

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
282-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1994-12

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 282-1: 1994

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
282-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1994-12

Fusibles à haute tension –

**Partie 1:
Fusibles limiteurs de courant**

High-voltage fuses –

**Part 1:
Current-limiting fuses**

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



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

	Pages
AVANT-PROPOS	6
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Conditions normales et spéciales de service	12
SECTION 2: DÉFINITIONS	
3 Caractéristiques électriques	16
4 Fusibles et leurs éléments constitutifs	20
5 Termes complémentaires	22
SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES ET CONDITIONS NORMALES D'EMPLOI ET DE COMPORTEMENT	
6 Caractéristiques assignées	24
7 Conditions normales d'emploi et de comportement	28
SECTION 4: ESSAIS DE TYPE	
8 Conditions d'exécution des essais	32
9 Liste des essais de type	34
10 Règles d'essais communes à tous les essais de type	34
11 Essais diélectriques	34
12 Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée	40
13 Essais de coupure	44
14 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant	70
15 Essais d'étanchéité à l'huile	72
16 Essais des percuteurs	72
SECTION 5: ESSAIS SPÉCIAUX	
17 Conditions d'exécution des essais	76
SECTION 6: SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES FUSIBLES LIMITEURS DE COURANT	
18 Liste des valeurs assignées et des caractéristiques	80
19 Indications à porter sur les plaques signalétiques	98

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
SECTION 1: GENERAL	
Clause	
1 Scope	11
2 Normal and special service conditions	13
SECTION 2: DEFINITIONS	
3 Electrical characteristics	17
4 Fuses and their component parts	21
5 Additional terms	23
SECTION 3: RATINGS AND STANDARD CONDITIONS OF USE AND BEHAVIOUR	
6 Ratings	25
7 Standard conditions of use and behaviour	29
SECTION 4: TYPE TESTS	
8 Conditions for making the tests	33
9 List of type tests	35
10 Common test practices for all type tests	35
11 Dielectric tests	35
12 Temperature-rise tests and power-dissipation measurement	41
13 Breaking tests	45
14 Tests for time-current characteristics	71
15 Oil-tightness tests	73
16 Tests of strikers	73
SECTION 5: SPECIAL TESTS	
17 Conditions for making the tests	77
SECTION 6: SPECIFICATIONS FOR CURRENT-LIMITING FUSES	
18 List of ratings and characteristics	81
19 Identifying markings	99

SECTION 7: GUIDES D'APPLICATION

20	Objet	100
21	Généralités	100
22	Utilisation	100
23	Fonctionnement	110

Figures

1	Terminologie	113
2	Essais de coupure – Disposition de l'appareil	113
3	Essais de coupure – Schéma type pour les essais des suites d'essais 1 et 2	114
4	Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3	114
5	Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1	116
6	Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 2	117
7	Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3	117
8	Représentation d'une T.T.R. spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard	118
9	Exemple d'une T.T.R. d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type	118
10	Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une T.T.R. dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche	119
11	Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une T.T.R. de forme exponentielle	119
12	Les différentes étapes de la course du percuteur	120
13	Limites admissible de la surtension de fonctionnement pour faibles courants assignés (tableau 9A)	121

Annexes

A	Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs	122
B	Justification du choix des caractéristiques de TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3	124
C	Dispositif recommandé pour les essais d'échauffement des fusibles d'appareillage immergés dans l'huile	130
D	Types et dimensions des éléments de remplacement limiteurs de courant spécifiés dans les normes nationales existantes	132
E	Méthode des deux facteurs de puissance pour la suite d'essai 3 (variante b)	138
F	Détermination du déclassement lorsque la température alentour du fusible est supérieure à 40 °C	142

SECTION 7: APPLICATION GUIDE

20	Object	101
21	General	101
22	Application	101
23	Operation	111

Figures

1	Terminology	113
2	Breaking tests – Arrangement of the equipment.....	113
3	Breaking tests – Typical circuit diagram for test duties 1 and 2	114
4	Breaking tests – Typical circuit diagram for test duty 3	114
5	Breaking tests – Interpretation of oscillograms for test duty 1	116
6	Breaking tests – Interpretation of oscillograms for test duty 2	117
7	Breaking tests – Interpretation of oscillograms of test duty 3	117
8	Representation of a specified T.R.V. by a two-parameter reference line and a delay line .	118
9	Example of prospective test T.R.V. with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test	118
10	Example of a two-parameter reference line for a T.R.V. whose initial portion is concave towards the left.....	119
11	Example of a two-parameter reference line for an exponential T.R.V.	119
12	Various stages of the striker travel	120
13	Permissible switching-voltages for fuse-links of small current ratings (table 9A)	121

Annexes

A	Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters	123
B	Reasons which led to the choice of TRV values for test duties 1, 2 and 3	125
C	Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear	131
D	Types and dimensions of current-limiting fuse-links specified in existing national standards	133
E	Two power-factors method for test duty 3 (alternative b)	139
F	Determination of derating when the temperature surrounding the fuse exceeds 40 °C	143

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 282-1 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 quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 1985, les amendements 1 (1988) et 2 (1992), et constitue une révision technique et rédactionnelle.

