test Duty 2, the requirements of Test Duty 1 are completely met on one or more tests, then these tests need not be repeated as part of Test Duty 1.

NOTE 4 In very exceptional cases, the current I_2 may be higher than the rated maximum breaking current I_1 . Test duties 1 and 2 shall then be replaced by six tests at rated maximum breaking current with making angles as nearly as possible equally distributed with approximately 30° between each. (The parameters used will be those of Test Duty 2 (see table 13) except the making angle and value of instantaneous current at initiation of arcing.)

NOTE 5 If it is impossible in Test Duty 1 to initiate arcing as early as 65° after voltage zero, even by making at the earliest permissible angle, the requirement of one test with the initiation of arcing from 40° to 65° after voltage zero is replaced by an additional test (making a total of three) with initiation of arcing from 65° to 90° after voltage zero.

NOTE 6 Some types of full-range fuses are designed specifically for use in conditions of high surrounding temperature, above the limits for normal service conditions, see 2.1a), for example inside a transformer tank or outdoor applications with high solar radiation). Such conditions may result in the fuse elements melting at a lower current than the fuse-link rated current. Special tests to take account of this onerous application are detailed in 6.6.3.3.

Tableau 13 – Essais de coupure – Paramètres

Paramètres	Suite d'essais		
	1	2	3
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	(0,87 × tension assignée) $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %		Tension assignée $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %
Caractéristiques de la TTR présumée	Voir 6.6.1.2		Pas de valeur spécifiée
Facteur de puissance	De 0,07 à 0,15 (note 1)		0,4 à 0,6
Courant présumé (valeur efficace de la composante périodique)	I_1 $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %	I_2	I_3 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$ % (note 2)
Courant instantané au début de l'arc	Sans objet	De 0,85 I_2 à 1,06 I_2	Sans objet
Angle d'établissement	Pas avant le zéro de tension	De 0° à 20° après le zéro de tension	Quelconque
Début de l'arc après zéro de tension	<i>Pour un essai:</i> De 40° à 65° <i>Pour deux essais:</i> De 65° à 90° (note 3)	Sans objet	Sans objet
Durée de maintien de la tension après coupure	Supérieure ou égale à 15 s	Supérieure ou égale à 60 s	
Nombre d'essais	3	3	2
NOTE 1 Lorsque le constructeur est d'accord, la limite la plus basse ne s'applique pas. NOTE 2 Lorsque l'installation de la station d'essais ne permet pas de maintenir le courant constant, la tolérance sur le courant peut être dépassée dans une direction quelconque pendant un temps n'excédant pas 20 % du temps total de fusion, à condition que le courant au début de l'arc reste dans la tolérance spécifiée pour la suite d'essais 3. NOTE 3 Etant donné que les conditions de fonctionnement peuvent produire sur les fusibles une grande variété de contraintes et que les essais de coupure sont destinés en principe à produire sur les fusibles les conditions les plus sévères, notamment en ce qui concerne l'énergie d'arc et les contraintes thermiques et mécaniques pour cette valeur de courant, il est admis que ces conditions seront pratiquement remplies au moins une fois en effectuant les essais indiqués.			

6.6.1.2 Caractéristiques du circuit d'essai

Les essais de coupure doivent être faits en courant alternatif monophasé et sur des fusibles unipolaires.

Les éléments du circuit utilisés pour ajuster le courant et le facteur de puissance doivent être en série les uns avec les autres et avec le fusible comme indiqué aux figures 3 et 4. On ne doit pas utiliser de réactances susceptibles d'être saturées.

La fréquence du circuit d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

Il est recommandé de ne pas avoir de distorsion de la tension de rétablissement à fréquence industrielle qui puisse être facilement constatée lors de l'examen de l'oscillogramme. Lorsqu'une distorsion est inévitable, elle ne doit pas être assez importante pour nécessiter une tension aux bornes du circuit ouvert supérieure à 107 % de la tension correspondant à la tension de rétablissement requise pour les suites d'essais 1 et 2 spécifiées en 6.6.1.1.

Un système de mesure ayant une réponse en fréquence adéquate doit être prévu pour mesurer la surtension de fonctionnement pendant les suites d'essais 1, 2 et I_t . Pour la suite d'essais 3, ce système de mesure peut être remplacé par un éclateur à sphère ou par un dispositif ayant une réponse équivalente.

Table 13 – Breaking tests – Parameters

Parameters	Test duties		
	1	2	3
Power-frequency recovery voltage	$(0,87 \times \text{rated voltage}) \begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$		Rated voltage $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
Prospective TRV characteristics	See 6.6.1.2		Not specified
Power factor	From 0,07 to 0,15 (note 1)		0,4 to 0,6
Prospective current (r.m.s. value of the a.c. component)	$I_1 \begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$	I_2	$I_3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix} \%$ (note 2)
Instantaneous current at initiation of arcing	Not applicable	From $0,85 I_2$ to $1,06 I_2$	Not applicable
Making angle	Not before voltage zero	From 0° to 20° after voltage zero	Random timing
Initiation of arcing after voltage zero	For one test: From 40° to 65° For two tests: From 65° to 90° (note 3)	Not applicable	Not applicable
Maintained voltage after breaking	Not less than 15 s	Not less than 60 s	
Number of tests	3	3	2
NOTE 1 When the manufacturer agrees, the lower limit does not apply. NOTE 2 When testing station limitations prevent the maintenance of constant current, the tolerance on the current can be exceeded in either direction during not more than 20 % of the total melting time, provided that the current at the initiation of arcing is within the tolerance specified for Test Duty 3. NOTE 3 Since the operating conditions can produce a wide variety of stresses on the fuse and, as the breaking tests are intended in principle to produce the most severe conditions mainly as regards the arc energy and the thermal and mechanical stresses for this value of current, it is recognized that these conditions will be practically obtained at least once, when making the three tests indicated.			

6.6.1.2 Characteristics of the test circuit

The breaking tests shall be made with single-phase alternating current and with single fuses.

The circuit elements used to control the current and power factor shall be in series relationship with each other and with the fuse, as shown in figures 3 and 4. No reactors shall be used that are vulnerable to saturation.

The test-circuit frequency shall be between 48 Hz and 62 Hz.

It is recommended that there be no distortion of the power-frequency recovery voltage that can readily be seen by inspection of the oscillogram. Where some distortion is unavoidable, it shall not be such as to necessitate the open-circuit voltage to be more than 107 % of the voltage corresponding to the required recovery voltage on test duties 1 and 2, as specified in 6.6.1.1.

A measuring system with appropriate frequency response shall be provided for switching voltage measurement during Test Duties 1, 2 and I_t . For Test Duty 3, this measuring system may be replaced by a sphere-gap or a device of equivalent response.

La protection contre les surtensions de fonctionnement utilisée dans le circuit d'essai doit être réalisée de telle façon qu'aucun amorçage ne se produise pendant le fonctionnement normal du fusible, étant donné qu'une dérivation à travers un tel dispositif de protection pourrait réduire les contraintes sur le fusible.

L'onde de la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'essai doit être conforme aux deux exigences suivantes:

Exigence a): son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié.

NOTE Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié (voir le quatrième alinéa de 6.1).

Exigence b): sa partie initiale ne doit pas traverser le segment de droite spécifié définissant le retard (éventuellement).

La figure 9 illustre ces exigences.

Les valeurs normales des tracés de référence et des segments de droite spécifiées définissant le retard pour les diverses suites d'essais sont celles qui suivent.

6.6.1.2.1 TTR pour suite d'essais 1

En principe, les essais sont effectués avec les valeurs normales de la TTR spécifiées en 4.9. Cependant, comme indiqué dans l'annexe B, les fusibles limiteurs de courant ne sont pas sensibles aux caractéristiques de la TTR sauf lorsqu'on atteint une tension d'arc très élevée immédiatement après le début de l'arc. En conséquence, et pour des facilités d'essai, on peut effectuer les essais comme décrit ci-après.

Un premier essai sera effectué avec une TTR présumée pratique quelconque et avec un début d'arc compris entre 65° et 90° après le zéro de tension. Si, au cours de cet essai, la tension d'arc n'atteint pas sa crête la plus élevée dans un temps inférieur ou égal à $2 t_3$ après le début de l'arc, cet essai est valable et la suite d'essais 1 sera achevée avec le même circuit. Sinon, le circuit doit être modifié pour présenter une TTR dont l'enveloppe ne sera à aucun instant au-dessous du tracé de référence spécifié en 4.9 et dont la partie initiale ne traversera pas le segment de droite définissant le retard spécifié. Tous les essais de la suite d'essais 1 doivent être faits sur ce nouveau circuit.

6.6.1.2.2 TTR pour suite d'essais 2

Les essais doivent être effectués avec les valeurs de TTR présumée spécifiées dans les tableaux 14 et 15 (voir annexe B).

L'onde de la TTR présumée du circuit d'essai doit être conforme aux spécifications suivantes:

- a) sa valeur maximale de crête ne doit pas être inférieure au paramètre u_c spécifié;
- b) le segment ascendant de son enveloppe doit être compris entre les deux lignes spécifiées par la tolérance de t_3 .

NOTE 1 Le segment de droite définissant le retard n'est pas spécifié étant donné que la partie initiale de la TTR est sans importance pour le comportement de fusible (voir annexe B).

NOTE 2 Il peut être difficile d'obtenir les coordonnées de temps spécifiées, particulièrement pour les fusibles dont le courant d'essai I_2 est petit. Dans de tels cas, sous réserve d'une entente avec le fabricant, de plus grandes valeurs de t_3 sont acceptables; il convient toutefois qu'elles soient indiquées dans le rapport d'essai.

Switching voltage protective equipment used in the test circuit shall be such that no spark-over occurs during the normal interrupting operation of the fuse, since a parallel path through protective equipment may reduce the duty on the fuse.

The prospective transient recovery voltage wave of the test circuit shall comply with the following two requirements:

Requirement a): its envelope shall at no time be below the specified reference line.

NOTE It is stressed that the extent by which the envelope may exceed the specified reference line requires the consent of the manufacturer (see the fourth paragraph of 6.1).

Requirement b): its initial portion shall not cross the specified delay line (if any).

These requirements are illustrated in figure 9.

Standard values of reference and delay lines specified for the various test duties are as follows.

6.6.1.2.1 TRV for Test Duty 1

In principle, the tests are made with the standardized values of TRV specified in 4.9. However, as stated in annex B, current-limiting fuses are not sensitive to TRV characteristics, except when the highest arc voltage is reached immediately after initiation of the arc. Consequently, for convenience of testing, the tests may be made as follows.

A first test will be made with any convenient prospective TRV and with initiation of arcing from 65° to 90° after voltage zero. If, during this test, the highest peak of arc voltage is not reached within a time equal to $2 t_3$ after initiation of arcing, this test is valid and the Test Duty 1 will be completed in the same circuit. Otherwise, the circuit shall be changed to provide a TRV with an envelope being at no time below the reference line specified in 4.9 and an initial portion not crossing the specified delay line. All the tests of Test Duty 1 shall be made in this new circuit.

6.6.1.2.2 TRV for Test Duty 2

Tests shall be made with the values of prospective TRV specified in tables 14 and 15 (see annex B).

The prospective TRV wave of the test circuit shall comply with the following requirements:

- a) its highest peak shall be not smaller than the parameter u_c specified;
- b) the rising segment of its envelope shall be between the two lines specified by the tolerance of t_3 .

NOTE 1 A delay line is not specified, because the initial portion of the TRV wave is of no importance for the behaviour of the fuse (see annex B).

NOTE 2 Especially for fuses where the test current I_2 is small, it may be difficult to achieve the values of time coordinate specified. In such cases, and subject to agreement by the manufacturer, greater values of t_3 are acceptable and should be stated in the test report.

Tableau 14 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série I

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c^a	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/μs
3,6	6,6	120 – 160	0,055 – 0,041
7,2	13,2	156 – 208	0,084 – 0,063
12	22	180 – 240	0,122 – 0,091
17,5	32	216 – 288	0,148 – 0,111
24	44	264 – 352	0,167 – 0,125
36	66	324 – 432	0,203 – 0,152
40,5	74	345 – 460	0,214 – 0,160
52	96	396 – 528	0,242 – 0,181
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

Tableau 15 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série II

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c^a	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/μs
2,75	5	111 – 148	0,045 – 0,033
5,5	10	138 – 184	0,072 – 0,054
8,25	15,4	162 – 216	0,095 – 0,071
15	27,5	198 – 264	0,138 – 0,104
15,5	28,4	201 – 268	0,141 – 0,106
25,8	47	273 – 364	0,172 – 0,129
38	69,5	333 – 444	0,208 – 0,156
48,3	89	381 – 508	0,233 – 0,175
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

6.6.1.2.3 TTR pour suite d'essais 3

Les caractéristiques de la TTR ne sont pas spécifiées; la réactance du circuit (qui peut être la réactance du transformateur ou la réactance de l'ensemble transformateur-réactance(s) doit être shuntée par une résistance R_p de valeur sensiblement égale à 40 fois la valeur de la réactance. Toutefois, si cette valeur ne donne pas au moins l'amortissement critique, elle doit être diminuée de façon à obtenir cet amortissement critique (voir annexe B).

Table 14 – TRV for Test Duty 2 – Series I

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time coordinate	
U_r	u_c^a	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
3,6	6,6	120 – 160	0,055 – 0,041
7,2	13,2	156 – 208	0,084 – 0,063
12	22	180 – 240	0,122 – 0,091
17,5	32	216 – 288	0,148 – 0,111
24	44	264 – 352	0,167 – 0,125
36	66	324 – 432	0,203 – 0,152
40,5	74	345 – 460	0,214 – 0,160
52	96	396 – 528	0,242 – 0,181
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

Table 15 – TRV for Test Duty 2 – Series II

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time coordinate	
U_r	u_c^a	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
2,75	5	111 – 148	0,045 – 0,033
5,5	10	138 – 184	0,072 – 0,054
8,25	15,4	162 – 216	0,095 – 0,071
15	27,5	198 – 264	0,138 – 0,104
15,5	28,4	201 – 268	0,141 – 0,106
25,8	47	273 – 364	0,172 – 0,129
38	69,5	333 – 444	0,208 – 0,156
48,3	89	381 – 508	0,233 – 0,175
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

6.6.1.2.3 TRV for Test Duty 3

TRV characteristics are not specified; the reactance of the circuit (which may be the reactance of the transformer or the reactance of the transformer and reactor(s)) shall be shunted by a resistance R_p with a value equal to approximately 40 times the value of the reactance. However, if this value does not result in at least critical damping, the resistance shall be lower to achieve critical damping (see annex B).

L'amortissement critique est obtenu quand

$$R = \frac{1}{2} \frac{f_0}{f_N} X$$

où

f_0 est la fréquence propre du circuit sans amortissement complémentaire;

f_N est la fréquence industrielle;

X est la réactance du circuit à fréquence industrielle.

6.6.1.3 Essai I_t (pour les fusibles avec un courant d'intersection)

En principe, il convient d'effectuer trois essais pour chacune des zones de courant I_t .

Les paramètres à utiliser pour effectuer les essais sont les suivants, selon la valeur du courant d'intersection I_t :

- I_t dans la gamme des courants de court-circuit (limiteur de courant); toutes conditions d'essais spécifiées au tableau 13 convenant au courant d'essai;
- I_t dans la gamme des faibles surintensités, c'est-à-dire inférieur à 12 fois le courant assigné: conditions d'essais de la suite d'essais 3;
- I_t dans la gamme intermédiaire:
 - tension de rétablissement à fréquence industrielle égale à la tension assignée;
 - facteur de puissance:
 - 0,3 à 0,4 en retard, si I_t est compris entre 12 et 25 fois le courant assigné I_r ;
 - 0,2 à 0,3 en retard, si I_t est compris entre 25 fois le courant assigné I_r et I_2 ;
 - TTR: à l'étude.

Il convient d'effectuer les essais dans la bande $I_t \pm 20\%$ où I_t est la valeur de courant fournie par le constructeur.

Bien que les modèles de fusibles varient largement, un critère général à respecter est que chacun des dispositifs d'extinction d'arc de l'élément de remplacement doit avoir été sollicité lors d'un essai au moins. (Cela peut être vérifié en ouvrant le fusible, par radiographie ou par tout autre moyen adéquat.) Si l'on conclut après les essais que tel n'a pas été le cas, des essais complémentaires doivent être effectués à une valeur de courant plus grande ou plus petite, selon le cas. Il peut donc être utile d'effectuer les trois essais à des valeurs différentes de courant dans la bande de variation permise.

6.6.1.4 Echantillons

L'élément de remplacement doit être essayé sur un socle tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement.

6.6.1.5 Disposition de l'appareil

6.6.1.5.1 Fusibles destinés à être utilisés dans l'air

Pour les suites d'essais 1 et 2, la disposition des conducteurs doit être celle qui est indiquée à la figure 2 afin de reproduire les efforts électrodynamiques qui peuvent se produire en service. Pour empêcher que tout mouvement des conducteurs ne provoque des efforts mécaniques excessifs sur le socle, les conducteurs doivent être soigneusement maintenus à une distance égale à la hauteur du support isolant si cette hauteur dépasse 0,50 m, ou à 0,50 m si la hauteur du support isolant est inférieure ou égale à 0,50 m. Les pliages des connexions doivent être placés immédiatement après les points de maintien. Aucune disposition n'est précisée pour la suite d'essais 3. Le fusible doit être essayé en position verticale sauf s'il est reconnu que la position horizontale est la plus sévère, auquel cas le fusible doit être essayé horizontalement.

Critical damping is obtained when

$$R = \frac{1}{2} \frac{f_0}{f_N} X$$

where

f_0 is the natural frequency of the circuit without additional damping;

f_N is the power frequency;

X is the reactance of the circuit at power frequency.

6.6.1.3 Test I_t (for fuse-links that exhibit take-over current)

In principle, three tests should be performed at each I_t current region.

The parameters to be used when performing the tests, depending on the value of the take-over current I_t , are as follows:

- I_t in the short-circuit current (current limiting) range: all test conditions as given in table 13 as appropriate for the test current;
- I_t in the low over-current range, i.e. below 12 times rated current: all test conditions as specified for Test Duty 3;
- I_t in the intermediate current range:
 - power-frequency recovery voltage: rated voltage;
 - power factor:
 - 0,3 to 0,4 lagging if the take-over current I_t is between 12 and 25 times rated current I_r ;
 - 0,2 to 0,3 lagging if the take-over current I_t is between 25 times rated current I_r and I_2 ;
 - TRV: under consideration.

The tests should be performed within the band $I_t \pm 20\%$ where I_t is the current value provided by the manufacturer.

Although fuse designs differ widely, the general criterion to be observed is that each arc-quenching part of the fuse element shall have been involved for one or more of the tests. (This may be verified by opening the fuse, by radiography or by any other convenient means.) If, after the test, it is concluded that this has not been the case, then further tests are required at a higher or lower value of current, as appropriate. It may therefore be useful to make the three tests at different values of current within the permissible tolerance range.

6.6.1.4 Test samples

The fuse-link shall be tested on a fuse-base as specified by the manufacturer of the fuse-link.

6.6.1.5 Arrangement of the equipment

6.6.1.5.1 Fuses intended for use in air

For Test Duties 1 and 2, the conductors shall be arranged as shown in figure 2, in order to reproduce the electromagnetic forces which may occur in service. To prevent any movement of the conductors from causing excessive mechanical stresses on the fuse-base, the conductors shall be secured at a distance equal to the insulator height if this height exceeds 0,50 m (20 in), or at 0,50 m (20 in) if the insulator height does not exceed 0,50 m (20 in). The bends shall be placed immediately after the bracing points. No arrangements are specified for Test Duty 3. The fuse shall be tested in the vertical orientation unless it is known that the horizontal arrangement is more severe, in which case the fuse shall be tested horizontally.

6.6.1.5.2 Fusibles destinés à être utilisés dans l'appareillage à huile

Les suites d'essais 1 et 2 peuvent être effectuées dans l'air ou dans une cuve remplie d'huile. Pour la suite d'essais 3 et les essais avec I_t , les éléments de remplacement doivent être essayés dans une cuve remplie d'huile en utilisant une disposition de conducteurs appropriée dans cette cuve. La cuve remplie d'huile peut être la même que celle qui est utilisée pour les essais d'échauffement, convenablement consolidée si nécessaire, les éléments de remplacement étant déplacés pour égaliser les distances diélectriques à la cuve, et en utilisant des contacts de fusibles appropriés.

6.6.1.5.3 Eléments de remplacement destinés à être utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C

Certains types d'éléments de remplacement à coupure intégrale sont conçus pour interrompre un courant alors qu'ils se trouvent dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C (les fusibles dans les cuves de transformateurs, par exemple, ou dans des enceintes exposées au soleil). Dans ce cas, la suite d'essais 3 doit être réalisée dans une enceinte chauffée et conçue pour simuler cette application.

Le courant d'essai I_3 est choisi pour représenter le plus petit courant qui pourrait faire fusionner l'élément de remplacement lorsqu'il est appliqué à la température maximale de l'environnement spécifiée par le fabricant (température maximale d'utilisation). Les détails du montage d'essai et la méthode pour déterminer le courant I_3 sont décrits à l'annexe E.

6.6.2 Modalités d'essai

6.6.2.1 Etalonnage du circuit d'essai

Le fusible ou l'élément de remplacement à l'essai doit être remplacé par une barrette d'impédance négligeable comme indiqué dans les figures 3 et 4.

Le circuit doit être ajusté pour donner le courant présumé spécifié. Cela doit être vérifié par un enregistrement oscillographique ou similaire.

NOTE Pour les essais directs de la suite d'essais 3, il peut ne pas être nécessaire de faire un étalonnage du circuit d'essai, mais lorsque cela est fait, le courant peut être mesuré au moyen d'un ampèremètre en variante d'un enregistrement oscillographique.

6.6.2.2 Méthode d'essai

La barrette A est enlevée et remplacée par le fusible ou l'élément de remplacement B à l'essai.

Le court-circuiteur E est fermé à un instant tel que les conditions spécifiées dans le tableau 13 soient remplies.

Pour les suites d'essais 1, 2, 3 et I_t les surtensions de fonctionnement doivent être mesurées. Pour les suites d'essais 1 et 2, les courants coupés limités doivent être déterminés.

Au cours des essais de la suite d'essais 3, le courant peut être mesuré au moyen d'un ampèremètre à la place ou en plus d'un enregistrement oscillographique, ou par un système de mesure similaire.

Après le fonctionnement du fusible, la tension de rétablissement doit être maintenue à ses bornes pendant les durées spécifiées dans le tableau 13. Les quelques premières périodes doivent être enregistrées par un oscillographe ou un système similaire tandis que les suivantes peuvent être lues sur un voltmètre.

NOTE Au cours de cette période, la fréquence industrielle peut tomber au-dessous de la valeur minimale spécifiée.