Le texte de cette norme est issu de la troisième édition, des amendements 1 et 2 et des documents suivants:

DIS	Rapports de vote
32A(BC)114	32A(BC)116
32A(BC)115	32A(BC)117
32A(BC)118	32A(BC)123

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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.

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 282-1 has been prepared by sub-committee 32A: High-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 1985 as well as amendments 1 (1988) and 2 (1992), and constitutes a technical and editorial revision.

The text of this standard is based on that of the third edition, of amendments 1 and 2 and on the following documents:

DIS	Reports on voting
32A(CO)114	32A(CO)116
32A(CO)115	32A(CO)117
32A(CO)118	32A(CO)123

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

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

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

Cette norme constitue la partie 1 de la CEI 282, *Fusibles à haute tension*, qui comprend les parties suivantes:

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

Partie 2: Coupe-circuit à expulsion et de type similaire

Partie 3: Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit lors des essais des fusibles limiteurs de courant et des fusibles à expulsion et de type similaire.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:1994
Withdrawn

This standard forms part 1 of IEC 282, *High-voltage fuses*, which includes the following parts:

Part 1: Current-limiting fuses

Part 2: Expulsion and similar fuses

Part 3: Determination of short-circuit power factor for testing current-limiting fuses and expulsion and similar fuses.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:1994

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

Section 1: Généralités

1 Domaine d'application

La présente norme 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 tension 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 420.

1.1 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 282. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 282 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 50(441): 1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 56: 1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 85: 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 265-1: 1983, *Interrupteurs à haute tension – Première partie: Interrupteurs à haute tension pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV*

CEI 420: 1990, *Combinés interrupteurs-fusibles à haute tension pour courant alternatif*

CEI 549: 1976, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs de puissance en dérivation*

CEI 644: 1979, *Spécification relative aux éléments de remplacement à haute tension destinés à des circuits comprenant des moteurs.*

CEI 787: 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*

HIGH-VOLTAGE FUSES –

Part 1: Current-limiting fuses

Section 1: General

1 Scope

This standard 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 420.

1.1 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 282. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 282 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 50(441): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 56: 1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 265-1: 1983, *High-voltage switches – Part 1: High-voltage switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV*

IEC 420: 1990, *High-voltage alternating current switch-fuse combinations*

IEC 549: 1976, *High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors*

IEC 644: 1979, *Specification for high-voltage fuse-links for motor circuit applications*

IEC 787: 1983, *Application guide for the selection of fuse-links of high-voltage fuses for transformer circuit applications*

ISO 179: 1993, *Plastiques – Détermination de la résistance au choc Charpy*

ISO R/442: 1965, *Vérification des machines d'essai par choc (moutons-pendules) pour l'essai des aciers*

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 – 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.

NOTES

1 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:

1) Les tensions d'essai des parties isolantes dans l'air seront déterminées en multipliant les tensions d'essai normales données dans les tableaux 6 et 7 par le facteur de correction approprié indiqué dans la colonne (2) du tableau 1.

2) Les fusibles pourront 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

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

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

2 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.

ISO 179: 1993, *Plastics – Determination of Charpy impact strength*

ISO R/442: 1965, *Verification of pendulum impact testing machines for testing steels*

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 – This does not apply to time/current characteristics of fuses which will be modified appreciably at the minimum temperatures.

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

NOTES

1 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:

- 1) The test voltages for insulating parts in air should be determined by multiplying the standard test voltages given in tables 6 and 7 by the appropriate correction factor given in column (2) of table 1.

- 2) 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

Maximum altitude		Correction factor for test voltages referred to sea level	Correction factor for rated voltages
m	(ft)		
(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

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

2 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 appropriate factors given in table 2, columns (2) and (3) respectively. Use one correction factor from columns (2) or (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

Altitude maximale m (1)	Facteur de correction pour le courant assigné (2)	Facteur de correction pour l'échauffement (3)
1 000	1,0	1,0
1 500	0,99	0,98
3 000	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, sur une période d'un mois, n'excède pas 18 mbar.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

NOTES

- 1 La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques variations de température risquent de se produire en période de grande humidité.
- 2 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.
- 3 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 de déshumidificateurs.

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 température résultant des radiations solaires ne dépasse pas 80 °C sur un corps noir équivalent.

2.2 Conditions spéciales de service

Par accord entre constructeur et 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.

Table 2

Maximum altitude m (ft) (1)	Correction factor for rated current (2)	Correction factor for temperature-rise (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 vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 18 mbar.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTES

- 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.
- 2 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.
- 3 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 temperature due to sunlight does not exceed an equivalent black-body temperature of 80 °C.

2.2 Special service conditions

By agreement between manufacturer and 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.

Section 2: Définitions

Les numéros de référence entre parenthèses sont ceux des CEI 50(151)* et 50(441)**.

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3 Caractéristiques électriques

3.1 valeur assignée: Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel. [151-04-03]

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

3.2 caractéristiques assignées: Ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement. [151-04-04]

3.3 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. [441-17-01]

NOTE – Voir en 13.2.1 et 13.2.2 la méthode pour évaluer et pour exprimer le courant présumé.

3.4 valeur de crête du courant présumé: Valeur de crête d'un courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement. [441-17-02]

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.

3.5 courant coupé présumé: Courant présumé évalué à l'instant correspondant au début du phénomène de coupure. [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 13.2.3.

3.6 courant coupé limité: Valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un fusible. [441-17-12]

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.

3.7 pouvoir de coupure: une valeur de courant présumé qu'un fusible est capable d'interrompre sous une tension fixée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement. [441-17-08]

3.8 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. [441-18-21]

* CEI 50(151): *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.*

** CEI 50(441): *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage.*

Section 2: Definitions

The reference numbers in brackets are those of IEC 50(151)* and 50(441)**.

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

3 Electrical characteristics

3.1 rated value: A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment. [151-04-03]

NOTE – Example of rated values usually stated for fuses: voltage, current, breaking current.

3.2 rating: The set of rated values and operating conditions. [151-04-04]

3.3 prospective current (of a circuit and with respect to a fuse): The current that would flow in the circuit if the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance. [441-17-01]

NOTE – For the method to evaluate and to express the prospective current, see 13.2.1 and 13.2.2.

3.4 prospective peak current: The peak value of a prospective current during the transient period following initiation. [441-17-02]

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.

3.5 prospective breaking current: The prospective current evaluated at a time corresponding to the instant of the initiation of the breaking process. [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 13.2.3.

3.6 cut-off current, let-through current: The maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a fuse. [441-17-12]

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.

3.7 breaking capacity: A value of prospective current that a fuse is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour.

3.8 pre-arcing time; melting time: The 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. [441-18-21]

* IEC 50(151): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices.*

** IEC 50(441): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear and controlgear.*

3.9 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. [441-17-37]

3.10 durée de fonctionnement: Somme de la durée de préarc et de la durée d'arc. [441-18-22]

3.11 I^2t ; Intégrale de Joule: Intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné:

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

NOTES

- 1 $L'I^2t$ de préarc est l'intégrale I^2t pour la durée de préarc du fusible.
- 2 $L'I^2t$ de fonctionnement est l'intégrale I^2t pour la durée de fonctionnement du fusible.
- 3 L'énergie en joules libérée dans une portion ayant une résistance de un ohm (1 Ω) d'un circuit protégé par un fusible est égale à la valeur de I^2t de fonctionnement exprimée en $A^2 \cdot s$.

3.12 durée virtuelle: La 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.

3.13 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. [441-17-13]

3.14 caractéristique de courant coupé limité: courbe donnant, pour des conditions déterminées de fonctionnement, le courant coupé limité en fonction du courant présumé. [441-17-14]

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.

3.15 tension de rétablissement: Tension qui apparaît entre les bornes d'un fusible après l'interruption du courant. [441-17-25]

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.

3.16 tension transitoire de rétablissement (abréviation TTR): Tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable. [441-17-26]

NOTES

- 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.
- 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.

3.17 tension de rétablissement à fréquence industrielle: Tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension. [441-17-27]

3.9 arcing time: The 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. [441-17-37]

3.10 operating time; total clearing time: The sum of the pre-arcing time and the arcing time. [441-18-22]

3.11 I^2t ; Joule integral: The integral of the square of the current over a given time interval:

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

NOTES

- 1 The pre-arcing I^2t is the I^2t integral extended over the pre-arcing time of the fuse.
- 2 The operating I^2t is the I^2t integral extended over the operating time of the fuse.
- 3 The energy in joules liberated in one ohm (1 Ω) of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the value of the operating I^2t expressed in $A^2 \cdot s$.

3.12 virtual time: The 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.

3.13 time-current characteristic: A curve giving the time, for example pre-arcing time or operating time, as a function of the prospective current under stated conditions of operation. [441-17-13]

3.14 cut-off (current) characteristic; let-through (current) characteristic: A curve giving the cut-off current as a function of the prospective current, under stated conditions of operation. [441-17-14]

NOTE – In the case of a.c., the values of the cut-off current 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.

3.15 recovery voltage: The voltage which appears across the terminals of a fuse after the breaking of the current. [441-17-25]

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.

3.16 transient recovery voltage (abbreviation TRV): The recovery voltage during the time in which it has a significant transient character. [441-17-26]

NOTES

- 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.
- 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.

3.17 power frequency recovery voltage: The recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided. [441-17-27]

3.18 tension de rétablissement en courant continu en régime établi: Tension de rétablissement dans un circuit à courant continu après la disparition des phénomènes transitoires de tension, exprimée par sa valeur moyenne s'il y a des ondulations. [441-17-28]

3.19 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. [441-17-29]

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.

3.20 facteur de puissance de coupure en court-circuit: Aucune définition actuelle-ment.

3.21 surtension de fonctionnement - tension de coupure: Valeur maximale instantanée de tension qui apparaît aux bornes d'un fusible lors de son fonctionnement. [441-18-31]

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

3.22 courant minimale 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. [441-18-29]

3.23 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.

3.24 puissance dissipable d'un socle (ensemble-porteur): Valeur maximale de la puissance libérée dans un élément de remplacement, que le socle (ensemble-porteur) peut admettre dans des conditions spécifiées.

4 Fusibles et leurs éléments constitutifs

4.1 fusible; coupe-circuit à fusibles: Appareil dont la fonction est d'ouvrir par la fusion d'un ou 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. [441-18-01]

4.2 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.).