6.6.1.5.2 Fuses intended for use in oil-filled enclosures

Test Duties 1 and 2 may be performed in air or in an oil-filled enclosure. For Test Duty 3 and I_t tests, the fuse-links shall be tested in an oil-filled enclosure, using an arrangement of test conductors suitable for that enclosure. The oil-filled enclosure may be the same as used for the temperature rise tests, suitably reinforced, where necessary, with the fuse-link moved to equalize dielectric clearance to the tank and utilizing suitable fuse contacts.

6.6.1.5.3 Fuse-links intended for use in surrounding temperature above 40 °C

Some types of full-range fuse-links are designed to be able to interrupt current while subjected to surrounding temperatures above 40 °C (for example, fuses inside transformer tanks or in enclosures subject to solar radiation). In this case, Test Duty 3 shall be performed in a heated enclosure designed to simulate this application.

The test current I_3 is chosen to represent the lowest current which could cause the fuse-link to melt when it is applied at the maximum surrounding temperature specified by the manufacturer (maximum application temperature). Details of the test arrangement and method of determining the I_3 current are given in annex E.

6.6.2 Test procedure

6.6.2.1 Calibration of the test circuit

The fuse or the fuse-link under test shall be replaced by a link of negligible impedance as shown in figures 3 and 4.

The circuit shall be adjusted to give the specified prospective current. This shall be verified by an oscillographic or similar record.

NOTE For direct tests of Test Duty 3, the calibration of the test circuit may not be necessary, but when made, current may be measured by an ammeter as an alternative to an oscillographic record.

6.6.2.2 Test method

The link A is removed and is replaced by the fuse or the fuse-link B under test.

The making switch E is closed at such an instant as to provide the conditions specified in table 13.

For Test Duties 1, 2, 3 and I_t , switching voltages shall be measured. For test duties 1 and 2, cut-off currents shall be determined.

In Test Duty 3, current may be measured by an ammeter as an alternative or an addition to an oscillograph or similar measuring system.

After the fuse has operated, recovery voltage shall be maintained across the fuse for the period specified in table 13. The first few cycles shall be recorded by an oscillograph or similar system and the remainder may be observed on a voltmeter.

NOTE During this period, the power frequency may fall below the specified minimum value.

6.6.2.3 Interprétation des oscillogrammes

Pour les suites d'essais 1 et 2, le courant présumé coupé doit être la valeur efficace de la composante périodique du courant, mesurée une demi-période après le début du court-circuit au cours de l'essai d'étalonnage (voir figures 5 et 6).

Pour la suite d'essais 3 et les essais avec I_t , le courant coupé doit être la valeur efficace de la composante périodique du courant, mesurée à l'instant du début de l'arc au cours de l'essai de coupure (voir figure 7).

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle est mesurée entre la crête de la deuxième demi-onde non influencée et la droite tracée entre les crêtes des demi-ondes précédente et suivante (voir figures 5, 6 et 7).

6.6.2.4 Paramètres à utiliser au cours des essais

Les paramètres à utiliser au cours des essais sont donnés dans le tableau 13.

Si un essai est effectué dans des conditions plus sévères que celles spécifiées et s'il est satisfaisant, cet essai doit être valable.

6.6.3 Variantes de la méthode d'essais pour la suite d'essais 3

La suite d'essais 3 peut être réalisée à l'aide d'une seule source à haute tension pendant tout l'essai (comme dans la suite d'essais 1 ou la suite d'essais 2).

Toutefois, dans les cas où la durée de fusion est longue et/ou la capacité de la station d'essais est limitée, les essais de la suite d'essais 3 peuvent être réalisés en deux parties. Pendant la première partie de l'essai, le courant est fourni par une source à basse tension. Pour la deuxième partie, qui inclut la coupure du courant par le fusible, le courant est fourni par une source à haute tension.

Il est aussi admissible de réaliser un essai en deux parties en utilisant une seule source à haute tension avec un facteur de puissance de plus faible valeur pendant la période de fusion. Dans un tel cas, il faut que le passage au facteur de puissance requis se fasse avant l'apparition de l'arc.

6.6.3.1 Exigences du circuit d'essais

Les exigences du circuit d'essai sont les suivantes.

- Une source de puissance à basse tension capable de faire circuler le courant désiré dans le fusible à l'essai et un moyen de maintenir la valeur du courant constante pendant l'essai.
- Une source à haute tension tel que décrit en 6.6.1.2.

La valeur du courant de la source à haute tension est le courant I_3 tel que défini en 6.6.1.1.

- Un dispositif manuel ou automatique permettant de commuter au moment désiré pendant l'essai de la source à basse tension à la source à haute tension.

L'intervalle pendant lequel le courant est interrompu ne doit pas dépasser 0,2 s. Le courant ne doit pas comporter d'asymétrie significative au moment du passage à la source à haute tension.

De façon générale, le passage d'une source à l'autre doit se produire pendant qu'il circule encore du courant dans au moins un élément fusible. Pour un fusible à plusieurs éléments fusibles, cela correspond à la période pendant laquelle les éléments fusionnent successivement; ce qui est observable par l'augmentation en escalier de la tension aux bornes du fusible.

- Il est admis, avec l'accord du constructeur, de retarder le changement de source jusqu'à ce que tous les éléments (sauf l'élément du percuteur, lorsqu'il est présent) aient fusionné. Tous les autres paramètres indiqués en c) s'appliquent toujours.

6.6.2.3 Interpretation of oscillograms

For Test Duties 1 and 2, the prospective breaking current shall be the r.m.s. value of the a.c. component of the current, measured one half-cycle after the initiation of short circuit in the calibration test (see figures 5 and 6).

For Test Duty 3 and I_t tests, the breaking current shall be the r.m.s. symmetrical current measured at the instant of the initiation of the arc in the breaking test (see figure 7).

The value of the power-frequency recovery voltage is measured between the peak of the second non-influenced half-wave and the straight line drawn between the peaks of the preceding and following half-waves (see figures 5, 6 and 7).

6.6.2.4 Parameters to be used for tests

The parameters to be used when making the tests are given in table 13.

If a test is made under more severe conditions than specified and if this test is successful, this test shall be valid.

6.6.3 Alternative test methods for Test Duty 3

Test Duty 3 may be performed using a single high-voltage source throughout the test (as in Test Duty 1 or Test Duty 2).

However, where pre-arcing times are long and/or where there are limitations in test-station capability, the Test Duty 3 tests may be conducted as a two-part test. For the first part of the test duration, current is supplied from a low-voltage source. For the second part, which includes the interruption of the current by the fuse, current is supplied from a high-voltage source.

It is also permissible to perform a two-part test using a single high-voltage source where the power factor for part of the pre-arcing period is of a lower value. In this case, the changeover to the correct power factor must occur before arcing commences.

6.6.3.1 Circuit requirements

Circuit requirements are as follows.

- a) A low-voltage power source able to cause the desired current to flow through the fuse under test and means for holding the current constant during the test.
- b) A high-voltage source as described in 6.6.1.2.

The value of the high-voltage current is the current I_3 as defined in 6.6.1.1.

- c) Provision for switching either manually or automatically from the low-voltage source to the high-voltage source at the desired instant during the tests.

The time interval during which the current is interrupted shall not exceed 0,2 s. There shall be no significant asymmetry in the current at the instant of changeover to the high-voltage source.

In general, the changeover should take place while at least one fuse element is still carrying current. For a multi-elemented fuse this would be in the period where elements are melting successively, as shown by step increases in the voltage developed across the fuse.

- d) With the consent of the manufacturer, it is permissible for the changeover to be delayed until all the fuse elements (but not the striker element, where fitted) have melted. All other parameters given in c) still apply.

Cette procédure est particulièrement utile lorsqu'il est difficile de détecter le début de la fusion de l'élément ou lorsque la valeur du courant de préarc doit être significativement plus élevée que celle déterminée pour la suite d'essais 3 (voir 6.6.3.2).

Toutefois, puisque cette méthode est considérée comme plus contraignante pour le fusible que la méthode c), il est admis, dans les cas de défaillance, de répéter les essais de la suite d'essais 3 en utilisant la méthode c) puisque celle-ci se rapproche plus des conditions réelles de service.

6.6.3.2 Valeur du courant d'essai de préarc pour la suite d'essais 3

Les valeurs du courant d'essai de préarc sont celles qui suivent.

- a) Pour les essais sur les fusibles associés, où la durée de préarc est inférieure à 1 h, il convient que le courant de la source à basse tension soit ajusté à la valeur I_3 et maintenu à cette valeur pendant tout l'essai.
- b) Pour les fusibles à usage général, où un temps minimal de fusion de 1 h est requis, le courant de la source à basse tension est ajusté à la valeur I_3 mais après 1 h, il peut être augmenté jusqu'à 1,15 fois I_3 pour provoquer la fusion.
- c) Pour les fusibles à coupure intégrale, où la valeur de I_3 doit être égale au courant assigné du fusible, la source à basse tension peut être ajustée à une valeur supérieure à I_3 pendant la partie basse tension de l'essai de façon à éviter une période inutilement longue d'essai, à la condition que la durée résultante de préarc ne soit pas inférieure à 1 h. Le courant de la source à basse tension ne doit toutefois pas dépasser I_3 par plus de 42 % pendant cette période de préarc.

Après une période de 1 h, le courant de la source à basse tension peut être augmenté jusqu'à 1,15 fois I_3 pour provoquer la fusion.

Si cette valeur plus grande de courant produit encore un temps d'essais non convenable, il est admis de placer l'élément de remplacement dans une enceinte à refroidissement limité – toujours à la condition qu'un temps de fusion d'au moins 1 h soit respecté.

Dans les cas où l'utilisation d'une telle enceinte n'est pas suffisante pour provoquer la fusion dans une période convenable, la méthode d'essai décrite en 6.6.3.3 peut être utilisée.

- d) Pour les fusibles à coupure intégrale conçus pour être utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C, I_3 est déterminé à l'aide de l'annexe E. La source à basse tension peut être ajustée à une valeur supérieure à I_3 pendant l'essai de façon à éviter une période d'essai inutilement longue, à condition que la durée de préarc résultante ne soit pas inférieure à 1 h.

Après une période de 1 h, le courant de la source à basse tension peut être augmenté jusqu'à 1,15 fois sa valeur originale de façon à provoquer la fusion.

6.6.3.3 Suite d'essais 3 pour les éléments de remplacement conçus pour être utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C

Lorsqu'un élément de remplacement d'un fusible à coupure intégrale est conçu pour être utilisé dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C, comme dans la cuve d'un transformateur, il faut s'assurer que la suite d'essais 3 simule cette condition afin de vérifier si le fusible a la capacité de supporter de telles températures élevées lorsqu'il opère. La suite d'essais 3 doit donc être réalisée selon la méthode suivante.

Chaque échantillon est placé dans un environnement dont la température est stable, par exemple, dans un four à température contrôlée et ajustée à la valeur pour laquelle le fusible a été assigné par le constructeur (température maximale d'utilisation).

Lorsque le corps du fusible a atteint une température stable, toute ventilation forcée doit être arrêtée pour le reste des essais.

Un essai de coupure en deux parties est alors réalisé comme en 6.6.3.1 c) ou d). Le courant I_3 de la source à haute tension est déterminé à partir de l'essai thermique décrit à l'annexe E.

This procedure is of value in cases where it is difficult to detect the onset of element melting, or where the value of pre-arcing current has to be significantly higher than the chosen value of Test Duty 3 current (see 6.6.3.2).

However, since this method is held to be more onerous for the fuse than method c), in case of failure, it is permissible to repeat the Test Duty 3 tests using method c) since the latter is closer to actual service conditions.

6.6.3.2 Value of pre-arcing test current for Test Duty 3

Values are as follows.

- a) For tests on back-up fuses, where the pre-arcing time is less than 1 h, the low-voltage source should be set to the value I_3 and maintained at this value throughout the test.
- b) For general purpose fuses, where a minimum time to melt of 1 h is required, the current of the low-voltage source is set to I_3 , but it may be increased after 1 h by up to 1,15 times I_3 to induce melting.
- c) For those full-range fuses, where the requirement is for an I_3 value equal to fuse rated current, the low-voltage source may be set to a higher value than I_3 throughout the low-voltage part of the test in order to avoid an unnecessarily long testing time, provided that the resulting pre-arcing time is not less than 1 h. However, the low-voltage current shall not exceed I_3 by more than 42 % during this pre-arcing period.

After the elapse of 1 h, the low-voltage current may be increased by up to 1,15 times I_3 in order to induce melting.

If this higher value still results in an inconveniently long testing time, it is permissible to install the fuse-link in an enclosure with restricted cooling – again provided a melting time of at least 1 h is obtained.

In cases where the use of such an enclosure is insufficient to cause melting to occur in a reasonable time, then the test method given in 6.6.3.3 may be used.

- d) For those full-range fuses designed for use in surrounding temperatures over 40 °C, I_3 is determined using annex E. The low-voltage source may be set to a higher value than I_3 throughout the melting period in order to avoid an unnecessarily long testing time, provided that the resulting pre-arcing time is not less than 1 h.

After 1 h, the low-voltage current may be increased by up to 1,15 times its original value in order to induce melting.

6.6.3.3 Test Duty 3 for fuse-links designed for use in surrounding temperature above 40 °C

Where a fuse-link of the full-range type is designed for use in a surrounding temperature above 40 °C, for example, inside a transformer tank, it is necessary to ensure that the Test Duty 3 test simulates this condition in order to check the ability of the fuse to withstand such high temperatures during operation. Test Duty 3 shall therefore be performed by the following method.

Each sample is placed in a stable thermal environment, such as a temperature controlled oven, set to the temperature for which the fuse is rated by the manufacturer (maximum application temperature).

Once the fuse body has reached a stable temperature, any circulating air fans used shall be switched off for the remainder of the test.

A two-part breaking test is then carried out as in 6.6.3.1 c) or d). The high-voltage current I_3 is determined from the thermal testing described in annex E.

6.6.4 Essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène

6.6.4.1 Caractéristiques des éléments de remplacement d'une série homogène

Sont considérés comme formant une série de construction homogène les éléments de remplacement dont les caractéristiques répondent aux critères suivants.

- La tension assignée, le courant maximal de coupure assigné et la fréquence assignée doivent être les mêmes.
- Tous les matériaux utilisés doivent être identiques, y compris le matériau de remplissage et sa granulométrie.
- Toutes les dimensions de l'élément de remplacement sauf la section et le nombre des éléments fusibles doivent être identiques ainsi que cela est explicité ci-après de d) à h).
- Dans n'importe lequel des éléments de remplacement, tous les éléments fusibles principaux doivent être identiques.
- La loi régissant la variation de la section des éléments fusibles individuels le long de ces éléments doit être la même.
- Toutes les variations en épaisseur, largeur et nombre doivent être une fonction monotone¹⁾ du courant assigné. En particulier, il n'est pas permis de compenser une augmentation de section par la réduction du nombre des éléments fusibles et vice versa.
- La variation éventuelle de l'espacement entre les éléments fusibles individuels et de l'espacement entre le ou les éléments fusibles et l'enveloppe doit être une fonction monotone¹⁾ du courant assigné.
- Un élément fusible particulier utilisé pour un dispositif indicateur ou un percuteur n'a pas à répondre aux points e) et f) ci-dessus, mais doit être le même pour tous les éléments de remplacement.

6.6.4.2 Conditions d'essai

Dans une série homogène d'éléments de remplacement, il suffit d'effectuer les essais de coupure conformément au tableau 16.

Tableau 16 – Exigences d'essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène

Suite d'essais	Eléments de remplacement à essayer (les croix indiquent les essais à effectuer)		
	A	B	C
1	X		X
2 (note 1)	X (note 3)		X
3 (note 2)	X (note 4)	X (note 4)	X

NOTE 1 Les courants d'essai I_2 des éléments de remplacement A et C seront choisis en fonction des courants assignés respectifs de ces éléments de remplacement.

NOTE 2 Il est recommandé que l'élément de remplacement du plus petit courant assigné comprenne au moins deux éléments fusibles individuels principaux en plus de l'élément éventuel utilisé pour le fonctionnement du percuteur.

NOTE 3 Cet essai n'est exigé que si la section des éléments fusibles individuels est inférieure à celle des éléments de remplacement C.

NOTE 4 Cet essai n'est exigé que si le rapport I_3/s de l'un quelconque des éléments de remplacement A ou B est plus petit que celui de l'élément de remplacement C. Dans ce cas, l'élément de remplacement ayant le plus petit rapport I_3/s est choisi pour la suite d'essais 3.

¹⁾ Fonction monotone: une fonction qui varie de façon continue dans la même direction quand la variable varie dans une direction donnée.

6.6.4 Breaking tests for fuse-links of a homogeneous series

6.6.4.1 Characteristics of fuse-links of a homogeneous series

Fuse-links are considered as forming a homogeneous series when their characteristics comply with the following.

- Rated voltage, maximum breaking current and frequency shall be the same.
- All materials shall be the same, including filling material and its grain distribution.
- All dimensions of the fuse-link, except the cross-section and the number of fuse element(s) as detailed below from items d) to h), shall be the same.
- In any fuse-link, all the main fuse elements shall be identical.
- The law governing the variation of the cross-section of individual fuse elements along their length shall be the same.
- All variations in thickness, width and number shall be monotonous¹⁾ with respect to rated current. Thus, balancing an increase in cross-section by reducing the number of fuse elements and vice versa is not allowed.
- The variation in distance, if any, between individual fuse elements and the variation in distance, if any, between fuse element(s) and fuse barrel shall be monotonous¹⁾ with respect to the rated current.
- A special fuse element used for an indicator or striker is exempt from items e) and f) above, but this element shall be the same for all the fuse-links.

6.6.4.2 Test requirements

In a homogeneous series of fuse-links, breaking tests need only be made in accordance with table 16.

Table 16 – Breaking test requirements for fuse-links of a homogeneous series

Test duties	Fuse-links to be tested (crosses show the tests to be performed)		
	A	B	C
1	X		X
2 (note 1)	X (note 3)		X
3 (note 2)	X (note 4)	X (note 4)	X
NOTE 1 The test currents I_2 for the fuse-links A and C will have been chosen according to the current rating of fuse-links A and C respectively. NOTE 2 The fuse-link of lowest current rating should contain at least two individual main fuse elements in addition to the elements, if any, used for operating the striker. NOTE 3 This test is only required where the cross-section of individual elements is less than that for fuse-link C. NOTE 4 This test is only required when the ratio I_3/s of fuse-links A and B is less than that of fuse-link C. In this case, the fuse-link having the lowest ratio I_3/s is selected for Test Duty 3.			

¹⁾ Monotonous function: a function continually varying in the same direction for a given direction of the variable.

Les symboles utilisés dans le tableau 16 ont la signification suivante:

- A: élément de remplacement du plus petit courant assigné;
- B: élément de remplacement quelconque d'un courant assigné compris entre A et C;
- C: élément de remplacement du plus grand courant assigné;
- s: section de chacun des éléments fusibles individuels.

6.6.4.3 Interprétation des essais de coupure

Si les essais effectués selon le tableau 16 donnent les résultats conformes aux prescriptions de 5.1.3, les éléments de remplacement d'un courant assigné quelconque, dans la série de construction homogène, doivent être considérés comme satisfaisant à la présente spécification en ce qui concerne la coupure.

Si un élément de remplacement ne fonctionne pas de façon satisfaisante aux termes de 5.1.3 au cours d'une ou de plusieurs séries d'essais, cet élément doit être éliminé de la série homogène, mais une telle défaillance n'entraîne pas nécessairement le rejet des autres éléments de remplacement de courants assignés différents.

Le constructeur doit fournir des valeurs de courant minimal de coupure pour les éléments de remplacement de tous les courants assignés disponibles dans la série homogène. Ces valeurs doivent être basées sur les essais de coupure de la suite d'essais 3 de l'élément de remplacement C de la série. Les valeurs du courant minimal de coupure pour les autres courants assignés dans la même série homogène peuvent être déterminés par le calcul selon la règle que la densité de courant par élément fusible principal (rapport I_3/s) aux valeurs assignées du courant minimal de coupure doit être égale ou supérieure à celle de l'élément de remplacement C.

6.6.5 Qualification par interpolation d'une série homogène d'éléments de remplacement

Si deux séries homogènes X et Z de tensions assignées différentes U_X et U_Z ont été essayées avec succès, une troisième série Y de tension assignée intermédiaire U_Y n'a pas, en principe, à être essayée si les conditions suivantes s'appliquent.

- a) La tension assignée U_Z est inférieure ou égale à $2 U_X$.
- b) Les courants assignés de Y sont dans la limite des courants assignés communs aux séries X et Z déjà essayées.
- c) Les courants maximaux de coupure assignés aux tensions assignées U_X et U_Z sont les mêmes, ou, s'ils sont différents, seule la plus faible valeur est censée s'appliquer à U_Y .
- d) Les courants minimaux de coupure assignés aux tensions assignées U_X et U_Z des éléments de remplacement de même courant assigné sont les mêmes, ou, s'ils sont différents, seule la valeur la plus élevée est censée s'appliquer à U_Y .
- e) Les fréquences assignées sont les mêmes.
- f) Tous les matériaux sont identiques.
- g) Toutes les dimensions sauf la longueur de l'élément de remplacement et celle des éléments fusibles sont identiques.
- h) Pour chaque courant assigné, le nombre des éléments fusibles individuels et leur section sont les mêmes; la loi régissant la variation de la section exprimée par le nombre de variations par unité de longueur doit rester identique lors de l'interpolation de la longueur des éléments fusibles de tensions assignées intermédiaires.
- i) La longueur des éléments fusibles est déduite de celle des éléments déjà essayés, par interpolation linéaire en fonction de la tension assignée déjà essayée.

Symbols in table 16 are used with the following meanings:

- A: fuse-link of lowest current rating;
- B: any fuse-link of a current rating between A and C;
- C: fuse-link of highest current rating;
- s: cross-section of each individual fuse element.

6.6.4.3 Interpretation of breaking tests

If the results of tests made according to table 16 meet the requirements of 5.1.3, any current rating of fuse-links within the homogeneous series shall be deemed to comply with the breaking requirements of this specification.

If a fuse-link does not perform satisfactorily according to 5.1.3 on one or more test series, that fuse-link shall be rejected from the homogeneous series, but such failure does not necessarily entail rejection of any other current rating.

The manufacturer shall make available values of minimum breaking current for fuse-links of all available current ratings in the homogeneous series. These values shall be based upon the Test Duty 3 breaking tests on fuse-link C of the series. Values of minimum breaking current for other current ratings in the same homogeneous series may be determined by calculation. The current density per main fuse element (ratio I_3/s) shall be equal to or greater than for fuse-link C.

6.6.5 Acceptance of a homogeneous series of fuse-links by interpolation

If two homogeneous series X and Z of different voltage ratings U_X and U_Z have been tested successfully, a third homogeneous series Y of an intermediate voltage rating U_Y need not, in principle, be tested provided that the following conditions apply.