4.3 socle: Partie fixe d'un fusible munie de contacts et de bornes. [441-18-02]

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

3.18 D.C. steady-state recovery voltage: The recovery voltage in a d.c. circuit after the transient voltage phenomena have subsided, expressed by the mean value where ripple is present. [441-17-28]

3.19 prospective transient recovery voltage (of a circuit): The transient recovery voltage following the breaking of the prospective symmetrical current by an ideal switching device. [441-17-29]

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.

3.20 short-circuit breaking power factor: No definition at present.

3.21 switching voltage: The maximum instantaneous value of voltage which appears across the terminals of a fuse during its operation. [441-18-31]

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

3.22 minimum breaking current: A minimum value of prospective current that a fuse-link is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour. [441-18-29]

3.23 power dissipation (of a fuse-link): The power released in a fuse-link carrying a stated value of current under prescribed conditions of use and behaviour.

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

3.24 power acceptance of a fuse-base (fuse-holder): The maximum value of power released in a fuse-link which a fuse-base (fuse-holder) is designed to tolerate under specified conditions.

4 Fuses and their component parts

4.1 fuse: A 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. [441-18-01]

4.2 terminal: A 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 (e.g. main terminal, earth terminal, etc.), but also according to their design (e.g. screw terminal, plug terminal, etc.).

4.3 fuse-base; fuse-mount: The fixed part of a fuse provided with contacts and terminals. [441-18-02]

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

4.4 contact du 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.) [441-18-03]

4.5 porte-élément de remplacement: Partie amovible d'un fusible destinée à recevoir un élément de remplacement. (Voir figure 1.) [441-18-13]

NOTE - Le porte-élément de remplacement ne comprend pas l'élément de remplacement.

4.6 contact d'un porte-élément de remplacement: Pièce de contact d'un porte-élément de remplacement destinée à être mise en contact avec le contact d'un socle. (Voir figure 1.) [441-18-05]

4.7 ensemble-porteur: Combinaison d'un socle et de son porte-élément de remplacement. [441-18-14]

4.8 élément de remplacement: Partie d'un fusible comportant le ou les éléments fusibles et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible. (Voir figure 1.) [441-18-09]

4.9 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 ou celui d'un porte-élément de remplacement. (Voir figure 1.) [441-18-04]

4.10 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.) [441-18-08]

4.11 dispositif indicateur: Partie d'un fusible destinée à indiquer si celui-ci a fonctionné. (Voir figure 1.) [441-18-17]

4.12 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. [441-18-18]

5 Termes complémentaires

5.1 fusible d'usage général: Voir 7.1.1.

5.2 fusible associé: Voir 7.1.2.

5.3 élément de remplacement limiteur de courant: Élément de remplacement 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. [441-18-10]

5.4 distance de sectionnement (pour un fusible): La 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 ou le porte-élément de remplacement n'est plus en place. [441-18-06]

4.4 fuse-base contact: The contact piece of a fuse-base designed to engage with a fuse-carrier contact or with a fuse-link contact. (See figure 1.) [441-18-03]

4.5 fuse-carrier: The movable part of a fuse designed to carry a fuse-link. (See figure 1.) [441-18-13]

NOTE – The fuse-carrier does not include the fuse-link.

4.6 fuse-carrier contact: The contact piece of a fuse-carrier designed to engage with a fuse-base contact. (See figure 1.) [441-18-05]

4.7 fuse-holder: The combination of a fuse-base with its fuse-carrier. [441-18-14]

4.8 fuse-link: The part of a fuse (including the fuse-element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated. (See figure 1.) [441-18-09]

4.9 fuse-link contact: The contact piece of a fuse-link designed to engage with a fuse-base contact or with a fuse-carrier contact. (See figure 1.) [441-18-04]

4.10 fuse-element: A 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.) [441-18-08]

4.11 Indicating device; indicator: A part of a fuse provided to indicate whether the fuse has operated. (See figure 1.) [441-18-17]

4.12 striker: A 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. [441-18-18]

5 Additional terms

5.1 General Purpose fuse: See 7.1.1.

5.2 Back-Up fuse: See 7.1.2.

5.3 current-limiting fuse-link: A fuse-link 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. [441-18-10]

5.4 isolating distance (for a fuse): The shortest distance between the fuse-base contacts or any conductive parts connected thereto, measured on a fuse with the fuse-link or fuse-carrier removed. [441-18-06]

5.5 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 13.3.1.) [441-18-34]

5.6 isolation externe: Les distances dans l'air à pression atmosphérique et les 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.

5.7 fusible à coupure intégrale: Voir 7.1.3.

Section 3: Caractéristiques assignées et conditions normales d'emploi et de comportement

6 Caractéristiques assignées

6.1 Tension assignée

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 section 7.)

6.2 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.

6.3 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 section 7.)

6.4 Fréquence assignée

Fréquence pour laquelle le fusible a été établi et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

6.5 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit

6.5.1 Courant maximal de coupure assigné

Valeur de pouvoir de coupure spécifié pour un fusible.

6.5.2 Courant minimal de coupure assigné

Valeur de courant minimal de coupure spécifié pour un fusible associé.