- a) The rated voltage U_Z is not greater than $2 U_X$.
- b) The current ratings of Y are not outside the range of current ratings common to series X and Z already tested.
- c) The rated maximum breaking currents at rated voltages U_X and U_Z are the same, or, if they are different, only the lower value is assumed to be applicable to U_Y .
- d) The rated minimum breaking currents of fuse-links of the same current ratings at rated voltages U_X and U_Z are the same or, if they are different, only the higher value is assumed to be applicable to U_Y .
- e) The rated frequencies are the same.
- f) All materials are the same.
- g) All dimensions except the length of the fuse-links and fuse elements are the same.
- h) For each current rating, the number of individual fuse elements and their cross-section are the same; also the law governing the variation of the cross-section expressed as the number of variations per unit length shall be kept constant when interpolating the length of the fuse elements of intermediate voltage ratings.
- i) The length of the fuse elements is linearly interpolated with respect to the voltage ratings already tested.

6.6.6 Acceptation d'une série homogène d'éléments de remplacement de longueurs différentes

Pour s'adapter aux fixations de différents types d'interrupteurs-fusibles ou de socles, il est parfois nécessaire de disposer du même modèle d'élément de remplacement dans deux longueurs d'enveloppe ou plus. En principe, si la version la plus courte a été complètement essayée, on estime qu'il n'est pas nécessaire d'essayer les versions d'enveloppes plus longues à condition que les exigences ci-dessous soient satisfaites.

Les caractéristiques de coupure déclarées et les caractéristiques assignées fondées sur des essais effectués sur une série homogène selon 6.6.2. et 6.6.4 sont valides pour d'autres séries homogènes utilisant des enveloppes de longueurs supérieures pourvu que les conditions suivantes soient remplies.

- a) La longueur des enveloppes de la gamme d'éléments non essayée ne dépasse pas 1,6 fois la longueur de la gamme essayée pour la même tension assignée. Le pas d'enroulement des éléments fusibles principaux peut être allongé, mais leur longueur doit être la même que dans le fusible essayé de la série.
- b) La gamme non essayée est conforme en tous points à 6.6.4.1, sauf la longueur de l'enveloppe.
- c) Le courant assigné maximal de gamme non essayée n'excède pas celui de la gamme essayée et le plus petit courant assigné de la gamme non essayée n'est pas inférieur à celui de la gamme essayée.

6.7 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant

6.7.1 Règles d'essais

Les règles d'essais doivent être celles spécifiées en 6.3, ainsi que celles citées ci-après.

6.7.1.1 Température de l'air ambiant

La caractéristique temps-courant doit être vérifiée à une température de l'air ambiant quelconque comprise entre 15 °C et 30 °C.

Au début de chaque essai, le fusible doit être approximativement à la température de l'air ambiant.

6.7.1.2 Disposition de l'appareil

Les essais doivent être faits avec la même disposition de l'appareil que pour les essais d'échauffement (voir 6.5.1.2), s'ils sont effectués séparément ou avec la disposition utilisée pour les essais de coupure (voir 6.6.1.5).

6.7.2 Méthode d'essai

Les essais de vérification de la caractéristique temps-courant doivent être effectués comme suit.

6.7.2.1 Essais de vérification de la durée de préarc

Les essais de vérification de la durée de préarc peuvent être faits à une tension quelconque convenable, le circuit d'essai étant prévu de telle façon que le courant traversant le fusible soit maintenu à une valeur sensiblement constante.

Les caractéristiques temps-courant obtenues lors des essais de coupure peuvent être utilisées.

6.6.6 Acceptance of a homogeneous series of fuse-links of different lengths

In order to cater for the fixing dimensions of different types of fuse switch or fuse mount, it is sometimes necessary to have a design of fuse-links available in two or more different barrel lengths. In principle, if the shortest version has been fully tested, then it is not deemed necessary to test the longer barrel versions given, provided the following requirements are complied with.

Declared breaking characteristics and ratings based upon tests made in accordance with 6.6.2 and 6.6.4 on a given homogeneous series are valid for other homogeneous series of greater barrel length, provided the following criteria are complied with.

- a) The barrel length of each untested homogeneous series of fuses does not exceed 1,6 times the barrel length of the homogeneous series tested for the same rated voltage. The winding pitch of the main fuse elements may be lengthened, but their length shall be the same as the tested fuse in the series.
- b) The untested range complies with all items in 6.6.4.1 except for barrel length.
- c) The maximum rated current of the untested range is not greater than the maximum rated current of the tested range and the smallest rated current of the untested range is not less than that of the tested range.

6.7 Tests for time-current characteristics

6.7.1 Test practices

Time-current test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

6.7.1.1 Ambient air temperature

The time-current characteristics shall be verified at any ambient air temperature between 15 °C and 30 °C.

At the beginning of each test, the fuse shall be approximately at ambient air temperature.

6.7.1.2 Arrangement of the equipment

The tests shall be made with the same arrangement of the equipment as for the temperature rise tests if they are made separately (see 6.5.1.2), or for the breaking tests (see 6.6.1.5).

6.7.2 Test procedures

Time-current tests shall be conducted as follows.

6.7.2.1 Pre-arcing time-current tests

Pre-arcing time-current tests may be made at any convenient voltage with the test circuit so arranged that the current through the fuse is held to an essentially constant value.

Time-current data obtained from breaking tests may be used.

6.7.2.2 Gamme de temps

Les essais doivent être faits dans les gammes de temps suivantes:

- fusibles associés: de 0,01 s à 600 s;
- fusibles d'usage général et fusibles à coupure intégrale: de 0,01 s à 1 h. Pour les fusibles à coupure intégrale, il convient que la gamme de temps s'étende de préférence au-delà de 1 h.

6.7.2.3 Mesurage du courant

Le courant traversant le fusible durant ces essais doit être mesuré au moyen d'un ampèremètre, d'un oscillographe ou de tout autre instrument convenable.

6.7.2.4 Détermination des temps

Lorsque les temps sont enregistrés par un oscillographe, les durées de préarc doivent être soit des durées virtuelles soit des durées réelles en indiquant la méthode choisie.

6.8 Essais d'étanchéité à l'huile

Les éléments de remplacement des fusibles limiteurs de courant conçus pour être immergés dans l'huile doivent être essayés comme suit.

NOTE Si des éléments de remplacement de divers courants assignés ne diffèrent que par leurs éléments fusibles, il suffit d'essayer l'élément de remplacement ayant la puissance dissipée la plus élevée.

L'élément de remplacement doit être immergé dans l'huile isolante sous une pression de $7 \times 10^4 \text{ N/m}^2$. L'élément de remplacement est parcouru par son courant assigné pendant 2 h et la température de l'huile est portée (par chauffage additionnel si nécessaire) à une valeur comprise entre 75 °C et 85 °C; elle est maintenue dans cette zone pendant la période d'essai de 2 h.

Le courant doit alors être interrompu, le chauffage additionnel éliminé et on refroidit l'huile ou on la laisse se refroidir jusqu'à une température comprise entre 15 °C et 30 °C pendant une durée quelconque convenable.

Ce cycle doit être exécuté six fois et l'élément de remplacement est ensuite extrait de l'huile, nettoyé extérieurement et ouvert pour permettre l'examen du milieu extincteur qui ne doit présenter aucun signe de pénétration d'huile.

6.9 Essais des percuteurs

6.9.1 Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier que le percuteur est capable de fournir l'énergie spécifiée dans le tableau 10 même dans les conditions de service qui impliquent de faibles valeurs de courant ou de tension. Les essais de 6.9.3. sont également destinés à prouver que l'intervention du percuteur est suffisamment rapide pour assurer le fonctionnement correct des combinés-fusibles déclenchés par percuteur.

L'énergie d'un percuteur déclenché par un ressort peut être soit vérifiée pendant les essais de fonctionnement au moyen d'un pendule soit mesurée après les essais à partir de la caractéristique effort-course (voir 6.9.4.1). L'énergie d'un percuteur déclenché par une charge explosive doit être mesurée au cours des essais de fonctionnement au moyen d'un pendule.

L'effort de maintien des percuteurs des types moyen et fort (voir tableau 11) doit être vérifié après les essais de fonctionnement.

6.7.2.2 Time range

Tests shall be made in the following time ranges:

- back-up fuses: from 0,01 s to 600 s;
- general-purpose and full-range fuses: from 0,01 s to 1 h. For full-range fuses, the time range should preferably be extended beyond 1 h.

6.7.2.3 Measurement of current

The current through the fuse during time-current tests shall be measured by ammeter, oscillograph or other suitable instrument.

6.7.2.4 Determination of time

When times are recorded by oscillograph, the pre-arcing times shall be the virtual or actual times, with indication of the selected method.

6.8 Oil-tightness tests

Fuse-links of current-limiting fuses designed to be used immersed in oil shall be tested as follows.

NOTE If several current ratings differing only in their fuse elements are involved, testing the fuse-link which has the highest power dissipation is sufficient.

The fuse-link shall be immersed in insulating oil under a pressure of $7 \times 10^4 \text{ N/m}^2$. The rated current of the fuse-link shall be passed through it for 2 h, and the temperature of the oil shall be raised (using supplementary heating if necessary) to between 75 °C and 85 °C and maintained within this range for a test period of 2 h.

The current shall be switched off, the supplementary heating discontinued and the oil cooled, or allowed to cool, to a temperature of 15 °C to 30 °C over any convenient period of time.

This cycle shall be carried out six times and the fuse-link shall then be removed from the oil, cleaned externally and opened for inspection of the arc-quenching medium, which shall show no sign of ingress of oil.

6.9 Tests of strikers

6.9.1 General

These tests are intended to verify that the striker is able to deliver the energy specified in table 10 even under service conditions which involve low values of current or voltage. The tests in 6.9.3 are also intended to demonstrate that the action of the striker is sufficiently rapid to ensure correct operation of striker-tripped fuse combination units.

The energy of a striker actuated by a spring may be verified either during the operation tests by means of a pendulum or may be measured after the tests from the force-travel characteristics (see 6.9.4.1). The energy of a striker actuated by an explosive charge shall be measured during the course of the operation tests by means of a pendulum.

The withstand force of strikers of medium and heavy types (see table 11) shall be tested after the operation tests.

6.9.2 Percuteurs à essayer

Les éléments de remplacement utilisés pour les essais de percuteur doivent avoir le courant assigné le plus grand et/ ou la puissance dissipée la plus élevée dans la gamme de fusibles utilisant un type donné de système de percussion.

Lorsqu'un système de percussion (comprenant un percuteur et un fil résistant en série) est commun à une ou à plusieurs gammes données d'éléments de remplacement¹⁾, il suffit de faire les essais sur un élément de remplacement de tension assignée quelconque pour s'assurer du fonctionnement des percuteurs dans toute la ou toutes les gammes. Les résultats sont valables pour les éléments de remplacement d'autres tensions assignées lorsque le même système de percussion est utilisé pourvu que les longueurs du fil résistant soient sensiblement proportionnelles aux tensions assignées des éléments de remplacement.

6.9.3 Essais de fonctionnement

Les éléments de remplacement utilisés pour les essais de percuteurs doivent tout d'abord être placés dans un circuit à basse tension et on leur applique un courant tel que les éléments fusibles principaux fondent. La tension doit être suffisamment basse pour ne pas détériorer les circuits du percuteur des éléments de remplacement. La valeur du courant d'essai doit être telle qu'elle donne une durée de préarc qui ne soit pas inférieure à 20 min.

NOTE La partie préparatoire des essais de fonctionnement spécifiées peut ne pas convenir pour les percuteurs équipés d'un relais thermique complémentaire. Un déclenchement thermique prématuré du percuteur peut empêcher la poursuite normale de l'essai tel qu'il est spécifié. Des spécifications d'essai appropriées pour couvrir ce cas ne sont pas encore spécifiées.

Les essais a) et b) doivent ensuite être exécutés sans retard intentionnel sur ces éléments de remplacement dont les éléments fusibles principaux sont fondus:

Essai a): Courant d'essai: ≤ 10 A
Tension d'essai: non spécifiée

Essai b): Tension d'essai: $\leq 0,075 U_r$
Courant d'essai: non spécifié

où U_r est la tension assignée des éléments de remplacement

Le facteur de puissance du circuit d'essai peut avoir toute valeur convenable.

Trois échantillons doivent être essayés selon l'essai a) et trois selon l'essai b).

Lorsqu'il est possible de combiner les essais a) et b), trois échantillons seulement au total ont besoin d'être essayés.

6.9.4 Résultats à obtenir au cours des essais

Pour les essais a) et b), la course de percuteur, la quantité d'énergie délivrée au cours de la course réelle et l'effort de maintien doivent se situer dans les limites spécifiées au tableau 11.

Pour l'essai b), la durée de la course mesurée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le tableau 11.

¹⁾ Le percuteur, le matériau et la section du fil résistant sont identiques dans tous les cas, seule la longueur du fil résistant peut varier.

6.9.2 Strikers to be tested

The fuse-links used for the striker tests shall be of the highest current rating and/or power dissipation of the range of fuses using a given type of striker system.

Where a striker system (comprising a striker and a series resistance wire) is common¹⁾ to a given range (or ranges) of fuse-links, it is necessary to perform the tests on only one fuse-link of any voltage rating in order to prove the striker performance for the whole range (or ranges). The results apply for other voltage ratings of fuse-links, where the same striker system is used, provided the lengths of the resistance wire are approximately proportional to the rated voltages of the fuse-links.

6.9.3 Operation tests

The fuse-links used for the striker tests shall first be placed in a low-voltage circuit and a current applied so as to cause the main fuse elements to melt. The voltage shall be sufficiently low so as to leave the striker circuits of the fuse-links intact. The value of the test current shall be such as to give a pre-arcing time not less than 20 min.

NOTE This preparatory part of the specified operation tests may not be appropriate for strikers with additional thermal relay. Premature thermal tripping of the striker may prevent the proper continuation of the test as specified. Appropriate test requirements to cover this case are not yet specified.

Tests a) and b) shall then be made without undue delay on these fuse-links with melted main fuse elements:

Test a): Test current: ≤ 10 A
Test voltage: not specified

Test b): Test voltage: $\leq 0,075 U_r$
Test current: not specified

where U_r is the rated voltage of the fuse-links.

The power factor of the test circuit may have any convenient value.

Three samples shall be tested in accordance with test a) and three in accordance with test b).

Where it is practicable to combine tests a) and b), a total of three samples only need be tested.

6.9.4 Test performance

For tests a) and b) the striker travel, energy output during the actual travel and withstand force shall be within the limits specified in table 11.

For test b) the duration of travel shall be measured and shall not exceed the value specified in table 11.

¹⁾ The striker devices, the material and the cross-section of the resistance wire are identical in all cases, only the length of the resistance wire may vary.

6.9.4.1 Essai relatif à l'énergie

Lorsque l'énergie est mesurée à partir de la caractéristique effort-course, ce mesurage doit être effectué après les essais de fonctionnement comme suit: les efforts du ressort F_A et F_B correspondant respectivement au début et à la fin de la course additionnelle AB indiquée dans la figure 12 doivent être mesurés sur un échantillon et l'énergie calculée à partir de la formule:

$$\text{énergie (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2\,000}$$

où F_A et F_B sont exprimés en newtons et AB en millimètres.

Lorsque l'énergie est mesurée au moyen d'un pendule, ce mesurage doit être effectué au cours de l'essai de fonctionnement a) comme suit.

Il est recommandé d'utiliser un pendule tel que celui décrit dans l'ISO 148-2, mais avec les plus faibles valeurs d'énergie et de vitesse de choc spécifiées dans l'ISO 179. En particulier, il convient d'utiliser les machines du type $4\text{ N} \times \text{m}$ (4 J) pour essayer les percuteurs moyens et forts, et les machines du type $0,5\text{ N} \times \text{m}$ (0,5 J) pour essayer les percuteurs légers.

Le marteau de la machine d'essai est muni d'une plaque plane en acier de dureté minimale Vickers HV 235 et de dimension suffisante, perpendiculaire à la trajectoire du percuteur.

Après sa course libre spécifiée, le percuteur doit frapper le marteau au repos sur sa surface plane. La trajectoire du percuteur doit passer par le centre de percussion de la machine et doit être perpendiculaire à un plan défini par ce centre de percussion et par l'axe d'oscillation du pendule.

6.9.4.2 Essai relatif à l'effort de maintien

Pour les percuteurs des types moyen et fort, l'effort de maintien doit être vérifié sur trois échantillons après avoir effectué les essais de fonctionnement a) et b). Cet essai consiste à appliquer un effort statique égal à l'effort minimal de maintien assigné dans l'axe du percuteur et à vérifier que la course résiduelle de celui-ci n'est pas inférieure à la course réelle maximale spécifiée OB (voir figure 12).

6.10 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les fusibles tombant dans le domaine d'application de cette norme sont insensibles aux perturbations électromagnétiques et par conséquent aucun essai d'immunité n'est nécessaire. Toute perturbation électromagnétique qui pourrait être générée par le fusible se limite au moment de son fonctionnement. Aucun autre essai de compatibilité électromagnétique n'est exigé pourvu que les valeurs de la surtension de fonctionnement obtenues aux essais de type ne dépassent pas celles indiquées dans les tableaux 7 et 8 de cette norme.

7 Essais spéciaux

Les essais spéciaux sont effectués pour vérifier qu'un type ou un modèle particulier de fusible est conforme aux caractéristiques spécifiées et se comporte de façon satisfaisante dans des conditions spéciales spécifiées. Ils sont exécutés sur des échantillons pour vérifier les caractéristiques spécifiées pour tous les fusibles du même modèle.

Ces essais ne doivent être répétés que si la construction est modifiée de façon qu'elle puisse modifier également le bon comportement.

6.9.4.1 Test of energy

When the energy is measured from the force-travel characteristics, this measurement shall be made after the operation tests as follows: forces of the spring F_A and F_B at the beginning and at the end, respectively, of the further travel AB indicated in figure 12 shall be measured for one sample and the energy calculated from the following formula:

$$\text{energy (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2\,000}$$

where F_A and F_B are expressed in newtons and AB in millimetres.

When the energy is measured by means of a pendulum, this measurement shall be made during the operation test a) as follows.

The use of a pendulum as described in ISO 148-2 is recommended, but with the smaller impact energy values and impact velocities as specified by ISO 179. In particular, machines for testing strikers of medium and heavy type should be of the 4 N × m (4 J) type; machines for testing strikers of light type should be of the 0,5 N × m (0,5 J) type.

The hammer of the testing machine shall be provided with a plane steel surface of minimum Vickers hardness HV 235 and of sufficient size, perpendicular to the direction of the striker travel.

After its specified free travel, the striker shall hit the quiescently hanging hammer at its plane surface. The striker travel shall be directed to the centre of percussion of the machine and shall be normal to a plane defined by this centre of percussion and by the axis of oscillation of the pendulum.

6.9.4.2 Test of withstand force

For heavy and medium strikers, the minimum withstand force shall be tested on three samples after the operation tests a) and b) have been made. This test consists of applying in the axis of the striker a static force equal to the rated minimum withstand force and checking that its residual travel is not smaller than the specified minimum actual travel OB (see figure 12).

6.10 Electromagnetic compatibility (EMC)

Fuses within the scope of this standard are not sensitive to electromagnetic disturbances and therefore no immunity tests are necessary. Any electromagnetic disturbance which may be generated by a fuse is limited to the instant of its operation. Provided the switching voltage values during type tests do not exceed those given in tables 7 and 8 of this standard, no other tests for electromagnetic compatibility are required.

7 Special tests

Special tests are made to check whether a type or particular design of fuse corresponds to the characteristics specified and behaves satisfactorily under special specified conditions. They are made on samples to check the specified characteristics of all fuses of the same type.

These tests shall be repeated only if the construction is changed in a way which might modify its behaviour.

Pour des facilités d'essai, et avec l'accord préalable du constructeur, les valeurs prescrites pour les essais, notamment les tolérances, peuvent être modifiées dans le sens qui accroît la sévérité des essais.

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués suivant les règles spécifiées en 6.3 et comme suit.

7.1 Liste des essais spéciaux

Les essais suivants sont des essais à effectuer après accord entre constructeur et utilisateur pour certains types de fusibles ou pour certaines utilisations spéciales:

- essais de résistance aux variations brusques de température (pour les fusibles prévus pour être utilisés à l'extérieur);
- essais de puissance dissipée (pour les fusibles dont l'utilisation sous enveloppes n'est pas prévue);
- essais de perturbations radiophoniques;
- essai d'étanchéité (pénétration d'humidité) pour les fusibles destinés à être utilisés à l'extérieur;
- essais d'échauffement en condition de préarc et de maintien de la durée de l'arc pour les fusibles associés destinés aux combinés interrupteurs-fusibles.

Les résultats de tous ces essais doivent être consignés dans des certificats d'essai contenant les indications nécessaires pour démontrer la conformité à cette norme.

7.1.1 Essais de chocs thermiques

7.1.1.1 Echantillon

Le socle doit être tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement à l'essai.

NOTE Si des éléments de remplacement de divers courants assignés ne diffèrent que par leurs éléments fusibles, il suffit d'essayer l'élément de remplacement ayant la puissance dissipée la plus élevée.

7.1.1.2 Disposition de l'appareil

Le fusible doit être monté suivant les instructions données par le constructeur et raccordé au circuit d'essai par des conducteurs en cuivre nu ayant les dimensions spécifiées au tableau 12.

7.1.1.3 Méthode d'essai

Le fusible est parcouru pendant 1 h par un courant de valeur déterminée par accord entre le constructeur et l'utilisateur, inférieur ou égal au courant assigné. Le fusible est alors soumis à une pluie artificielle faisant un angle d'environ 45° avec la verticale, à une température ne dépassant pas celle de la pièce et ayant un débit d'environ 3 mm/min. Cette aspersion doit durer 1 min tandis que le courant d'essai est maintenu.

Le fusible ne doit présenter aucun signe visible extérieur de détérioration.

7.1.2 Essais de puissance dissipée pour les fusibles dont l'utilisation sous enveloppes n'est pas prévue

Ces essais doivent être effectués dans les conditions spécifiées en 6.5.

7.1.3 Essais de perturbations radiophoniques

Aucune prescription actuellement (voir CEI 60694).

For convenience of testing, and with the previous consent of the manufacturer, the values prescribed for the tests, particularly the tolerances, can be changed so as to make the test conditions more severe.

Unless otherwise specified, the tests shall be made according to the test practices specified in 6.3 and as follows.

7.1 List of special tests

The following tests are to be made after agreement between manufacturer and user for certain types of fuses or for special applications:

- thermal shock tests (for fuses intended to be used outdoors);
- power dissipation tests (for fuses not intended for use in enclosures);
- radio influence tests;
- waterproof test (ingress of moisture) for fuses intended to be used outdoors;
- pre-arcing temperature rise and arcing duration withstand tests for back-up fuses for use in switch-fuse combination.

The results of all tests shall be recorded in test reports containing the data necessary to prove compliance with this standard.

7.1.1 Thermal shock tests

7.1.1.1 Test sample

The fuse-base shall be as specified by the manufacturer of the fuse-link being tested.

NOTE If several current ratings differing only in their fuse elements are involved, testing the fuse-link of the highest power dissipation is sufficient.

7.1.1.2 Arrangement of the equipment

The fuse shall be mounted within the instructions specified by the manufacturer and connected to the test circuit by bare copper conductors having sizes as specified in table 12.

7.1.1.3 Test method

The fuse is subjected for 1 h to a value of current chosen by agreement between manufacturer and user and not exceeding the rated current. Then, the fuse is sprayed with artificial rain at an angle approximately 45° to the vertical, at not higher than room temperature with a rate of precipitation of approximately 3 mm/min. This spraying shall be maintained for 1 min with the test current still flowing.

The fuse shall not exhibit any visible external sign of damage.

7.1.2 Power-dissipation tests for fuses not intended for use in enclosures

These tests shall be made under the conditions specified in 6.5.

7.1.3 Radio influence tests

No requirements (see IEC 60694).

7.1.4 Essai d'étanchéité (pénétration d'humidité)

7.1.4.1 Conditions d'essai

La vérification de l'étanchéité (pénétration d'humidité) est effectuée en immergeant l'échantillon dans un bain d'eau comportant un produit mouillant. Le volume d'eau doit être au moins égal à 10 fois le volume de l'échantillon.

7.1.4.2 Echantillon d'essai

L'échantillon d'essai est un élément de remplacement représentatif de son type. Trois éléments de remplacement doivent être essayés.

7.1.4.3 Méthode d'essai

Chaque échantillon (à la température de la pièce entre 15 °C et 35 °C) doit être immergé pendant $5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix}$ min dans le bain à température comprise entre 70 °C et 80 °C.

Aucune bulle ne doit s'échapper de la surface de l'échantillon après disparition des bulles provoquées par l'immersion initiale.

7.1.5 Essai pour les fusibles associés destinés aux combinés interrupteurs-fusibles selon la CEI 60420

Des essais adaptés sont requis pour que le constructeur de fusible puisse donner les informations nécessaires au fabricant d'appareillage ou à l'utilisateur final.

7.1.5.1 Essai d'échauffement en condition de préarc

Le but est de déterminer la température maximale que peut être atteinte en tout point du fusible et pour toute valeur de courant de préarc.

Pour chaque série homogène, le fusible ayant le plus grand courant assigné doit être testé.

Les fusibles sont disposés comme pour l'essai d'échauffement du 6.5 sauf qu'il suffit de placer un capteur de mesure en contact avec le corps du fusible au milieu de sa longueur.

Le fusible est soumis à un essai de préchauffage avec un courant donnant un temps de fusion de 20 min, ce qui correspond aux conditions où le corps atteint généralement la température la plus haute. En pratique, un essai donnant un temps de fusion de 15 min à 25 min est acceptable. La température la plus haute atteinte est enregistrée. Cela intervient normalement juste après la fusion du fusible.

Dans le cas de fusibles équipés de percuteurs thermiques, le courant d'essai doit être interrompu dès que le percuteur a fonctionné et la température la plus élevée doit être enregistrée.

Pendant cette séquence d'essais, le fusible doit rester physiquement intact et sans dommages comme décrit en 5.1.3.

7.1.5.2 Temps d'arc admissible

Le temps d'arc admissible doit être au minimum de 0,1 s.

Quand une telle valeur est obtenue pendant la suite d'essais 3 de 6.6 de cette norme, cette valeur de la suite d'essais 3 peut être considérée comme preuve d'atteinte de la performance.

7.1.4 Waterproof test (ingress of moisture)

7.1.4.1 Test conditions

The verification of waterproofness (ingress of moisture) is achieved by submerging the test sample in a bath of hot water with a wetting agent. The volume of the water shall be at least 10 times the volume of the test sample.

7.1.4.2 Test sample

The test sample is a fuse-link representative of its type. Three fuse-links shall be tested.

7.1.4.3 Test method

Each test sample (at room temperature between 15 °C and 35 °C) shall be submerged for a time of $5 \frac{0}{-1}$ min in the bath having a water temperature between 70 °C and 80 °C.

No bubbles shall emanate from the sample surface after disappearance of bubbles caused by initial submersion.

7.1.5 Tests for back-up fuses for use in switch-fuse combination of IEC 60420

Suitable tests are required in order that the fuse manufacturer may be able to supply the switchgear manufacturer or end-user with the necessary data.

7.1.5.1 Pre-arcing temperature rise test

The aim is to ascertain the highest temperature reached by any point of the fuse at any value of pre-arcing current.

For each homogeneous series, the fuse of the highest current rating shall be tested.

Fuses are set up as for the temperature-rise test in 6.5, except that it is only necessary for a measuring sensor to be placed in close contact with the fuse body at its longitudinal centre.

The fuses are subjected to a pre-melting test with a current leading to a melting time of 20 min, which corresponds to the conditions where the highest body temperature is generally reached. In practice, one test giving a melting time in the range 15 min to 25 min is acceptable. The highest temperature measured is to be recorded. It will normally arise a short time after the actual instant of fuse melting.

In the case of fuses fitted with thermally operated strikers, the test current should be switched off at the instant of striker operation, and the highest temperature reached should be recorded.

During these series of tests, the fuses must remain physically intact and undamaged as defined in 5.1.3.

7.1.5.2 Arcing duration withstand

This withstand time should be at least 0,1 s.

Where such a value is obtained during Test Duty 3 tests of the fuse according to 6.6. of this standard, this Test Duty 3 value may be submitted as evidence of adequate performance.

Quand la valeur de durée d'arc de la suite d'essais 3 est inférieure à 0,1 s, alors deux essais supplémentaires doivent être effectués conformément à 6.6 pour la suite d'essais 3 mais sans exigence de TTR et avec:

- un courant d'essai donnant un temps d'arc d'au moins 0,1 s;
- une valeur de courant supérieure à 70 % du courant minimal de coupure tel que défini en 3.1.20.

Quand il peut être démontré que le percuteur thermique fonctionne pour les courants inférieurs à I_3 avant l'apparition de l'arc, alors l'essai de temps d'arc n'est pas requis.

8 Guide d'application

8.1 Objet

L'objet de cet article est de présenter des suggestions concernant l'utilisation, le fonctionnement et la maintenance afin d'obtenir des résultats satisfaisants avec les fusibles à haute tension limiteurs de courant.

8.2 Généralités

Un fusible inséré dans un circuit électrique est destiné à protéger en permanence ce circuit et les installations qui lui sont reliées, dans les limites de ses caractéristiques. La façon dont le fusible fonctionnera dépend non seulement de la précision avec laquelle il a été construit mais également de son utilisation correcte et du soin apporté à sa maintenance. S'il n'est pas utilisé et entretenu correctement, des dégâts considérables à des équipements coûteux peuvent se produire.

Il convient de manipuler les éléments de remplacement à haute tension avec au moins les mêmes précautions qu'un autre accessoire de précision (tel qu'un relais). Les éléments de remplacement sont stockés dans leur emballage d'origine jusqu'à utilisation. Il convient de vérifier avant utilisation tout élément de remplacement ayant subi une chute ou ayant été soumis d'autre manière à un choc mécanique important. La vérification comprend un examen concernant les détériorations de l'enveloppe et des parties métalliques de l'élément de remplacement ainsi qu'un mesurage de résistance. La valeur nominale de la résistance peut généralement être obtenue du constructeur de fusible.

Si dans les conditions normales d'installation et de service, l'élément de remplacement est soumis à des contraintes mécaniques sévères, par exemple, chocs, vibrations, etc., agissant suivant une ou plusieurs directions, il convient de vérifier que l'élément de remplacement peut supporter ces contraintes sans dommage ni détérioration. Des essais pratiques destinés à vérifier la tenue mécanique des éléments de remplacement peuvent être effectués par accord entre l'utilisateur et le constructeur de fusibles et d'appareillage. Pour les combinés interrupteurs-fusibles, voir la CEI 60420.

On ne saurait trop souligner qu'il convient de se conformer aux règles de sécurité prescrites chaque fois que l'on déplace ou que l'on entretient des fusibles au voisinage d'appareils ou de conducteurs sous tension.

8.3 Utilisation

8.3.1 Montage

Il convient d'installer le fusible en respectant les instructions du constructeur. Pour les dispositions multipolaires de fusibles, lorsque la distance entre pôles n'est pas fixée par construction, les pôles sont montés à des distances au moins égales à celles spécifiées par le constructeur.

Il convient de noter que lorsque des éléments de remplacement sont soumis à l'effet d'un rayonnement solaire intense, les caractéristiques de ces éléments de remplacement peuvent être profondément modifiées.

Where the submitted Test Duty 3 arc duration is less than 0,1 s, then two additional tests shall be carried out according to 6.6 of this standard for Test Duty 3 except for TRV requirements and with:

- a test current giving an arcing time of at least 0,1 s;
- a value of current greater than 70 % of the fuse minimum breaking current as defined in 3.1.20.

Where it can be shown that the thermal release of the fuse striker at currents below I_3 operates before arcing can occur, then the arcing duration test is not required.

8 Application guide

8.1 Object

The object of this clause is to present suggestions on application, operation and maintenance as an aid in obtaining satisfactory performance with high-voltage, current-limiting fuses.

8.2 General

A fuse in an electric circuit stands guard at all times to protect the circuit and the equipment connected to it from damage within the limits of its ratings. How well this fuse will perform depends not only upon the accuracy with which it was manufactured, but also upon the correctness of the application and the attention it receives after it is installed. If it is not properly applied and maintained, considerable damage may occur to costly equipment.

High-voltage fuse-links should be handled with at least the same degree of care as any other precision-made item of equipment (such as a relay). Fuse-links should be stored in their protective packaging until required for use. Any fuse-link dropped or otherwise subjected to severe mechanical shock should be checked before use. The check should include an inspection for damage of the fuse barrel and metal parts and a resistance check. A nominal resistance value may usually be obtained from the fuse manufacturer.

If the fuse-link during normal installation and service conditions is subject to severe mechanical stresses, for example, shocks, vibration, etc., acting in one or several directions, it should be verified that the fuse-link can withstand these stresses without damage or deterioration. Practical tests to prove the mechanical withstand of the fuse-links may be carried out by agreement between the user and the manufacturer of the fuses and the switchgear. For switch fuse combinations, see IEC 60420.

It cannot be stressed too strongly that prescribed safety rules should be observed at all times when manipulating or maintaining fuses near energized equipment or conductors.

8.3 Application

8.3.1 Mounting

Fuses should be installed in accordance with the manufacturer's instructions. For multipole arrangements of fuses, when the distance between poles is not fixed by the construction, the poles should be mounted with clearances not less than those specified by the manufacturer.

It should be noted that, when fuse-links are subjected to the effect of severe solar radiation, the performance of these fuse-links may be significantly affected.

8.3.2 Choix du courant assigné de l'élément de remplacement

Le courant assigné d'un élément de remplacement est généralement supérieur au courant normal de service. Les indications pour le choix du fusible sont généralement fournies par le constructeur.

Si le courant assigné de l'élément de remplacement est inférieur à celui du socle, le courant assigné réel du fusible est celui de l'élément de remplacement.

Il convient de choisir le courant assigné de l'élément de remplacement en tenant compte de ce qui suit:

- a) courant normal et surcharge possible du circuit, y compris les harmoniques engendrés;
- b) phénomènes transitoires dans le circuit, liés à la mise en ou hors circuit d'appareil tel que transformateurs, moteurs ou batteries de condensateurs;
- c) coordination éventuelle avec d'autres dispositifs de protection.

Pour déterminer le courant assigné d'un élément de remplacement, le constructeur se base sur de nombreux facteurs.

L'un de ces facteurs est l'échauffement des contacts de l'élément de remplacement déterminé lors de l'essai d'échauffement selon 6.5 de la présente norme en effectuant un essai mono-phasé à l'air libre ou dans l'huile.

Les conditions de raccordement, d'orientation, de température ambiante et de montage sont spécifiées. Quelle que soit la température ambiante pendant l'essai (qui peut avoir n'importe quelle valeur entre +10 °C et +40 °C) les résultats de l'essai d'échauffement sont supposés valables jusqu'à une température ambiante de 40 °C en service.

La mise sous enveloppe de l'élément de remplacement et la proximité des deux autres éléments de remplacement d'un ensemble triphasé ont un effet néfaste sur la température de fonctionnement.

En plus du souci de conformité aux limites d'échauffement, le constructeur peut avoir déterminé le courant assigné à partir de critères fondés sur le besoin de s'assurer une marge de sécurité suffisante contre la détérioration des éléments fusibles. On ne peut donc pas supposer qu'un élément de remplacement donnera satisfaction en service sur le seul critère que les échauffements maximaux du tableau 6 de la présente norme n'ont pas été dépassés. Cela s'applique en particulier au cas des faibles courants assignés, mais peut aussi s'appliquer au courant assigné maximal d'une série homogène.

Le courant assigné d'un élément de remplacement choisi pour une application donnée est souvent déterminé par des facteurs autres que le courant permanent en service (voir CEI 60787). Cependant, si le courant permanent en service est le facteur déterminant, il faut faire attention à l'influence des conditions suivantes (surtout si les fusibles sont utilisés dans une enveloppe, voir annexe F):

- a) température du milieu environnant l'élément de remplacement;
- b) type et taille des raccordements;
- c) orientation des éléments de remplacement;
- d) enveloppe contenant l'élément de remplacement;
- e) effet du rayonnement solaire;
- f) effet du refroidissement forcé.

Un mauvais choix du courant assigné de l'élément de remplacement peut produire:

- 1) la détérioration des éléments fusibles;
- 2) la détérioration des contacts;
- 3) la détérioration de l'enveloppe.

8.3.2 Selection of the rated current of the fuse-link

The rated current of a fuse-link is usually higher than the normal service current. Recommendations for selection are usually provided by the manufacturer.

If the current rating of the fuse-link is less than that of the fuse-base, the effective current rating of the fuse is that of the fuse-link.

The rated current of the fuse-link should be selected with due regard to the following parameters:

- a) normal and possible overload currents of the circuit, including sustained harmonics;
- b) transient phenomena in the circuit related to switching such equipment as transformers, motors or capacitors;
- c) coordination with other protective devices, if any.

The rated current assigned by the fuse-link manufacturer is based on a number of factors.

One factor is the temperature rise of the fuse-link contacts, determined at the temperature-rise test in accordance with 6.5 of this standard by testing single phase in free air or in oil.

The conditions of connections, orientation, ambient temperature and mounting are specified. Regardless of the ambient temperature during the test (which may be any value between +10 °C and +40 °C), the results of the temperature-rise test are deemed to be valid up to a service ambient temperature of 40 °C.

The effect of enclosing the fuse-link and the proximity of two other fuse-links of a three-phase set will have an adverse effect on the in-service temperature.

The manufacturer may have determined the rated current using criteria based upon the need to ensure an adequate margin against deterioration of the fuse elements in addition to compliance with temperature-rise limits. Hence it cannot be assumed that a fuse-link will remain satisfactory in service merely because the maximum allowable temperature rises as detailed in table 6 of this standard have not been exceeded. This particularly applies in the case of lower rated currents but may also apply to the higher current rating of a homogeneous series.

The fuse-link rated current selected for a given application is often determined by factors other than continuous current in service (see IEC 60787). However, if the continuous current in service is the determining factor then attention has to be paid to the effect of the following conditions (especially if the fuses are used in an enclosure, see annex F):

- a) temperature of the medium surrounding the fuse-link;
- b) type and size of connections;
- c) orientation of fuse-links;
- d) fuse-link enclosure;
- e) effect of solar radiation;
- f) effect of forced cooling.

Incorrect selection of fuse-link rated current may result in the following:

- 1) deterioration of the fuse-link element;
- 2) deterioration of contacts;
- 3) deterioration of the enclosure.

De plus, par comparaison avec les informations fournies par le constructeur, les caractéristiques temps-courant peuvent se déplacer vers la gauche pour la branche des temps longs (voir figure 1 de la CEI 60787) et les courants minimaux de fusion peuvent prendre des valeurs plus basses. Il faut cependant remarquer que les valeurs du courant minimal de coupure sont habituellement inchangées et peuvent même augmenter, et que le degré de protection contre les faibles surintensités procuré par le fusible peut donc être modifié de façon néfaste. A la demande de l'utilisateur, des informations sur la relation temps-courant peuvent être fournies pour faire face à cette situation.

Du fait que l'élément de remplacement et son enveloppe constituent un système interactif et que chaque constituant peut être fourni par un constructeur différent, il est essentiel de disposer d'assez d'informations pour permettre une application rigoureuse.

La convenance d'un élément de remplacement pour une application spécifique sous enveloppe est de la responsabilité du fournisseur du fusible sous enveloppe ou puits (FEP) et il est recommandé à l'utilisateur de suivre les instructions du constructeur du FEP, faute de quoi on considère qu'il garde la responsabilité du choix.

8.3.3 Choix du socle

La puissance admissible d'un socle, pour le courant assigné indiqué par le constructeur, n'est pas inférieure à la puissance maximale dissipée par n'importe lequel des éléments de remplacement destinés à être montés sur ce socle.

8.3.4 Choix selon la classe (voir 3.3.2) et le courant minimal de coupure

Il convient de choisir des éléments de remplacement dont la valeur du courant minimal de coupure corresponde à l'application particulière considérée. Il convient de souligner que l'utilisation d'un élément de remplacement ayant une valeur trop élevée de courant minimal de coupure peut conduire dans certaines circonstances à une destruction de l'élément de remplacement suivie de détériorations.

8.3.4.1 Éléments de remplacement utilisés dans des combinés interrupteurs-fusibles conformes à la CEI 60420

Il suffit que le courant minimal de coupure soit assez faible pour assurer une coordination correcte avec l'interrupteur du combiné (voir CEI 60420). Des fusibles associés sont généralement utilisés pour cette application.

8.3.4.2 Éléments de remplacement utilisés comme seule protection de circuits de distribution ou comprenant des transformateurs (voir CEI 60787)

- a) Pour les applications dans lesquelles on peut montrer par le calcul ou par expérience en service que de faibles valeurs de courant de défaut sont improbables, des fusibles associés appropriés peuvent être utilisés. Dans ce cas, il faut s'assurer que le courant minimal de coupure assigné de l'élément de remplacement est inférieur au plus petit courant de court-circuit susceptible d'apparaître en amont du dispositif de protection à basse tension. Des valeurs typiques de courant minimal de coupure assigné pour des fusibles utilisés dans de telles conditions sont en principe comprises entre quatre et huit fois le courant assigné du transformateur.
- b) Les applications pour lesquelles l'expérience ou le calcul indiquent qu'il peut y avoir de très faibles surintensités sur le réseau (c'est-à-dire inférieure à environ quatre fois le courant désigné du fusible), des fusibles à usage général ou à coupure intégrale doivent être utilisés.

Les fusibles à coupure intégrale sont particulièrement recommandés pour les applications où les surintensités de courant peuvent être aussi faibles que le courant minimal de fusion du fusible et lorsque le fusible doit être déclassé pour être utilisé dans une enveloppe.

Furthermore, as compared with fuse-link manufacturers' published information, the time-current characteristics may be shifted to the left at the long-time end (see figure 1 of IEC 60787), and hence the minimum melting currents may have lower values. Note however that the values of minimum breaking current are usually unchanged or may even increase, and hence the degree of low overcurrent protection provided by the fuse-link may be adversely affected. At the request of the user, time-current data may be supplied to cover this situation.

Because the fuse-link and its enclosure produce a system with interacting effects, and each component may be supplied by a different manufacturer, it is essential that sufficient data is made available to permit proper application.

Suitability for a specific application of the fuse-link in an enclosure is the responsibility of the supplier of the fuse enclosure package (FEP) and the user is recommended to follow the instructions of the FEP manufacturer. Otherwise, the responsibility for the choice is considered to rest with the user.

8.3.3 Selection of the fuse-base

The power acceptance of the fuse-base, at the rated current nominated by the manufacturer, should not be lower than the maximum power dissipation of any of the fuse-links intended to be fitted on that fuse-base.

8.3.4 Selection according to class (see 3.3.2) and minimum breaking current

Fuse-links should be selected so that the value of minimum breaking current is appropriate to the particular application concerned. It should be stressed that use of a fuse-link having too high a value of minimum breaking current could, under certain circumstances, result in disruptive failure of the fuse-link and consequent damage.

8.3.4.1 Fuse-links used in switch-fuse combinations conforming with IEC 60420

Minimum breaking current need only be low enough to ensure correct coordination with the switch of the combination (see IEC 60420). Back-up fuses are generally used for this application.

8.3.4.2 Fuse-links used as sole protection for transformer or distribution circuits (see IEC 60787)

- a) For applications where it can be shown by calculation or by service experience that low fault levels are unlikely to occur, then suitable back-up fuses may be used. In this case, it is necessary to ascertain that the rated minimum breaking current of the fuse-link is less than the smallest short-circuit current likely to appear upstream of the low-voltage protecting device. Typical values of rated minimum breaking current for fuses used in such applications would be in the range of four to eight times the transformer rated current.
- b) For applications where experience or calculation indicates there is a possibility of very low values of overcurrents occurring on the system (i.e. below about four times fuse rated current) then general-purpose or full-range fuses should be employed.

The latter class of fuse is especially recommended for applications where overcurrents can occur at values as low as the fuse minimum melting current and where the fuse has to be de-rated for use in an enclosure.

8.3.4.3 Éléments de remplacement utilisés pour la protection contre les courts-circuits conjointement avec des éléments de remplacement à expulsion

Il suffit que le courant minimal de coupure soit inférieur au courant d'intersection des éléments de remplacement montés en série. Les valeurs de courant minimal de coupure assigné varient largement selon la conception de cet ensemble. Des fusibles associés sont normalement utilisés pour cette application.

8.3.4.4 Éléments de remplacement utilisés pour la protection des circuits comprenant des moteurs

En général, il suffit que le courant minimal de coupure soit assez faible pour assurer une coordination correcte avec le relais à maximum de courant de l'appareil de connexion. Lorsqu'une sécurité supplémentaire est exigée, il convient que le courant minimal de coupure de l'élément de remplacement soit au moins aussi faible que le courant rotor bloqué du moteur protégé. Des fusibles associés sont normalement utilisés pour cette application (voir CEI 60644).

8.3.4.5 Éléments de remplacement utilisés pour la protection des condensateurs

Dans le cas où les éléments de remplacement sont utilisés pour protéger des condensateurs unitaires, des valeurs de courant minimal de coupure très faibles peuvent être souhaitables pour tenir compte des faibles accroissements de courant qui se produisent lorsqu'il y a claquage d'un ou de plusieurs éléments de condensateur. Dans le cas où des éléments de remplacement ne sont utilisés que pour la protection de ligne (lorsque les unités individuelles sont protégées séparément par d'autres moyens), des éléments de remplacement ayant une valeur de courant minimal de coupure plus élevée peuvent alors être utilisés (voir CEI 60549).

8.3.5 Choix de la tension assignée de l'élément de remplacement

Il convient de choisir la tension assignée de l'élément de remplacement en fonction de ce qui suit.