5.5. homogeneous series (of fuse-links): A 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 13.3.1.) [441-18-34]

5.6 external insulation: The distances in atmospheric air and the 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.

5.7 Full-Range fuse: See 7.1.3.

Section 3: Ratings and standard conditions of use and behaviour

6 Ratings

6.1 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 section 7.)

6.2 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 length, at an ambient air temperature of not more than 40 °C.

6.3 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 section 7.)

6.4 Rated frequency

The frequency for which the fuse has been designed and to which the values of the other characteristics correspond.

6.5 Rated breaking current

6.5.1 Rated maximum breaking current

The value of breaking capacity specified for a fuse.

6.5.2 Rated minimum breaking current

The value of minimum breaking current specified for a Back-Up fuse.

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

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 section 7).

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 18.6, tableau 6 (série I) et 22.6.

6.7 Tension transitoire de rétablissement assignée (TTR assignée)

La tension transitoire de rétablissement assignée associée au courant maximal de coupure assigné (conformément à 6.5) est la tension de référence qui constitue la limite supérieure de la tension transitoire de rétablissement présumée des circuits que le fusible doit pouvoir couper lors d'un court-circuit.

6.7.1 Représentation de la TTR

La forme d'onde des tension 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)*.

La capacité au lieu d'installation et du côté de l'alimentation du fusible réduit la vitesse d'accroissement de la tension pendant les quelques première 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.

6.7.2 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).

* Voir annexe A.

6.6 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 the dielectric stresses (see section 7).

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 18.6, table 6 (series I) and 22.6.

6.7 Rated transient recovery voltage (rated TRV)

The rated transient recovery voltage related to the rated maximum breaking current (in accordance with 6.5) 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.

6.7.1 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)*.

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.

6.7.2 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 co-ordinate t').

* See annex A.

6.7.3 Valeurs normales de la TTR assignée

Les valeurs normales de la TTR assignée sont spécifiées dans la section 6. Ces valeurs s'appliquent au pouvoir de coupure assigné d'un fusible.

7 Conditions normales d'emploi et de comportement

7.1 Classes

Trois classes de fusibles limiteurs de courant sont définis selon la zone dans laquelle ils peuvent être utilisés: les fusibles associés, les fusibles d'usage général et les fusibles à coupure intégrale. (Voir 22.4.)

7.1.1 Fusible d'usage général

Fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans des conditions d'emploi 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.

7.1.2 Fusible associé

Fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans des conditions d'emploi et de comportement spécifiées, tous les courants compris entre le courant maximal de coupure assigné et le courant minimal de coupure assigné.

Les fusibles associés sont généralement associés avec un autre appareil tel qu'un interrupteur.

7.1.3 Fusible à coupure intégrale

Fusible limiteur de courant capable d'interrompre dans des conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants qui font fondre son (ses) élément(s) fusibles(s) jusqu'à son courant maximal de coupure assigné.

7.2 Caractéristiques de coupure

7.2.1 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 dans la section 4 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 section 7.)

6.7.3 *Standard values of rated TRV*

Standard values of rated TRV are specified in section 6. These values apply to the rated breaking current of a fuse.

7 **Standard conditions of use and behaviour**

7.1 *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 and Full Range fuses. See 22.4.

7.1.1 *General Purpose fuse*

A 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.

7.1.2 *Back-Up fuse*

A 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.

Back-up fuses are generally associated with other apparatus such as a switch.

7.1.3 *Full-Range fuse*

A 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.

7.2 *Breaking characteristics*

7.2.1 *General*

When used in systems with service voltages less than the rated voltage of the fuse, the breaking current in kiloamperes 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 section 4 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 section 7.)

7.2.2 Conditions normales d'utilisation en ce qui concerne le pouvoir de coupure

Les fusibles doivent être capables d'interrompre correctement chaque valeur de courant présumé, indépendamment de la composante apériodique 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 4 (pour conditions particulières, voir 22.5);
- la tension transitoire de rétablissement présumée soit comprise dans les limites correspondant aux essais spécifiés en 13.1.2;
- 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 4;
- 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 13.1.2.

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 13.1.2.1).

7.2.3 Conditions normales de comportement en ce qui concerne le pouvoir de coupure

Conformément aux conditions d'utilisation indiquées au 7.2.2, 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.
Cependant, il est admis que les parties destinées à fixer l'élément fusible des fusibles rechargeables puissent être légèrement endommagées pourvu qu'une telle détérioration ne puisse empêcher le remplacement de l'élément fusible fondu, diminuer le pouvoir de coupure du fusible, modifier ses caractéristiques de fonctionnement ou augmenter son échauffement en service normal.
- 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 18.13 et fonctionner complètement.
- d) Le fonctionnement ne doit pas provoquer de surtensions de fonctionnement supérieures aux valeurs spécifiées en 18.8.

7.2.2 *Standard conditions of use with respect to breaking capacity*

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 4 (for special conditions, see 22.5);
- the prospective transient recovery voltage is within the limits represented by the tests specified in 13.1.2;
- the frequency is between 48 Hz and 62 Hz;
- the power factor is not lower than that represented by the tests specified in table 4;
- 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 13.1.2.

NOTE - As regards the prospective TRV characteristics, the time co-ordinate 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 13.1.2.1).

7.2.3 *Standard conditions of behaviour with respect to breaking capacity*

According to the conditions of use indicated in 7.2.2, 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.

However, it is permissible for the components designed to secure the fuse-element in renewable fuses to be slightly damaged, if such damage is not likely to prevent the replacement of the melted fuse-element, to decrease the breaking capacity of the fuse, to modify its operating characteristics, or to increase its temperature-rise in normal service.

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 18.13 and shall operate fully.

d) Operation shall not generate switching-voltages higher than the values specified in 18.8.

- 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.

7.3 Caractéristiques temps-courant

Les caractéristiques temps-courant des éléments de remplacement sont fixées 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 12.1.2.

Sauf spécification contraire, la caractéristique temps-courant s'entend pour une température de l'air ambiant de 20 °C.

Section 4: Essai de type

8 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 seront répétés que si la construction est modifiée de façon telle 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 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.

- 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.

7.3 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 12.1.2.

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

Section 4: Type tests

8 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 construction is changed 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 so changed as to make the test conditions more severe. Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values not less severe than the specified values: the upper limits are 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.

9 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;
- 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.

Avant d'effectuer les essais, sauf les essais diélectriques et les essais d'étanchéité à l'huile, la résistance de chaque élément de remplacement est mesurée avec un courant ne dépassant pas 10 % du courant assigné. La valeur de la résistance est notée ainsi que la température de l'air ambiant à laquelle le mesurage est effectué.

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

Les fusibles entrant dans le domaine d'application de la présente norme ne sont pas sensibles aux perturbations électromagnétiques et aucun essai d'immunité n'est donc nécessaire. Un fusible ne peut produire de perturbations qu'au moment de son fonctionnement. Pourvu que les valeurs de tension de fonctionnement pendant les essais de type soient au plus égales aux valeurs indiquées dans le tableau 9 de la présente norme, aucun autre essai n'est exigé concernant la compatibilité électromagnétique.

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

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

10.1 *Etat de l'appareil en essai*

L'appareil doit être neuf, propre et en bon état.

10.2 *Montage des fusibles*

Le fusible en 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.

11 Essais diélectriques

11.1 *Règles d'essais*

Les règles d'essais diélectriques sont celles spécifiées à l'article 10 et comme suit.

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

9 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;
- 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.

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.

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

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 table 9 of this standard, no other tests for electromagnetic compatibility are required.

10 Common test practices for all type tests

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

10.1 *Condition of device to be tested*

The device shall be new, clean and in good condition.

10.2 *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.

11 Dielectric tests

11.1 *Test practices*

Dielectric test practices shall be as specified in clause 10 and as follows.

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

11.1.1 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.

11.1.2 Connexions électriques

Les connexions électriques sont constituées de conducteurs nus raccordés à chaque borne. Ces conducteurs sont 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.

11.2 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 6 et 7 pour le fusible en essai est 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 et de son porte-élément de remplacement, complètement monté et prêt à être utilisé;
 - 2) l'élément de remplacement étant enlevé.

NOTE – Pour les dispositions multipolaires de fusibles:

- 1) Entre toutes les parties sous tension de tous les pôles reliées ensemble et les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre.
- 2) 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 sont 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 seront soit isolées de la terre soit reliées au point milieu de la source.

NOTE – Pour les dispositions multipolaires de fusibles, les bornes d'un côté seront reliées ensemble, et les bornes du côté opposé seront également reliées entre elles.

11.3 Conditions atmosphériques pendant l'essai

L'essai est effectué dans des conditions atmosphériques aussi voisines que possible des conditions normales spécifiées dans la CEI 60-1, paragraphe 10.2.

Les facteurs de correction pour la densité de l'air et l'humidité tels qu'indiqués dans la CEI 60-1, paragraphe 10.3 et 10.4, peuvent être utilisés pour les fusibles jusqu'à plus ample information.

11.4 Tensions d'essai

Les tensions d'essai à utiliser pour les essais prescrits à l'article 11 sont conformes à celles indiquées dans la section 6.

11.1.1 Mounting

For multi-pole 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.

11.1.2 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.

11.2 Application of test voltage for impulse and power-frequency tests

The test voltage specified in tables 6 and 7 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 and its fuse-carrier completely assembled ready for service;
- 2) with the fuse-link removed.

NOTE – For multi-pole arrangements of fuses:

- 1) Between all live parts of all poles connected together and the earthable metal parts.
- 2) 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 – 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.

11.3 Atmospheric conditions during test

The test shall be made at atmospheric conditions as near as possible to the standard conditions specified in IEC 60-1, subclause 10.2.

The correction factors for air density and for air humidity as given in IEC 60-1, subclauses 10.3 and 10.4, may be used for fuses pending further information.

11.4 Test voltages

The test voltages to be used for the tests prescribed in clause 11 shall be in accordance with those given in section 6.

11.5 *Essais à sec aux chocs de foudre*

Les fusibles sont soumis à des essais à sec aux chocs de foudre avec des ondes 1,2/50 conformes à la CEI 60-1, section 6.