- S'il est utilisé sur un réseau triphasé à neutre mis directement à la terre ou sur un réseau triphasé à neutre mis à la terre par une impédance ou par une résistance, il convient que la tension assignée de l'élément de remplacement soit, en principe, au moins égale à la tension entre phases la plus élevée.
- S'il est utilisé sur un réseau monophasé, il convient que la tension assignée de l'élément de remplacement soit au moins égale à 115 % de la tension monophasée la plus élevée du circuit.
- S'il est utilisé sur un réseau triphasé à neutre isolé ou sur un réseau compensé par bobine d'extinction, il convient d'envisager, en principe, la possibilité d'un double défaut à la terre, l'un du côté alimentation, l'autre du côté charge d'un fusible sur une autre phase. Si la tension la plus élevée entre phases de ce réseau est supérieure à 0,87 fois la tension assignée du fusible, des essais à un niveau au moins égal à cette tension supérieure sont nécessaires pour les fusibles utilisés.

Il convient également d'examiner la coupure possible de courants capacitifs dans le cas d'un défaut monophasé à la terre. Si dans un tel réseau on utilise des éléments de remplacement sans ouverture de l'interrupteur associé par percuteur, des essais peuvent être effectués par accord entre constructeur et utilisateur, conformément aux conditions d'essai appropriées de la CEI 60265-1. Il convient de choisir les courants d'essai d'un commun accord en fonction de l'élément de remplacement à essayer et des valeurs des courants dans les phases saines et dans la phase en défaut lors du défaut à la terre.

8.3.6 Choix du niveau d'isolement assigné

Les tableaux 4 et 5 spécifient les valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre.

Il convient de choisir entre la liste 1 et la liste 2 du tableau 4 en considérant le degré d'exposition aux surtensions de foudre et de manœuvre, le mode de mise à la terre du neutre du réseau et, éventuellement, le type d'appareil de protection contre les surtensions.

8.3.4.3 Fuse-links used to provide short-circuit protection in combination with expulsion fuse-links

Minimum breaking current need only be lower than the take-over current of the series combination. Values of rated minimum breaking current vary widely depending on the design of the combination. Back-up fuses are normally used for this application.

8.3.4.4 Fuse-links used for motor circuit protection

In general, the minimum breaking current need only be low enough to ensure correct coordination with the switching device over-current relay. Where additional safety is required, the fuse-link minimum breaking current should be at least as low as the stalled rotor current of the protected motor. Back-up fuses are normally used for this application (see IEC 60644).

8.3.4.5 Fuse-links used for capacitor protection

Where fuse-links are used to protect capacitor units, very low minimum breaking current values may be desirable in order to take account of the small increases in current which occur when one or more capacitor elements break down. In the case of fuse-links used only for line protection (where individual units are separately protected by other means) then fuse-links with an appropriately higher value of minimum breaking current may be employed (see IEC 60549).

8.3.5 Selection of the rated voltage of the fuse-link

The rated voltage of the fuse-link should be selected with regard to the following.

- If used in a three-phase solidly earthed neutral system or impedance- or resistance-earthed neutral system, the voltage rating of the fuse-link should be at least equal to the highest line-to-line voltage.
- If used on a single-phase system, the voltage rating of the fuse-link should be at least equal to 115 % of the highest single-phase circuit voltage.
- If used on a three-phase isolated neutral system or a resonant earthed system, the possible occurrence of a double earth fault with one fault on the supply side and one fault on the load side of a fuse on another phase, should be considered. If the highest line-to-line voltage of this system is higher than 0,87 times the voltage rating of the fuse, tests at a level of at least this higher value are necessary for the fuses to be used.

The possibility of interruption of capacitive currents in the case of single phase-to-earth fault should also be considered. If fuse-links are used in such a network system, without having striker tripping of the associated switch, tests may be carried out by agreement between manufacturer and user, in accordance with the appropriate test conditions of IEC 60265-1. The test currents should be agreed upon in relation to the fuse-link to be tested and the values of the currents in the healthy and faulty phases during earth fault.

8.3.6 Selection of the rated insulation level

Tables 4 and 5 specify values for the rated lightning impulse withstand voltage.

The choice between lists 1 and 2 of table 4 should be made by considering the degree of exposure to lightning and switching overvoltages, the type of system neutral earthing and, where applicable, the type of overvoltage protective device.

Le matériel répondant à la liste 1 convient à des installations telles que celles indiquées ci-dessous:

- a) dans les réseaux et dans les installations industrielles non reliés à des lignes aériennes:
 - 1) dont le neutre est mis à la terre soit directement soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Des dispositifs de protection contre les surtensions, tels que des parafoudres, ne sont généralement pas nécessaires;
 - 2) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et lorsqu'une protection convenable contre les surtensions est prévue dans des réseaux particuliers, par exemple un réseau étendu de câbles où des parafoudres aptes à décharger la capacité des câbles peuvent être nécessaires;
- b) dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés à des lignes aériennes par l'intermédiaire de transformateurs pour lesquels il existe des câbles ou des capacités additionnelles d'au moins $0,05 \mu\text{F}$ par phase connectés entre les bornes secondaires du transformateurs et la terre, côté transformateur par rapport aux fusibles et aussi près que possible des bornes du transformateur. Cela couvre le cas des réseaux dont
 - 1) le neutre est mis à terre soit directement soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction (une protection contre les surtensions au moyen de parafoudres peut être souhaitable),
 - 2) le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres;
- c) dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés directement à des lignes aériennes dont
 - 1) le neutre est mis à la terre soit directement soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction et sur lesquels existe une protection convenable contre les surtensions, soit par éclateurs, soit par parafoudres, adaptée à la probabilité de l'amplitude et de la fréquence des surtensions;
 - 2) le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres.

Dans tous les autres cas, ou lorsqu'on exige un très haut degré de sécurité, il convient d'utiliser le matériel répondant à la liste 2.

NOTE En cas d'utilisation de tensions de tenue assignées aux chocs de foudre de la liste 1, un accord entre le constructeur et l'utilisateur peut être nécessaire en ce qui concerne les valeurs maximales des surtensions de fonctionnement spécifiées dans le tableau 7.

8.3.7 Caractéristiques temps-courant des fusibles à haute tension

Comme indiqué en 8.3.2, le courant assigné d'un fusible à haute tension, bien qu'important, n'est que l'un des facteurs à considérer pour choisir un fusible pour une application donnée.

La caractéristique temps-courant est un facteur déterminant lors du choix de tels fusibles. Cette caractéristique est en relation étroite avec

- a) la tenue du fusible aux courants transitoires, par exemple courant d'enclenchement de transformateurs à vide, courant de démarrage de moteur;
- b) la coordination avec les autres dispositifs de protection associés par exemple relais de déclenchement du disjoncteur amont, fusibles BT en aval, relais de démarrage de moteur;
- c) le niveau de protection apporté au circuit associé au transformateur, à la commande de moteur, etc.

Equipment designed according to list 1 is suitable for installations such as the following:

- a) in systems and industrial installations not connected to overhead lines:
 - 1) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc suppression coil. Surge protective devices, such as diverters, are generally not required;
 - 2) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and adequate overvoltage protection is provided in special systems, for example, an extensive cable network, where surge diverters capable of discharging the cable capacitance may be required;
- b) in systems and industrial installations connected to overhead lines through transformers and where cables or additional capacitors of at least $0,05 \mu\text{F}$ per phase are connected between the transformer lower-voltage terminals and earth, on the transformer side of the fuses and as close as possible to the transformer terminals. This covers the cases where
 - 1) the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil (overvoltage protection by means of surge diverters may be desirable);
 - 2) the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.
- c) in systems and industrial installations connected direct to overhead lines where
 - 1) the system neutral is earthed solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by spark gaps or surge diverters is provided depending on the probability of overvoltage amplitude and frequency of occurrence;
 - 2) the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

In all other cases, or where a very high degree of security is required, equipment designed to list 2 should be used.

NOTE In case of application of rated lightning impulse withstand voltages of list 1, an agreement between manufacturer and user may be necessary concerning the maximum switching voltages specified in table 7.

8.3.7 Time-current characteristics of high-voltage fuses

As stated in 8.3.2, the rated current of a high-voltage fuse, although important, is only one of a number of factors to be considered when choosing a fuse for a given application.

A factor of particular relevance when selecting a fuse is the time-current characteristic. This characteristic is of importance in relation to

- a) fuse withstand against transient surge currents, for example, transformer magnetizing inrush current, motor starting current;
- c) coordination with other associated protective devices, for example, upstream circuit-breaker relays, downstream low-voltage fuses, motor starter relays;
- c) levels of protection afforded to associated feeder, transformer, motor control circuit, etc.

La CEI 60644 et la CEI 60787 donnent quelques conseils sur les caractéristiques préférentielles respectivement pour la commande des moteurs et pour les circuits de transformateurs de distribution. Néanmoins, il n'a pas été possible de normaliser les caractéristiques temps-courant des fusibles à haute tension à cause des grandes différences existant entre les pratiques nationales et les philosophies de protection. C'est pourquoi il y a souvent de grandes différences entre les caractéristiques d'éléments de remplacement de caractéristiques assignées similaires, mais de type ou de fabrication différents.

Il est donc conseillé de consulter les constructeurs de fusibles et de comparer les caractéristiques temps-courant pour choisir l'élément de remplacement optimal pour une application donnée.

8.4 Fonctionnement

8.4.1 Immobilisation du fusible dans la position de service

Il est recommandé spécialement de s'assurer que l'élément de remplacement est soigneusement immobilisé dans la position de service.

8.4.2 Remplacement des éléments de remplacement

Il est recommandé d'enlever les éléments de remplacement et de les mettre en place lorsque le circuit est à vide.

Il est recommandé de remplacer les trois éléments de remplacement lorsque les fusibles d'un circuit triphasé ont fonctionné sur une ou deux phases à moins qu'on sache avec certitude qu'aucune surintensité n'a traversé les éléments de remplacement non fondus.

8.5 Mise au rebut

Le constructeur doit indiquer, le cas échéant, les précautions à prendre avec les fusibles usagés pour préserver l'environnement.

Il est de la responsabilité de l'utilisateur de prendre en compte tous les règlements locaux applicables à la mise au rebut des produits et de s'y conformer.

IEC 60644 and IEC 60787 give some guidance on preferred characteristics for motor control and distribution transformer applications respectively. However, it has not been found possible to standardize high-voltage fuse time-current characteristics because of wide differences in national practices and protection philosophies. Hence there are often wide differences between the characteristics of fuse-links of similar rating but of different type or manufacture.

It is therefore advisable to consult fuse manufacturers and compare time-current characteristics when choosing the optimum fuse-link for a given application.

8.4 Operation

8.4.1 Locking of the fuse-link in the service position

Special care should be taken to see that the fuse-link is securely locked in the service position.

8.4.2 Replacement of the fuse-link

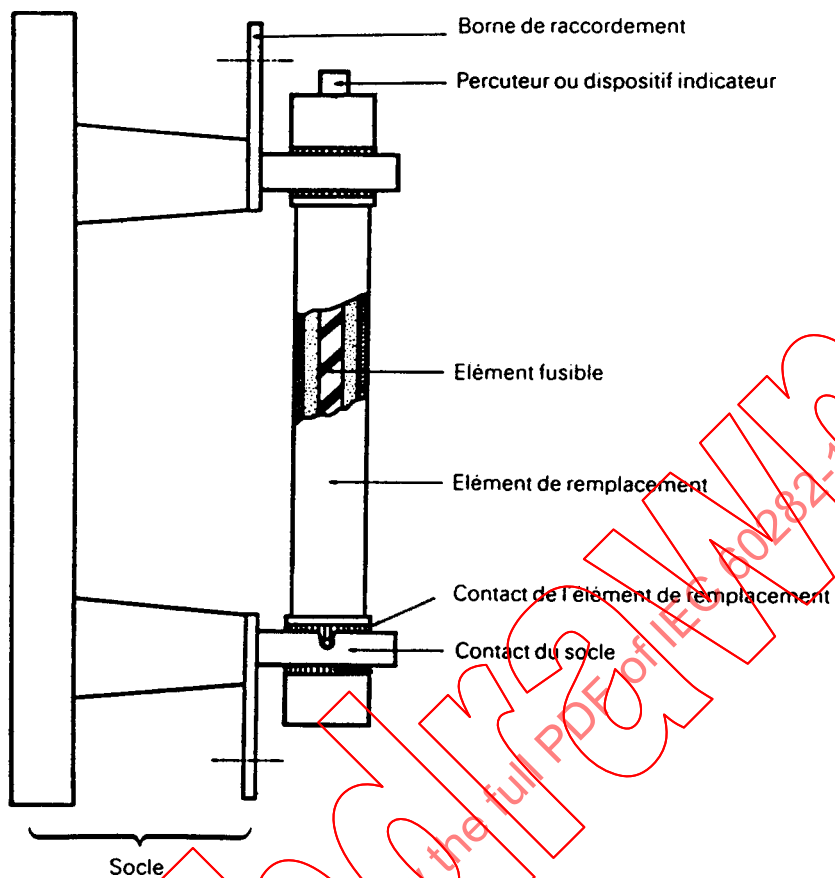
It is advisable to remove and to insert fuse-links when in an off-load condition.

It is advisable to replace all three fuse-links when the fuse-link on one or two phases of a three-phase circuit has operated, unless it is definitely known that no over-current has passed through the unmelted fuse-links.

8.5 Disposal

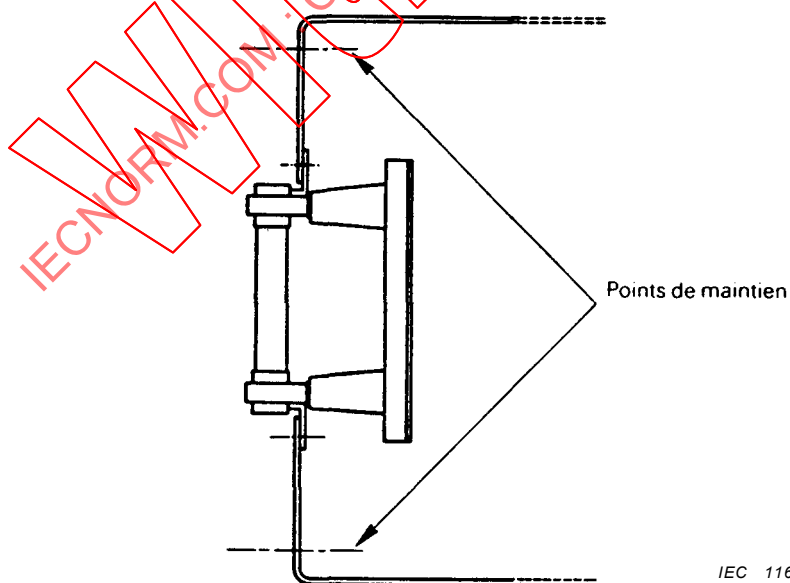
When applicable, the manufacturer shall provide information concerning the disposal of fuses with due regard to environmental considerations.

It is the responsibility of the user to consider and comply with all local relevant regulations concerning disposal.



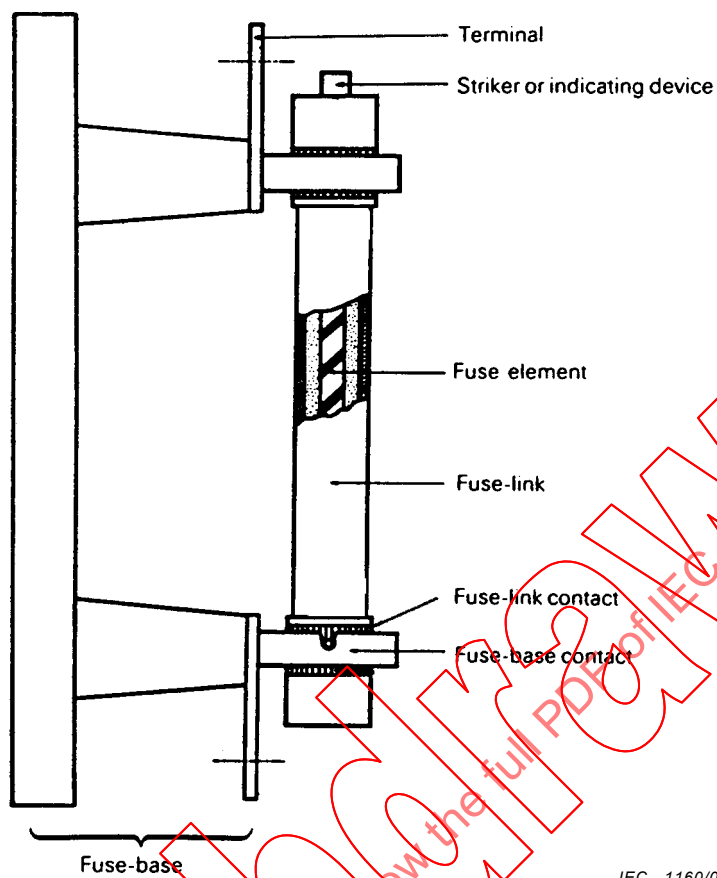
IEC 1160/01

Figure 1 – Terminologie



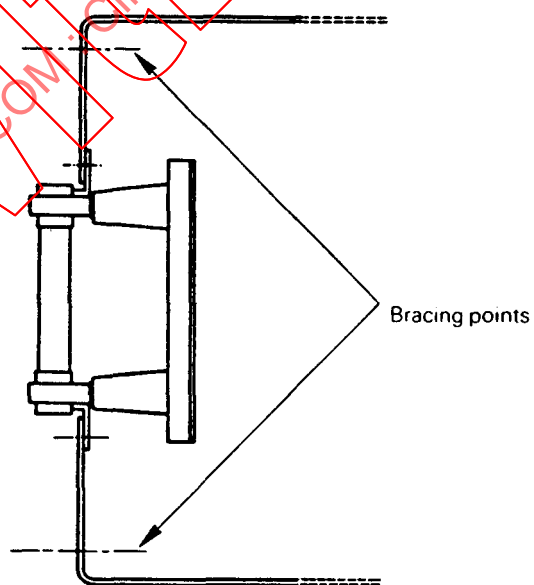
IEC 1161/01

Figure 2 – Essais de coupure – Disposition de l'appareil



IEC 1160/01

Figure 1 – Terminology



IEC 1161/01

Figure 2 – Breaking tests – Arrangement of the equipment

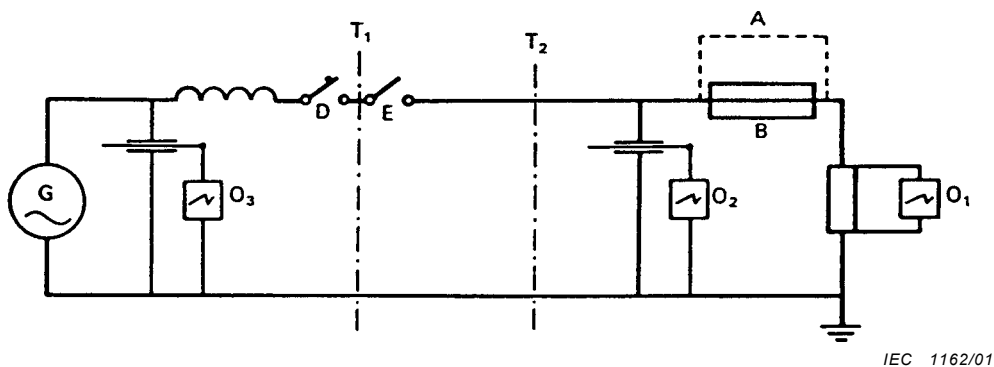
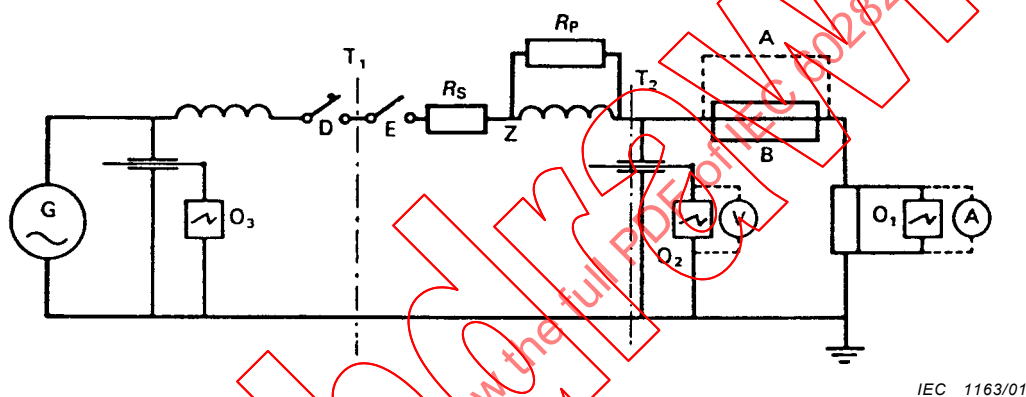


Figure 3 – Essais de coupure – Schéma type pour les suites d'essais 1 et 2



Légende

A	Connexion amovible utilisée pour l'étalonnage	O ₃	Mesurage de la tension de référence
B	Fusible à l'essai	T ₁ – T ₂	Emplacements possibles du transformateur
D	Disjoncteur protégeant la source	Z	Impédance réglable
E	Court-circuit	R _P	Résistance parallèle réglable
O ₁	Mesurage du courant	R _S	Résistance série réglable
O ₂	Mesurage de la tension de rétablissement		

Figure 4 – Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3

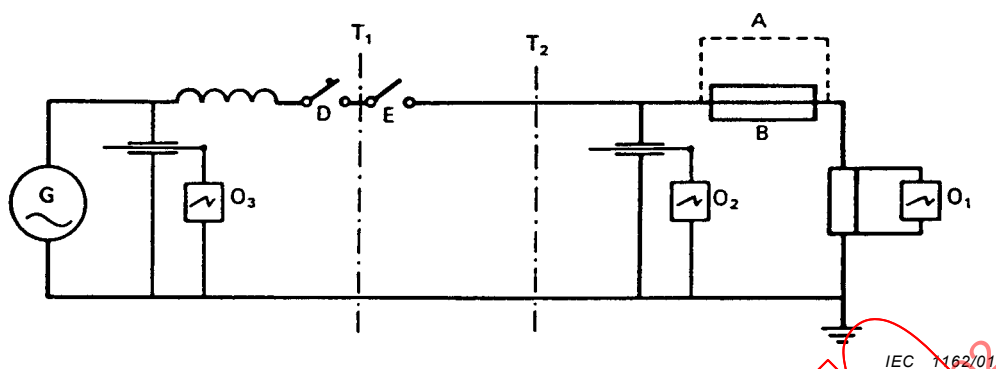
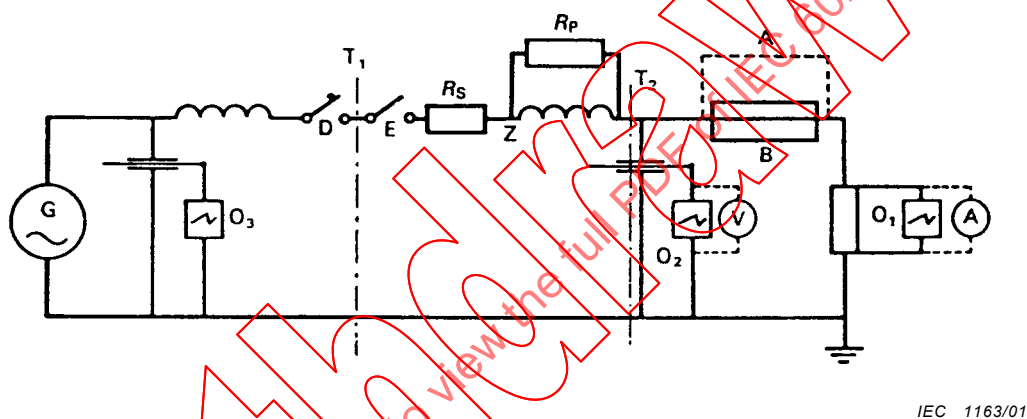