On applique 15 chocs consécutifs aux valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre spécifiées dans les tableaux 6 et 7 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 11.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 11.2 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 11.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

On considère que le fusible a 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.

Le fusible doit pouvoir satisfaire aux essais spécifiés avec des tensions de polarités 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.

11.6 *Essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle*

Les fusibles sont soumis pendant 1 min à des essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle conformément aux spécifications de la CEI 60-1.

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 6 et 7. Les essais sont 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 11.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 11.2 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 11.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

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

11.5 *Lightning impulse voltage dry tests*

Fuses shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests with 1,2/50 impulses in accordance with IEC 60-1, section 6.

Fifteen consecutive impulses at the rated lightning impulse withstand voltages specified in tables 6 and 7 shall be applied as follows:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions a) of 11.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test condition b) of 11.2 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 11.2 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.

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.

11.6 *Power-frequency voltage dry tests*

Fuses shall be subjected to one-minute power-frequency voltage dry tests, as specified in IEC 60-1.

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 one-minute power-frequency withstand voltage tests are specified in tables 6 and 7. 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 11.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test conditions b) of 11.2 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 11.2 if isolating properties are assigned to the fuse-base.

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

11.7 Essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle

Les fusibles de type extérieur sont soumis à des essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle, dans les mêmes conditions que celles spécifiées en 11.6, sauf en ce qui concerne la durée de l'essai qui est de 1 min suivant la pratique européenne, et de 10 s suivant la pratique aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada. Toutefois, s'il se produit une décharge disruptive sur une isolation externe autorégénératrice, cet essai sera répété dans les mêmes conditions d'essai et on considère que le fusible a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de nouvelle décharge disruptive.

Pendant ces essais, les fusibles sont 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 60-1.

12 Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée

12.1 Règles d'essais

Les essais d'échauffement et de mesurage de la puissance dissipée sont effectués sur un fusible conformément aux indications de l'article 10 et comme suit.

12.1.1 Echantillon d'essai

Le socle est tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement en essai.

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

12.1.2 Disposition de l'appareil

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

Le fusible dans l'air est monté en respectant les instructions données par le constructeur, dans la position la plus défavorable, et il est raccordé au circuit d'essai par des conducteurs en cuivre nu de la façon suivante: chaque conducteur a une longueur approximative de 1 m et est 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 3.

Tableau 3

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
NOTES	
1 La section équivalent en MCM (milliers de mils circulaires) peut être obtenue en multipliant par deux les nombres figurant dans la deuxième colonne.	
2 Pour les éléments de remplacement en parallèle, le courant assigné à prendre en compte est le courant total fixé par le constructeur.	

11.7 Power-frequency wet tests

Outdoor type fuses shall be subjected to power-frequency voltage wet tests under the same conditions as specified in 11.6 except for the duration, which is 1 min according to European practice and 10 s according to U.S.A. and Canadian practice. However, if a disruptive discharge on external self-restoring 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 IEC 60-1, clause 9.

12 Temperature-rise tests and power-dissipation measurement

12.1 Test practice

Temperature-rise tests and power-dissipation measurement shall be made as specified in clause 10 on one fuse and as follows.

12.1.1 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.

12.1.2 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 3.

Table 3

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
NOTES 1 The equivalent area in MCM (one thousand circular mils) can be obtained by multiplying the above numbers in the second column by two. 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 sont essayés dans une cuve remplie d'huile, conçue pour représenter les conditions de service. Le volume de cette cuve est égal à environ 30 fois le volume de l'élément de remplacement en essai. L'élément de remplacement est 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 sont disposées comme indiqué à l'alinéa précédent avec les dimensions données dans le tableau 3.

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

Les essais sont faits au courant assigné de l'élément de remplacement et à une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz. Chaque essai est 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 par heure).

L'échauffement des différentes parties du fusible ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans la section 6.

12.2 *Mesurage de la température*

Toutes les précautions raisonnables sont prises pour réduire les variations et les erreurs dues à l'inertie thermique entre le fusible et les modifications de la température de l'air ambiant.

12.2.1 *Température des éléments du fusible*

La température des différentes parties pour lesquelles des limites sont spécifiées est 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 est 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 est mesurée uniquement avec des thermocouples fixés à la surface de ce composant. La température du diélectrique liquide lui-même est 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 en essai.
- b) Une bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie en 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.

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 3.

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 per hour).

The temperature rise of the various parts of the fuse shall not exceed the specified values in section 6.

12.2 *Measurement of temperature*

All reasonable precautions shall be taken to reduce the variations and the errors due to the time lag between the temperature of the fuse and the variations in the ambient air temperature.

12.2.1 *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 to use alcohol thermometers in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

12.2.2 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 est 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.

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.

12.3 Mesurage de la puissance dissipée

Il peut être nécessaire de déclasser les fusibles utilisés sous enveloppes (voir 22.2 et l'annexe F). La puissance dissipée doit être mesurée pour faciliter ce déclassement.

NOTES

1 Cette exigence ne s'applique pas aux fusibles dont l'utilisation sous enveloppe n'est pas prévue. Pour de tels fusibles, voir 17.1: essais spéciaux.