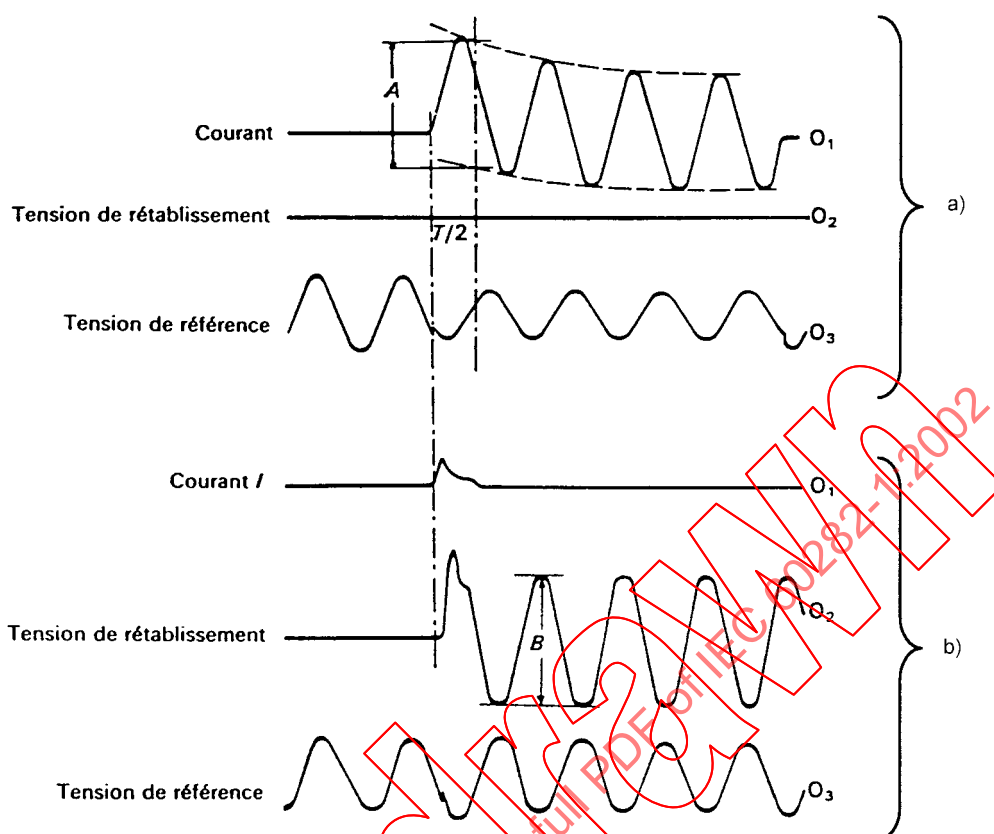
Figure 3 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duties 1 and 2



Key

A	Removable link used for the calibration test	O ₃	Reference voltage measurement
B	Fuse under test	T ₁ – T ₂	Possible locations of the transformer
D	Circuit-breaker protecting the source	Z	Adjustable impedance
E	Making switch	R _P	Adjustable parallel resistance
O ₁	Current measurement	R _S	Adjustable series resistance
O ₂	Recovery voltage measurement		

Figure 4 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duty 3



IEC 1164/01

a) Etalonnage

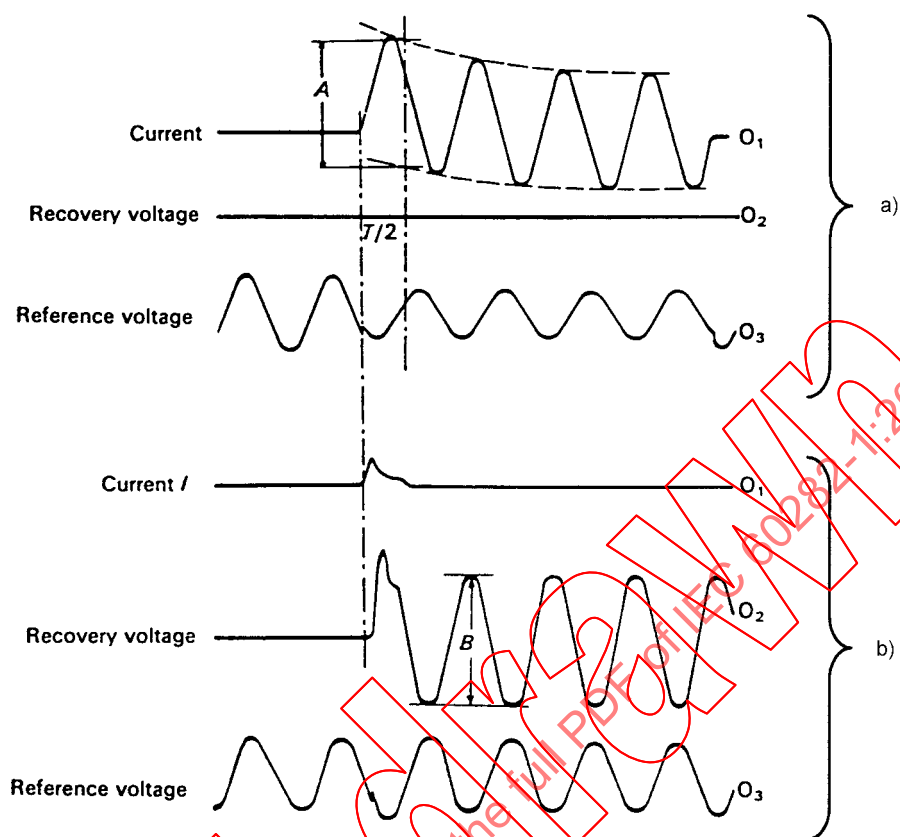
b) Essai de coupure

Valeur efficace de la composante périodique du courant présumé coupé $I = \frac{A}{2\sqrt{2}}$

Tension de rétablissement $V = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

NOTE Les figures 5, 6 et 7 sont des illustrations; les courants ne sont pas représentés avec la même échelle.

Figure 5 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1



IEC 1164/01

a) Calibration test

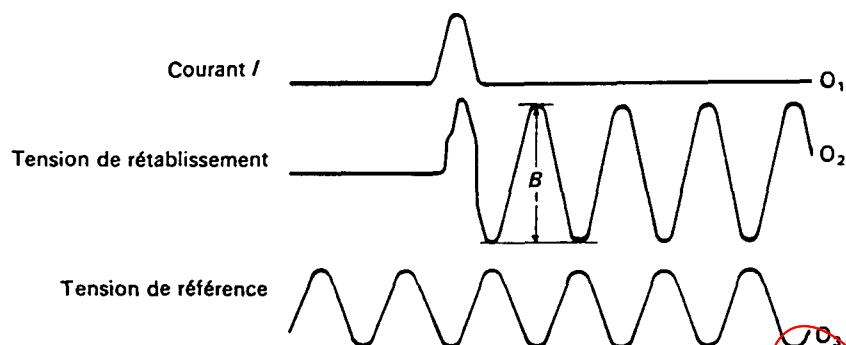
b) Breaking test

RMS value of the a.c. component of prospective breaking current $I = \frac{A}{2\sqrt{2}}$

Recovery voltage $V = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

NOTE Figures 5, 6 and 7 are for illustration; the currents are not drawn to the same scale.

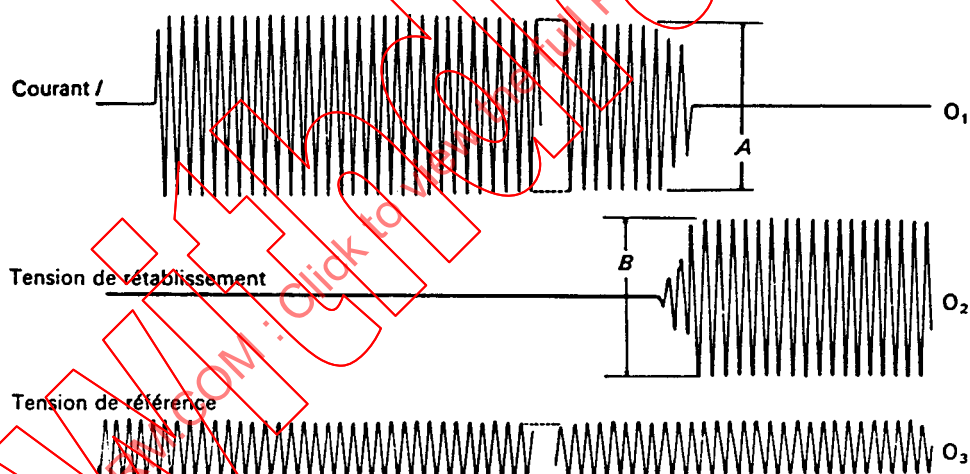
Figure 5 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 1



Légende

- O₁ = Mesurage du courant
- O₂ = Mesurage de la tension de rétablissement
- O₃ = Mesurage de la tension de référence

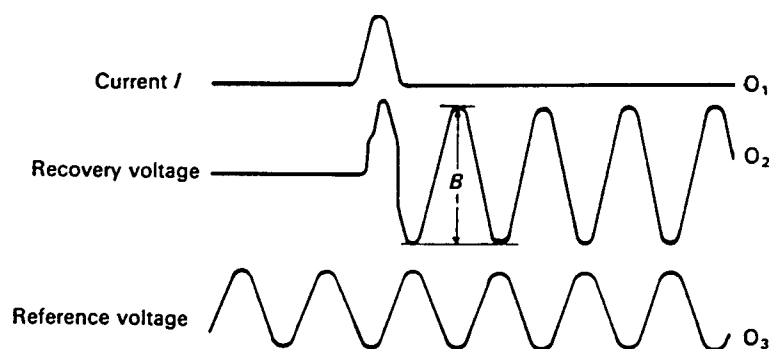
Figure 6 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 2 (traces d'étalonnage comme indiquées en a) de la figure 5)



Légende

- O₁ = Mesurage du courant
- O₂ = Mesurage de la tension de rétablissement
- O₃ = Mesurage de la tension de référence

Figure 7 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3

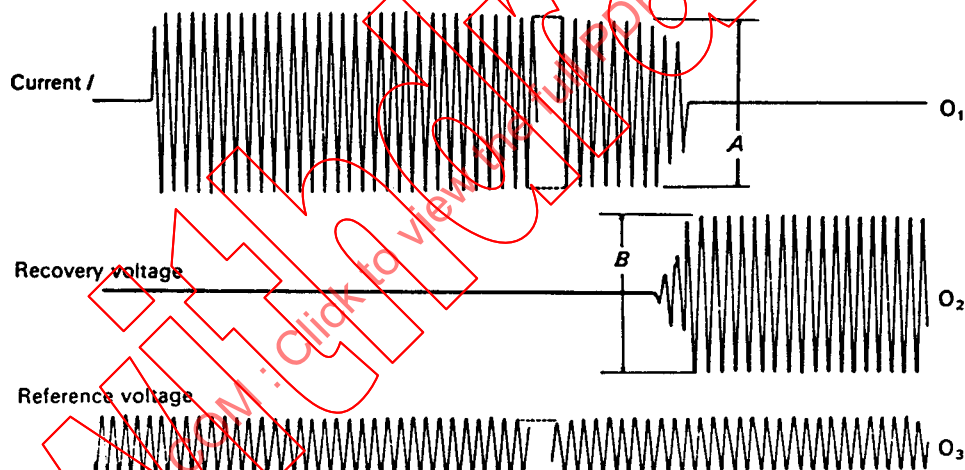


IEC 1166/01

Key

- O₁ = Current measurement
- O₂ = Recovery voltage measurement
- O₃ = Reference voltage measurement

Figure 6 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 2
(calibration traces as in a) of figure 5)



IEC 1166/01

Key

- O₁ = Current measurement
- O₂ = Recovery voltage measurement
- O₃ = Reference voltage measurement

Figure 7 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 3

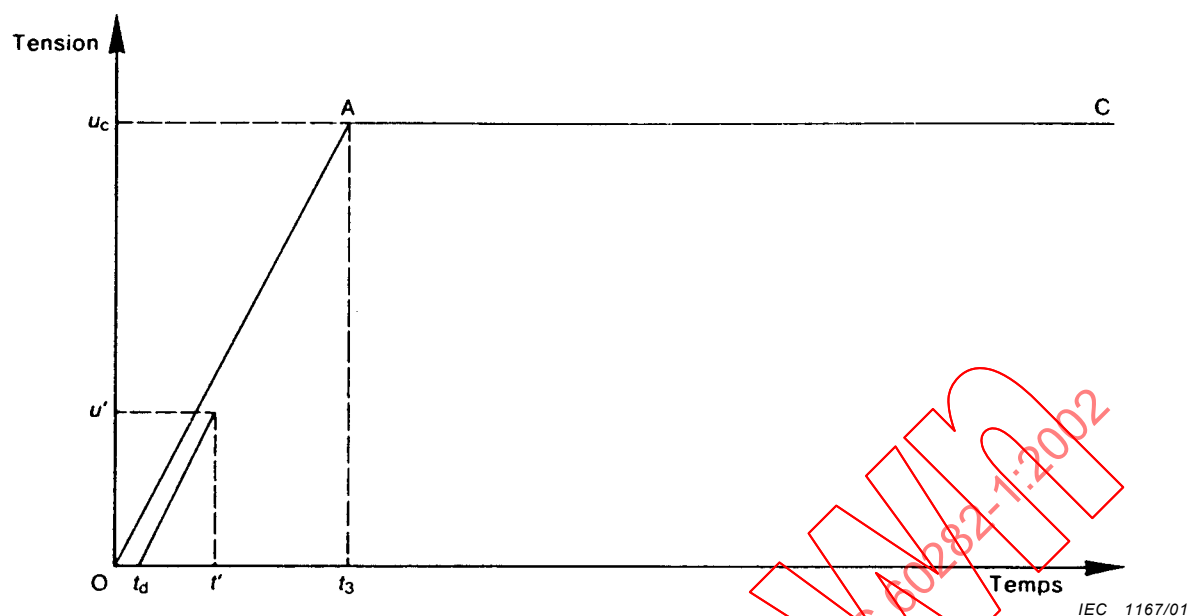


Figure 8 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard

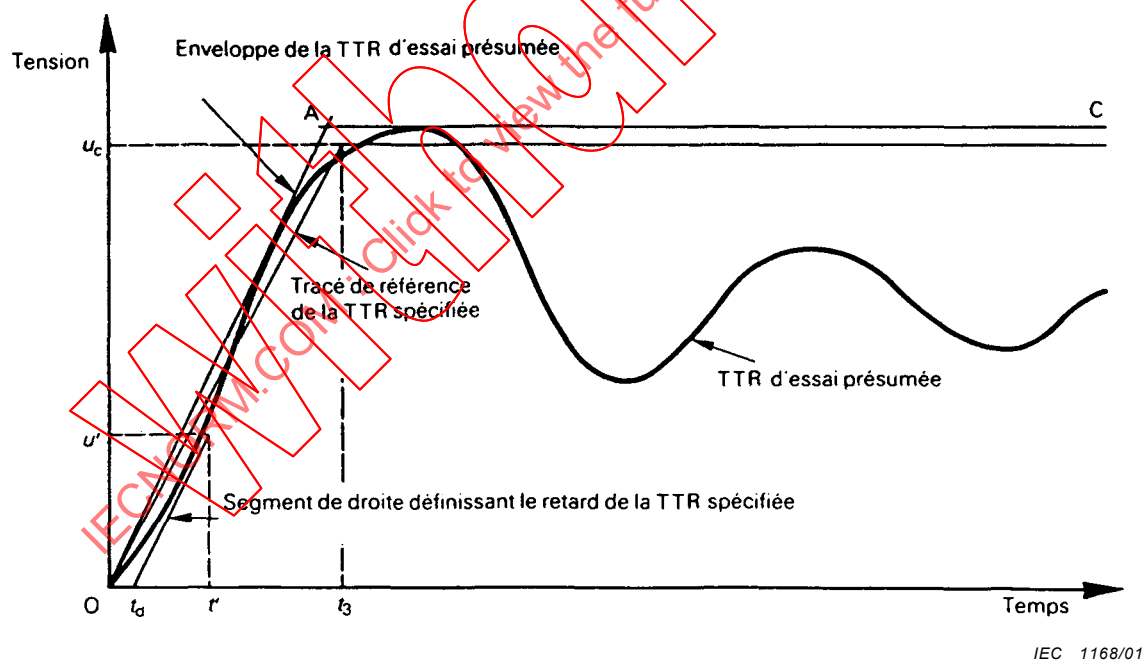


Figure 9 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type

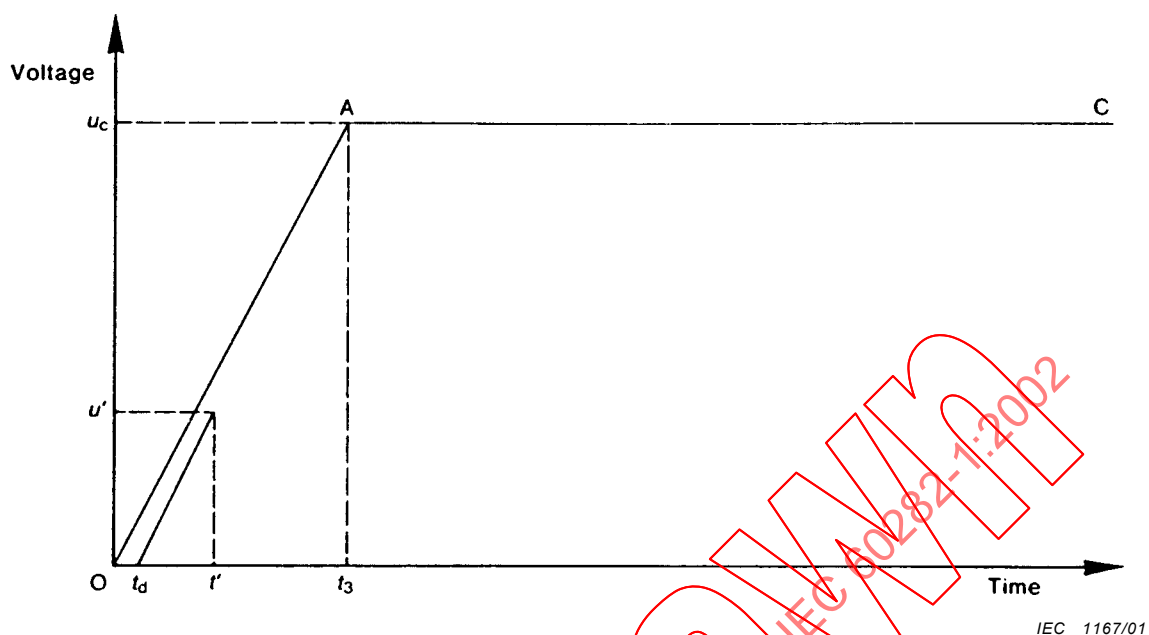


Figure 8 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line

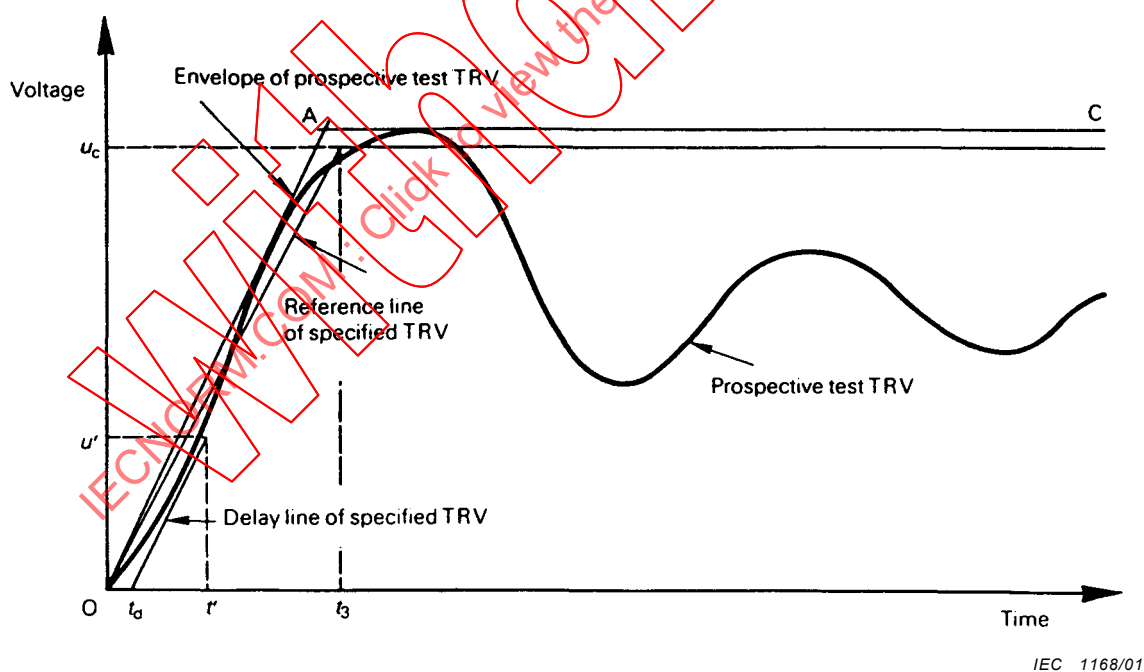


Figure 9 – Example of a two-parameter reference line for a TRV complying with the conditions of the type test

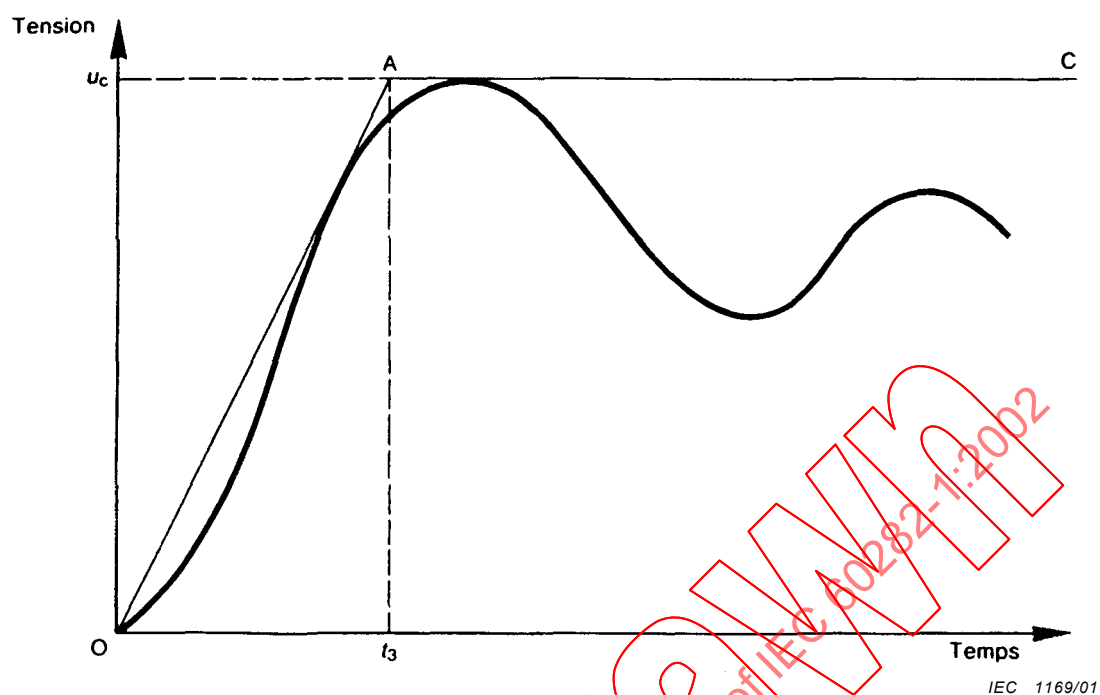


Figure 10 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche

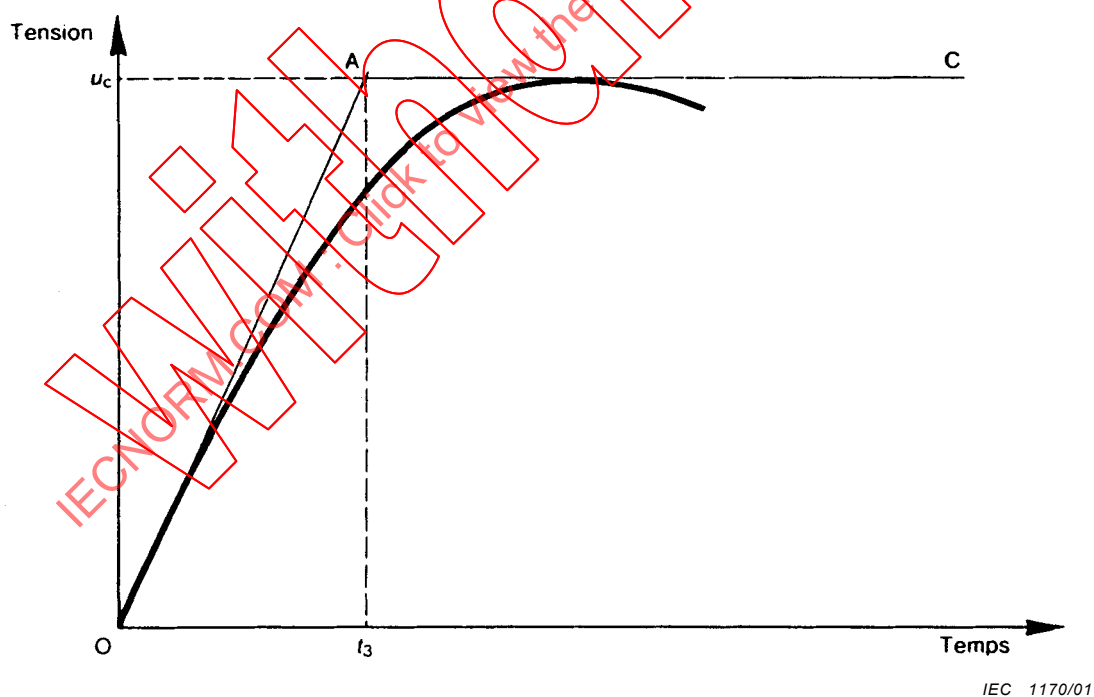


Figure 11 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR exponentielle

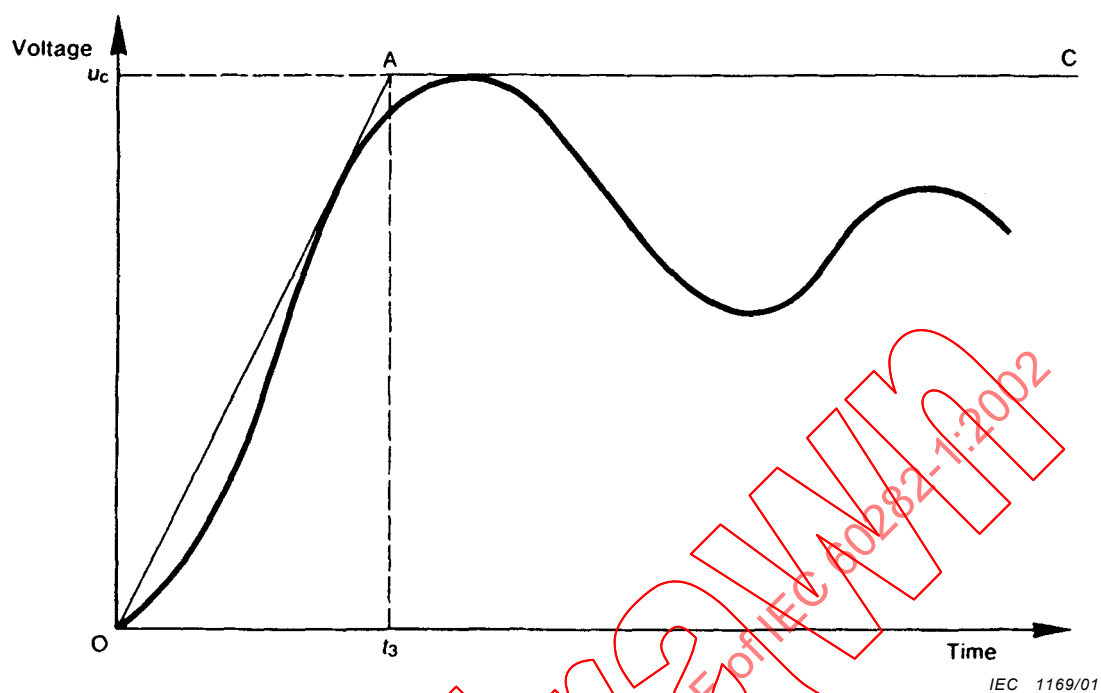


Figure 10 – Example of a two-parameter reference line for a TRV whose initial portion is concave towards the left

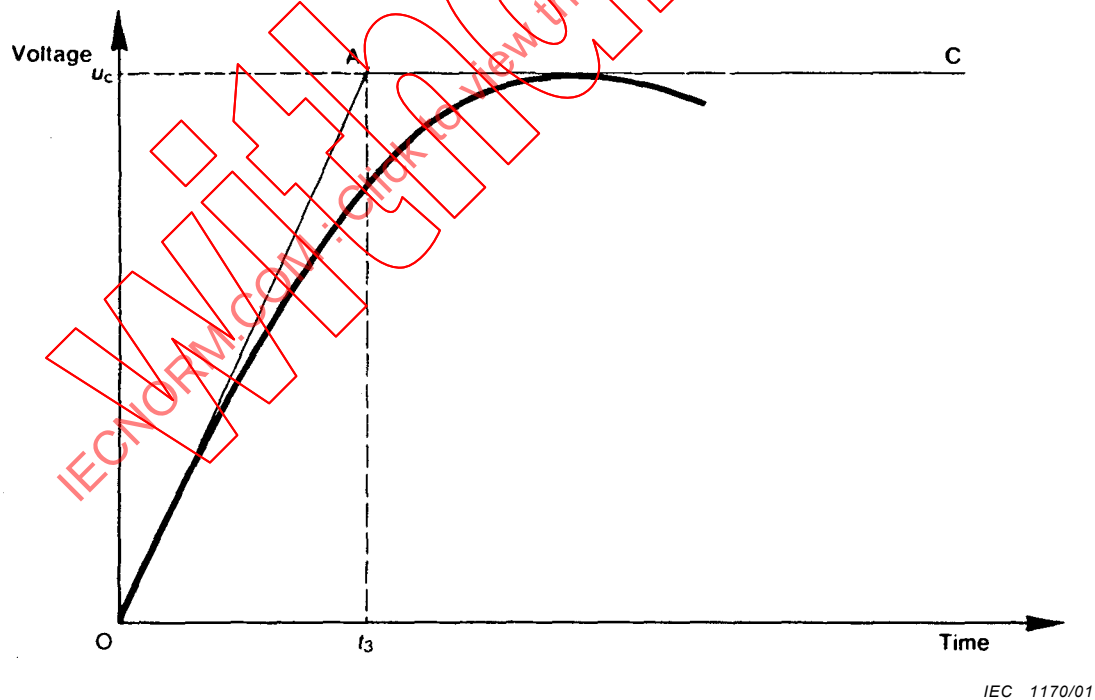
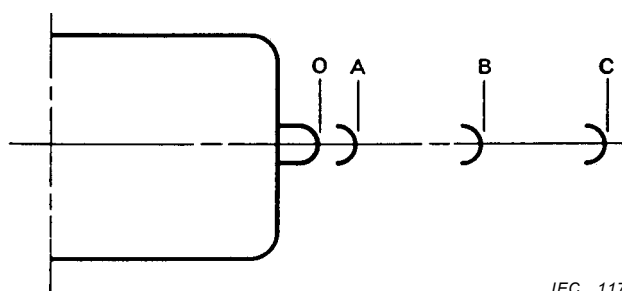


Figure 11 – Example of a two-parameter reference line for an exponential TRV

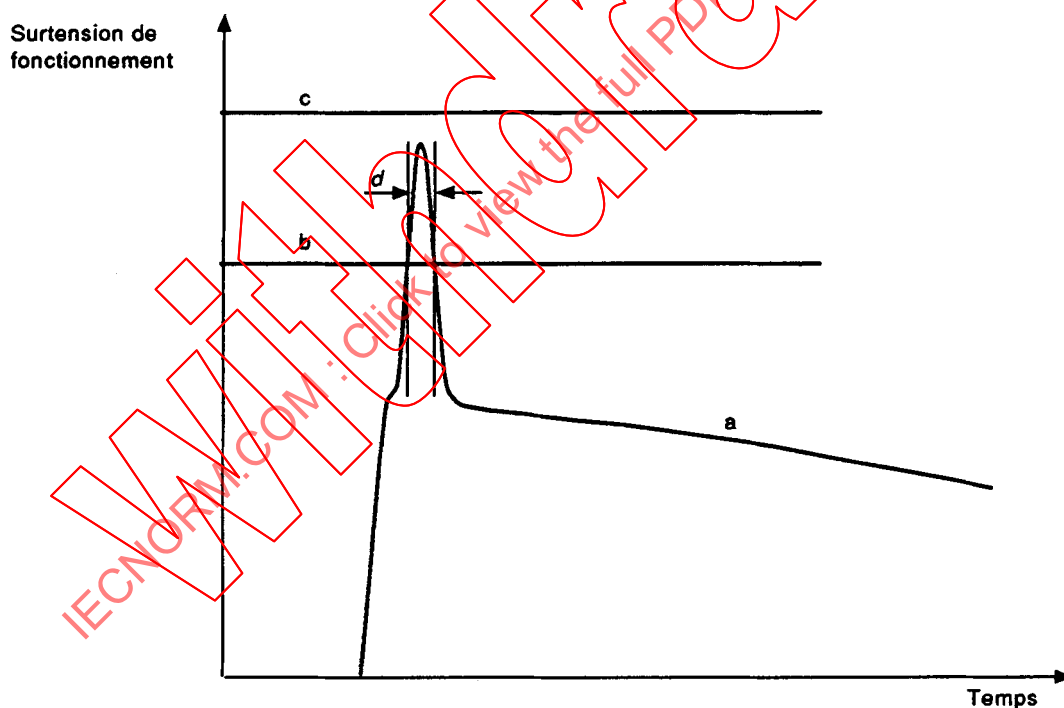


IEC 1171/01

Légende

- OA Course libre – Pas de niveau d'énergie spécifiée
- AB Course additionnelle pendant laquelle il faut que l'énergie soit fournie
- OB Course réelle minimale
- OC Course réelle maximale
- CB Course maximale de retour autorisée sous l'influence de l'effort de maintien (si applicable)

Figure 12 – Différentes étapes de la course du percuteur

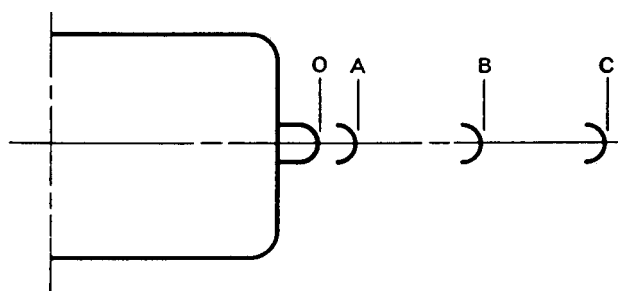


IEC 1172/01

Légende

- a Courbe de la surtension de fonctionnement
- b Limite de la surtension de fonctionnement – Tableau 7
- c Limite de la surtension de fonctionnement – Tableau 8
- d $\leq 200 \mu s$

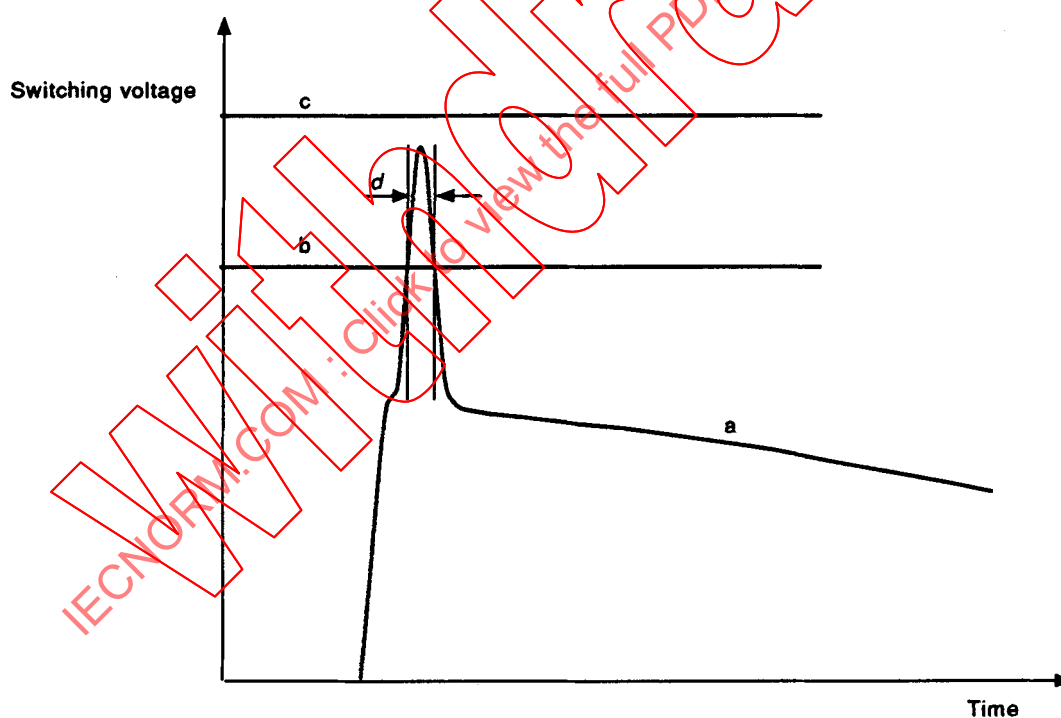
Figure 13 – Surtensions de fonctionnement admissibles pour les éléments de remplacement de faibles courants assignés (tableau 8)



IEC 1171/01

Key

- OA Free travel – No energy output specified
- AB Further travel during which energy must be delivered
- OB Minimum actual travel
- OC Maximum actual travel
- CB Maximum permitted return travel under withstand force (when applicable)

Figure 12 – Various stages of the striker travel

IEC 1172/01

Key

- a Switching-voltage curve
- b Switching-voltage limit – Table 7
- c Switching-voltage limit – Table 8
- d $\leq 200 \mu\text{s}$

Figure 13 – Permissible switching voltages for fuse-links of small current ratings (table 8)

Annexe A (normative)

Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs

A.1 Introduction

Une onde de tension transitoire de rétablissement peut se présenter sous différentes formes aussi bien oscillatoires que non oscillatoires.

Lorsque l'onde correspond sensiblement à une oscillation amortie à une seule fréquence, l'enveloppe est constituée de deux segments de droite consécutifs. L'enveloppe doit refléter d'aussi près que possible la forme réelle de la tension transitoire de rétablissement. La méthode décrite dans cette annexe permet d'atteindre ce résultat dans la majorité des cas pratiques avec une approximation suffisante.

NOTE Néanmoins, on peut rencontrer certains cas pour lesquels la construction proposée conduirait à des paramètres manifestement plus sévères que la représentation par une courbe de la tension transitoire de rétablissement. Il convient de considérer de tels cas comme des exceptions et ils feront en conséquence, l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur ou le laboratoire d'essais.

A.2 Tracé de l'enveloppe

La méthode suivante est utilisée pour construire les segments de droite formant l'enveloppe de la courbe de la tension transitoire de rétablissement présumée.

- a) Le premier segment de droite passe par l'origine O, est tangent à la courbe, et ne doit pas la couper.

Dans le cas de courbes dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche, le point de contact est souvent au voisinage de la première crête (voir le segment OA sur la figure 10).

Si la concavité est tournée vers la droite, comme dans le cas d'une courbe exponentielle, le point de contact est au voisinage de l'origine (voir le segment OA sur la figure 11).

- b) Le deuxième segment de droite a pour support une ligne horizontale tangente à la courbe au point correspondant à la crête la plus élevée (voir le segment AC sur les figures 10 et 11).

On obtient ainsi l'enveloppe à deux paramètres O, A, C.

A.3 Détermination des paramètres

Les paramètres représentatifs sont, par définition, les coordonnées des points d'intersection des segments de droite constituant l'enveloppe.

Les deux paramètres u_c et t_3 , indiqués dans les figures 10 et 11, peuvent être obtenus en prenant les coordonnées du point d'intersection A.

Annex A

(normative)

Method of drawing the envelope of the prospective and transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters

A.1 Introduction

A transient recovery voltage wave may assume several different forms, both oscillatory and non-oscillatory.

When the wave approaches that of a damped oscillation at one single frequency, the envelope is made up of two consecutive linear segments. The envelope shall reflect as closely as possible the actual shape of the transient recovery voltage. The method described here enables this aim to be achieved in the majority of practical cases with sufficient approximation.

NOTE Nevertheless, some cases may arise where the proposed construction would lead to parameters quite obviously more severe than would be justified by the transient recovery voltage curve. Such cases should be dealt with as exceptions and should therefore form the subject of an agreement between manufacturer and user or the test laboratory.

A.2 Drawing the envelope

The following method is used for constructing the line segments forming the envelope of the prospective transient recovery voltage curve.

- a) The first line segment passes through the origin O, is tangential to the curve, and does not intersect the curve.

In the case of curves whose initial portion is concave towards the left, the point of contact is often in the vicinity of the first peak (see figure 10, segment OA).

If the concavity is towards the right, as in the case of an exponential, the point of contact is at the origin (see figure 11, segment OA).

- b) The second line segment is a horizontal line tangential to the curve at its highest peak (see figures 10 and 11, segment AC).

The two-parameter envelope O, A, C is then obtained.

A.3 Determination of parameters

The representative parameters are, by definition, the coordinates of the point of intersection of the line segments constituting the envelope.

The two parameters u_c and t_3 , shown in figures 10 and 11, can be obtained as coordinates of the point of intersection A.

Annexe B (informative)

Justification du choix des caractéristiques de TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3

Il faut qu'un fusible à haute tension fonctionne de façon satisfaisante dans toutes les conditions de service normales et interrompe le circuit sans provoquer de surtension de coupure trop élevée. C'est pourquoi il est recommandé que les essais de coupure spécifiés dans la présente norme représentent autant que possible les conditions les plus sévères normalement rencontrées en service. Etant donné que les fusibles sont utilisés dans les mêmes réseaux que les disjoncteurs, il pourrait sembler logique d'utiliser les mêmes caractéristiques de TTR présumées que celles spécifiées pour les disjoncteurs dans la CEI 60056. Cependant, une étude approfondie a montré que ces caractéristiques ne conviennent pas aux essais de fusible du fait que les principes de coupure mis en jeu pour les disjoncteurs et les fusibles sont différents.

Comme un disjoncteur, un fusible peut provoquer des phénomènes transitoires dans la tension de rétablissement après le zéro de courant, mais il engendre également une tension d'arc élevée pouvant varier avec les caractéristiques du circuit déterminé par les paramètres de la TTR. C'est pourquoi il faut considérer deux effets totalement différents de ces paramètres: leurs influences sur la tension d'arc et leur influence sur la tension transitoire de rétablissement.

Les non-coupures des fusibles peuvent être dues soit à une crête de tension excessive au cours de la période d'arc, soit après extinction de l'arc, à une tension excessive en elle-même ou provoquant des réamorçages successifs. Il convient donc que les essais fassent la preuve qu'aucune défaillance de ce genre ne se produira.

Il est apparu nécessaire d'essayer les fusibles à trois valeurs de courant différentes I_1 , I_2 et I_3 correspondant aux suites d'essais 1, 2 et 3 du tableau 13 de la présente norme. Etant donné que les essais au courant I_3 concernent généralement le fonctionnement sur de faibles courants de surcharge, il suffit, pour couvrir toute la gamme des courants de court-circuit présumés, d'effectuer les essais aux courants I_1 et I_2 qui sont parfois très éloignés l'un de l'autre. En général I_2 est compris entre 0,2 % et 100 % de I_1 , suivant le courant assigné, le courant maximal de coupure assigné et la conception d'un fusible donné. La large gamme des pouvoirs de coupure présumés, chacun d'eux étant associé à une infinité de caractéristiques de TTR, ne peut être couverte par deux courants d'essai qu'en tenant compte de la connaissance empirique du comportement des fusibles limiteurs de courant. Les faits suivants, découlant de la connaissance actuelle de la technique des fusibles et d'essais probants, ont été pris en considération.

Au cours de la période d'arc, un fusible absorbe une telle quantité d'énergie que les oscillations de la tension transitoire dues à l'inductance et à la capacité du circuit sont généralement complètement amorties. Il ne peut y avoir d'exception que durant les toutes premières microsecondes après la fusion, au moment où l'arc s'établit. A cet instant, l'arc est encore dans un milieu relativement froid et l'effet d'amortissement par absorption d'énergie peut être faible, d'où des crêtes élevées de tension de rétablissement si la tension d'arc atteint très rapidement une valeur plus élevée que la crête de la tension de la source.

Cependant, la majorité des fusibles se trouvant actuellement sur le marché sont conçus de telle sorte que la tension d'arc ne monte pas de cette façon et que des tensions d'arc excessives ne se manifestent généralement pas.

Annex B (informative)

Reasons which led to the choice of TRV values for Test Duties 1, 2 and 3

A high-voltage fuse must operate satisfactorily under all normal service conditions and break the circuit without causing too high a switching voltage. The breaking tests specified in this standard should therefore represent, as far as possible, the most onerous conditions normally met in service. Because fuses are used in the same networks as circuit-breakers, it might seem logical to use the same prospective TRV values as have been specified in IEC 60056 for circuit-breakers. However, careful study has shown that these values would not be suitable for tests on fuses due to the different principles involved in circuit interruption by circuit-breakers as compared to fuses.

Like a circuit-breaker, a fuse may cause transients in the recovery voltage after current zero, but it also produces a high arc voltage which may be dependent on the characteristics of the circuit as determined by the TRV conditions. It is therefore necessary to consider two fundamentally different effects of these test circuit parameters; the effect on the arc voltage and the effect on the transient recovery voltage.

Fuse failures could be caused either by an excessive peak voltage during arcing or by voltage after arc extinction which is itself excessive or produces repetitive restriking. The test should therefore prove that neither of these types of failure occurs.

It has been found necessary to test fuses at three different prospective breaking currents I_1 , I_2 and I_3 corresponding to test duties 1, 2 and 3 in table 13 of this standard. Since tests at I_3 usually cover the performance at small overload currents, it is only necessary to cover the complete range of prospective short-circuit currents in tests at I_1 and I_2 which sometimes differ very widely from each other. In general, I_2 varies between 0,2 % and 100 % of I_1 , depending on the current rating, the rated maximum breaking current and the design of a particular fuse. The wide range of prospective breaking currents, each associated with an infinite variety of TRV conditions, can only be covered by the two test currents by taking account of the empirical knowledge of the behaviour of current-limiting fuses. Based on present knowledge of fuse techniques and on experimental evidence, the following facts were taken into consideration.

During its arcing time, a fuse absorbs such an amount of energy that transient voltage oscillations, due to the inductance and capacitance of the circuit, are generally completely damped out. The only exception may occur during the first few microseconds after melting, while the arc is being established. During this period, the arc is still in relatively cool surroundings and the damping effect by energy absorption can be small, resulting in high peak transient voltages if the arc voltage rises very steeply to a higher voltage than the crest of the source voltage.

However, in the majority of the fuse designs marketed today, the arc voltage does not rise in this way and excessive arc voltages are not usually produced.

De plus, des phénomènes transitoires n'apparaîtront dans la tension de rétablissement que si, immédiatement avant ou après un zéro de courant, il y a saut de la tension d'arc à la force électromotrice du circuit ou s'il y a arrachement du courant. Compte tenu de la post-conductivité des produits chauds décomposés par l'arc dans un élément de remplacement fondu, il ne peut y avoir un arrachement important et seul le saut de tension est à considérer.

Comme le fusible absorbe une grande quantité d'énergie pendant la période d'arc, on peut considérer que la valeur du facteur de puissance tend vers l'unité. Le véritable zéro de courant est ainsi plus près du zéro de tension qu'il ne le serait dans le même circuit sans tension d'arc. Pour des courants très élevés représentés par I_1 , il n'y a pratiquement pas de saut de tension au zéro de courant et par conséquent pas de phénomènes transitoires sur la tension de rétablissement.

Toutefois, pour la suite d'essais 2 où I_2 est généralement plus faible que I_1 , la valeur du facteur de puissance est peu modifiée et la valeur de la force électromotrice du circuit au zéro de courant est assez élevée pour donner lieu à un saut de tension et à des phénomènes transitoires importants. La valeur de I_2 est choisie à dessein pour procurer les conditions donnant la variation minimale du facteur de puissance de telle sorte que le saut de tension maximal ait plus de chance de se produire qu'avec le courant I_1 . Dans les toutes premières millisecondes après le zéro de courant, les produits chauds résultant de l'action de l'arc sont encore conducteurs et cette conductivité décroît au fur et à mesure que la chaleur est dissipée, lentement par rapport aux constantes de temps de la tension transitoire. Lors de l'essai des fusibles, cette conductivité procure un amortissement complémentaire des phénomènes transitoires de la tension de rétablissement. Cependant, l'importance de cet amortissement est proportionnel à l'impédance caractéristique du circuit

$$\sqrt{L/C} = 2\pi f_0 L$$

et il en résulte que les phénomènes transitoires à fréquence propre élevée f_0 sont plus efficacement amortis que ceux à fréquence propre plus basse. Ces phénomènes transitoires à basse fréquence sont donc entretenus plus longtemps et comme ils se superposent à la tension de rétablissement à fréquence industrielle, ils peuvent soumettre l'élément de remplacement fondu à une contrainte de tension supplémentaire, notamment s'ils persistent jusqu'au moment où la tension de rétablissement à fréquence industrielle atteint sa valeur de crête. Des non-coupures dues à des réamorçages se sont produites à cause de cette contrainte supplémentaire et il faut que les spécifications d'essais tiennent compte de ce phénomène.

Les considérations précédentes peuvent se résumer comme suit.

La tension d'arc d'un fusible n'est pas affectée de façon importante par les caractéristiques de la TTR du circuit, sauf pendant les toutes premières millisecondes après la fusion.

L'apparition de phénomènes transitoires dans la tension de rétablissement propre dépend de la valeur du courant coupé. Il faut s'attendre aux phénomènes transitoires les plus importants avec les courants I_2 de la suite d'essais 2 et ce sont les phénomènes transitoires avec les fréquences propres les plus basses qui sont les plus dangereux. Si le courant d'essai I_1 est très grand par rapport à I_2 , il ne donne généralement pas lieu à des phénomènes transitoires.

Comme il était souhaitable que les caractéristiques de TTR soient les mêmes pour les fusibles et les disjoncteurs, il a été décidé d'accepter les valeurs normalisées spécifiées dans la CEI 60056. Toutefois, pour tenir compte des raisons exposées précédemment, les décisions suivantes relatives aux essais ont été prises.

Suite d'essais 1 – Comme la tension de rétablissement réelle n'est pas soumise à des phénomènes transitoires, fixer des caractéristiques pour la TTR présumée est sans objet et de telles caractéristiques ne sont donc pas spécifiées. Le cas exceptionnel où les caractéristiques de la TTR peuvent influencer la crête de la tension d'arc a été traité séparément.

Further, transients will only be generated in the recovery voltage if, immediately before or after current zero, there is a step change from arc voltage to the circuit e.m.f. or by chopping the current. Because of the residual conductivity of the hot arcing products in a blown fuse-link, severe chopping does not take place and the voltage step is the only condition which has to be considered.

Because the fuse absorbs a large amount of energy during the arcing period, the power factor can be considered as shifting from its original value towards unity. The actual current zero is thus nearer to the voltage zero than it would be in the same circuit without any arc voltage. With the very high currents, defined by I_1 , there is practically no voltage step at current zero and consequently recovery voltage transients are not produced.

However, with Test Duty 2 where I_2 is generally lower than I_1 , the shift of the power factor is less pronounced and the value of the circuit e.m.f. at current zero is sufficient to produce a voltage step and considerable transients. The value of I_2 is deliberately chosen to produce conditions giving a minimum power-factor shift so that the maximum voltage step is likely with this test current rather than with I_1 . In the first few milliseconds after current zero, the hot products of the arc are still in a conducting state and this conductivity decreases, due to heat dissipation, slowly in comparison with the time constants of the transient voltage. In fuse testing, this conductivity produces additional damping of transient in the recovery voltage. However, the amount of damping is proportional to the characteristic impedance

$$\sqrt{L/C} = 2\pi f_0 L$$

of the circuit. As a result, transients of higher natural frequency f_0 are more effectively damped than those of lower frequency. These lower frequency transients are therefore sustained for longer and, since these are imposed on the power-frequency recovery voltage, they may produce an extra voltage stress on the blown fuse-link particularly if they persist until the crest value of the power-frequency recovery voltage is reached. Failures have occurred due to restrikes caused by this extra stress and the test specifications must therefore take account of this condition.

The above considerations may be summarized as follows.

The arc voltage of a fuse is not significantly affected by the TRV conditions of the circuit, except during the first few milliseconds after melting.

Whether transients in the actual recovery voltage will be produced depends on the value of the breaking current. The highest transients are to be expected with test currents I_2 of Test Duty 2, and the transients with the lowest natural frequencies are the more harmful. If test current I_1 is very high compared with I_2 , it does not usually produce transients.

Since it was desirable that the TRV characteristics for fuses and circuit-breakers should be the same, it was decided to accept the standardized values specified in IEC 60056. However, bearing the above factors in mind, the following decisions were taken as regards the test.

Test Duty 1 – Since transients are not generated in the actual recovery voltage, the prospective TRV conditions are irrelevant and therefore not specified. The exceptional case, where the TRV conditions can influence the peak arc voltage, has been covered separately.

Suite d'essais 2 – Comme il a été démontré que les phénomènes transitoires à basse fréquence étaient les plus dangereux, des valeurs appropriées pour définir une TTR présumé caractéristique à basse fréquence ont été déduites des paramètres spécifiés dans la CEI 60056 (voir tableaux 14 et 15 de la présente norme). En supposant des oscillations à une seule fréquence, ces valeurs représentent un quart à un tiers des valeurs des fréquences les plus basses spécifiées dans la CEI 60056 pour les tensions correspondantes. En outre, les valeurs de crête de la tension ont été basées sur un facteur d'amplitude de 1,5, en comparaison de 1,4 dans les tableaux 9 et 10 de la présente norme.

Suites d'essais 3 – La présente norme ne spécifie pas de caractéristiques de TTR, tandis que le 6.6.1.2 précise qu'une résistance doit être connectée en parallèle avec les réactances du circuit pour supprimer totalement les phénomènes transitoires oscillants. Cependant, l'expérience montre que ces phénomènes ne sont pas toujours supprimés, notamment dans les circuits à très basse fréquence propre, lorsque la résistance a la valeur spécifiée. C'est pourquoi ces valeurs ont été modifiées pour obtenir au moins l'amortissement critique quelle que soit la fréquence propre du circuit d'essai.

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60282-1:2002

Test Duty 2 – Since low-frequency transients have been shown to be more harmful, appropriate values to produce a typical low-frequency prospective TRV have been derived from the circuit parameters specified in IEC 60056 (see tables 14 and 15 of this standard). Assuming single-frequency oscillations, these values represent one-fourth to one-third of the lowest frequencies in IEC 60056 for the relevant voltages. In addition, the figures of peak voltage have been based on an amplitude factor of 1,5, as compared with 1,4 in tables 9 and 10 of this standard.

Test Duty 3 – This standard does not specify TRV conditions; instead 6.6.1.2 specifies that a resistor shall be shunted across the circuit reactances in order to obtain complete suppression of oscillating transients. However, experience has shown that this suppression is sometimes not obtained, particularly in circuits of very low natural frequency, when the resistor is of the value specified. These values have therefore been modified to ensure that at least critical damping is achieved regardless of the natural frequency of the test circuit.

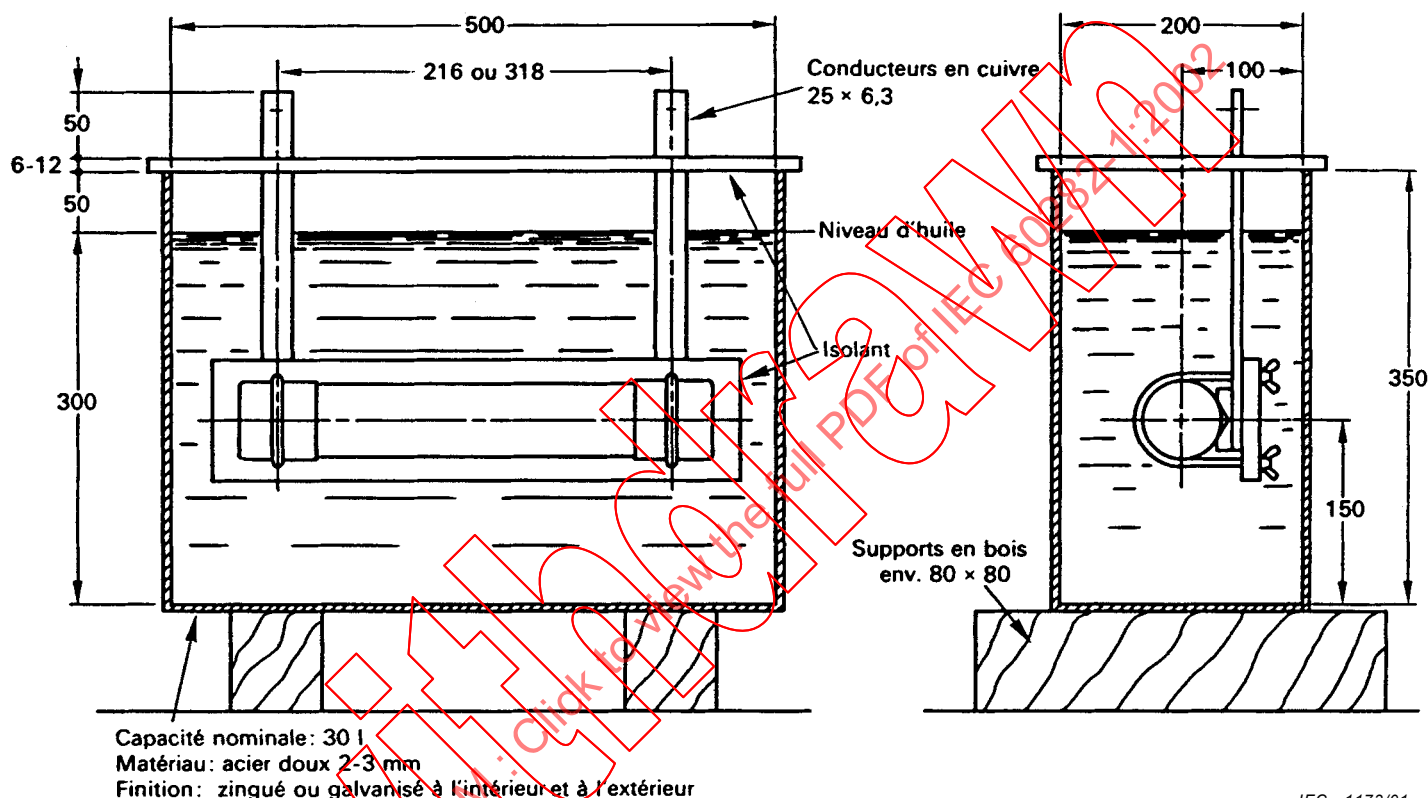
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:2002

Withd2Wm

Annexe C (informative)

Dispositif recommandé pour les essais d'échauffement des éléments de remplacement d'appareillage immergés dans l'huile

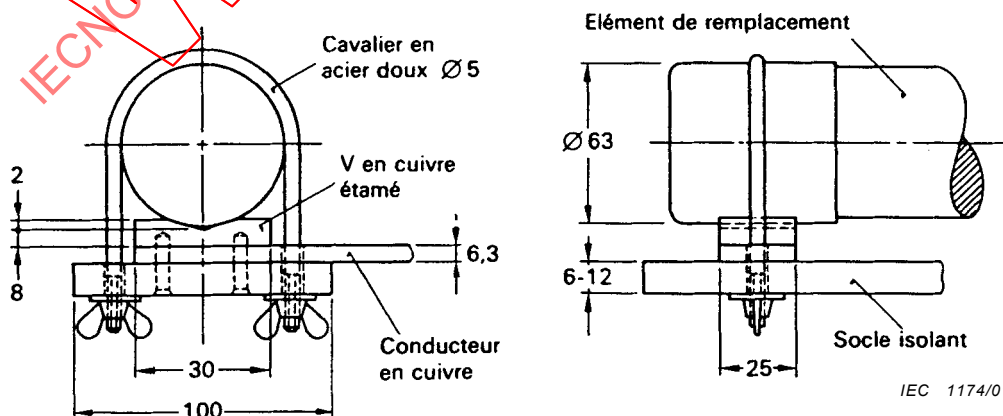
La figure C.1 donne un exemple caractéristique d'un dispositif d'essai pour éléments de remplacement d'un diamètre de 63,5 mm, de longueurs de 256 mm à 361 mm et de courants assignés de 63 A à 200 A.



IEC 1173/01

Dimensions en millimètres

Figure C.1 – Cuve d'essai pour essais d'échauffement des fusibles immergés dans l'huile



IEC 1174/01

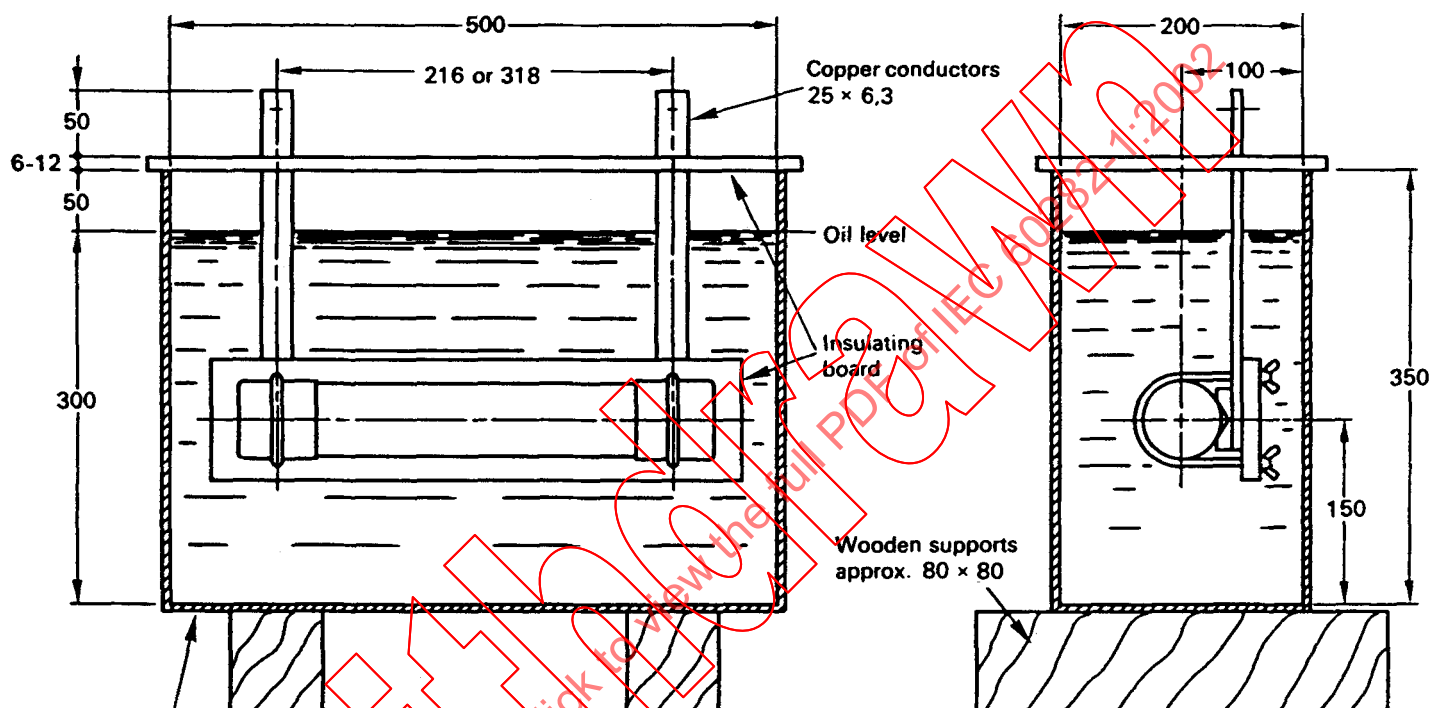
NOTE Le dispositif peut également être utilisé pour les essais de pouvoir de coupure. Il peut être renforcé de façon appropriée, si nécessaire, et les éléments de remplacement peuvent être déplacés de façon à équilibrer les distances électriques

Figure C.2 – Détail de la fixation de l'élément de remplacement de la cuve

Annex C (informative)

Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear

Figure C.1 gives a typical example of a testing arrangement for fuse-links with a diameter of 63,5 mm, lengths from 256 mm to 361 mm and current ratings from 63 A up to 200 A.

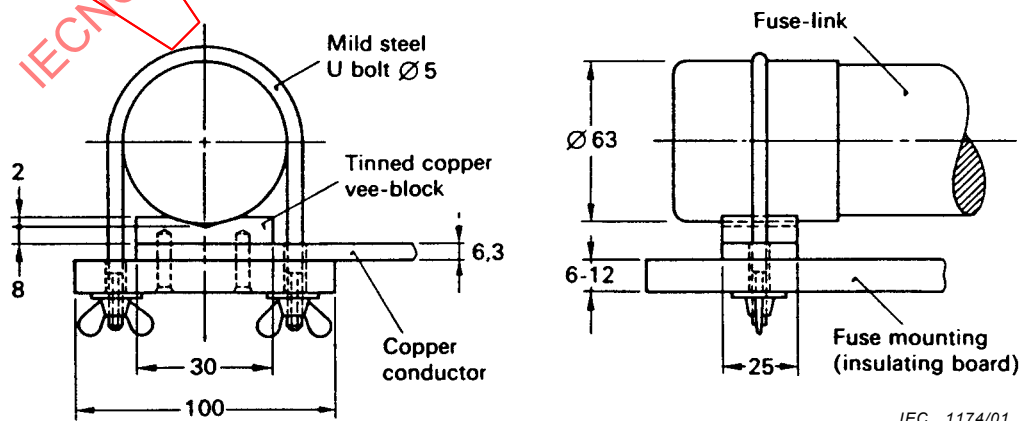


Nominal capacity: 30 l
Material: 2-3 mm mild steel
Finish: zinc plated or galvanized inside and outside

IEC 1173/01

Dimensions in millimetres

Figure C.1 – Test tank for temperature-rise tests of oil-tight fuses



IEC 1174/01

NOTE This arrangement may also be employed for breaking capacity tests. Suitable reinforcement may be employed, where necessary, and the fuse-links may be moved to equalize dielectric clearances to the tank.

Figure C.2 – Details of clamping arrangement for fuse-link in the tank

Annexe D (informative)

Types et dimensions des éléments de remplacement limiteurs de courant spécifiés dans les normes nationales existantes

La présente annexe est une première étape vers une normalisation dimensionnelle des éléments de remplacement limiteurs de courant. Elle rassemble et classe uniquement les types et les dimensions spécifiés dans les différentes normes nationales existantes. D'autres pratiques courantes ayant d'autres dimensions ne figurent pas dans cette annexe pour la simple raison qu'elles ne font pas partie d'une normalisation officielle.

Le but de cette annexe est d'informer les pays des efforts faits pour normaliser les éléments de remplacement et de les inciter à tendre vers une réduction du nombre de modèles. Une deuxième étape est escomptée pour mettre à jour et compléter cette annexe de façon à réaliser une normalisation universelle assurant l'interchangeabilité dimensionnelle des éléments de remplacement limiteurs de courant.

Dans l'attente de renseignements ultérieurs, trois types d'éléments de remplacement (I, II et III) sont définis selon les dimensions indiquées dans les feuilles de caractéristiques I, II et III ci-après.