Le mesurage de la puissance dissipée peut être fait au cours de l'essai d'échauffement. Deux valeurs seront 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 a atteint une valeur stable pour la valeur de courant considérée. La puissance dissipée est exprimée en watts.

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

13 Essais de coupure

13.1 Règles d'essais

Les règles d'essais de coupure sont celles spécifiées à l'article 10, et comme suit.

12.2.2 *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.

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 of 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.

12.3 *Measurement of power dissipation*

Fuses intended for use in enclosures may require derating (see 22.2 and annex F). To facilitate this derating, measurement of the power dissipation shall be made.

NOTES

1 This requirement applies only to fuses intended for use in enclosures. For other fuses, see 17.1: special tests.

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.

The measurement shall be made when the power dissipation has reached a steady-state value for the current value considered. The power dissipation is expressed in watts.

2 Switchgear manufacturers 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.

13 **Breaking tests**

13.1 *Test practices*

Breaking test practices shall be as specified in clause 10 and as follows.

13.1.1 Description des essais à effectuer

Les essais sont effectués conformément aux instructions données dans le tableau 4 et comprennent 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 : pour les fusibles d'usage général, c'est le courant qui provoque la fusion en au moins 1 h; pour les fusibles associés, c'est le courant minimal de coupure assigné (voir note 1).

Essais I_1 pour les éléments de remplacement présentant un (des) courant(s) d'intersection (voir 13.1.2.4).

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 (les) zone(s) de courant I_1 ou 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 13.3 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 13.4 pour les conditions à remplir.

NOTES

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

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'essai 1 avec un début de court-circuit en régime symétrique:

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

où

I_2 est le courant présumé de la suite d'essai 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'essai 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 14 et 18.9). 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.

13.1.1 Description of tests to be made

Tests shall be made according to the instructions given in table 4 and shall include 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 with the current I_3 : for General Purpose fuses, this is the current that causes melting in 1 h or more; for Back-Up fuses, it is the rated minimum breaking current (see note 1).

Test I_1 for fuse-links that exhibit take-over current(s) (see 13.1.2.4).

In the case of fuses which incorporate different arc-quenching mechanisms within the same envelope (e.g. 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_1 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 13.3 for the requirements to be met and tests to be made.

Also a homogeneous series can 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 13.4 for the requirements to be met.

NOTES

- 1 Values of I_1 , I_2 and I_3 are the r.m.s. values of the a.c. component of the current.
- 2 As a guide, the value of the current I_2 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.

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

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 on one half-cycle on the time-current characteristic (see 14 and 18.9). 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.

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.

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 4) sauf l'angle d'établissement et la valeur instantanée du courant au début de l'arc.

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.

13.1.2 Caractéristiques du circuit d'essai

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

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

La fréquence du circuit d'essai est comprise entre 45 Hz et 62 Hz.

Il est recommandé de ne pas avoir de distorsion de la tension de rétablissement à fréquence industrielle qui puisse être 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'essai 1 et 2 spécifiées en 13.1.1.

Un oscillographe cathodique est prévu pour mesurer les surtensions de fonctionnement pendant les suites d'essais 1 et 2. Un oscillographe cathodique, un éclateur à sphères ou un dispositif équivalent est prévu pour mesurer les surtensions de fonctionnement au cours de la suite d'essais 3.

La protection contre les surtensions de fonctionnement utilisée dans le circuit d'essai est 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 l'article 8).

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 définissant le retard spécifiées pour les diverses suites d'essais sont les suivantes.

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.

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. (Parameters used will be those of test duty 2 (see table 4) except making angle and value of instantaneous current at initiation of arcing.)

5 If it is impossible in test duty 1, even by making at the earliest permissible angle, to initiate arcing as early as 65° after voltage zero, 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.

13.1.2 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 figure 3 and 4. No reactors shall be used that are subjected to saturation.

The test-circuit frequency shall be between 45 Hz and 62 Hz.

It is recommended that there shall 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 13.1.1.

A cathode-ray oscillograph shall be provided for switching-voltage measurement during test duties 1 and 2. A cathode-ray oscillograph, a sphere-gap or a device of equivalent response shall be provided for switching-voltage measurement during test duty 3.

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 clause 8).

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.

13.1.2.1 Suite d'essais 1

En principe, les essais sont à effectuer avec les valeurs normales de la TTR spécifiées en 18.12. 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 suit.

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 devra être modifié pour présenter une TTR dont l'enveloppe ne sera à aucun instant au-dessous du tracé de référence spécifié en 18.12 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 seront faits sur ce nouveau circuit.

13.1.2.2 Suite d'essais 2

Les essais sont effectués avec les valeurs de TTR présumée spécifiées dans les tableaux 3A et 3B (voir annexe B).

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

- sa valeur maximale de crête n'est pas inférieure au paramètre u_c spécifié;
- le segment ascendant de son enveloppe est compris entre les deux lignes spécifiées par la tolérance de t_3 .

NOTE - 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).

Tableau 3A

Tension assignée	Paramètre de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c	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
$u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$			

13.1.2.1 Test duty 1

In principle, the tests are to be made with the standardized values of TRV specified in 18.12. 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 18.12 and an initial portion not crossing the specified delay line. All the tests of test duty 1 shall be made in this new circuit.

13.1.2.2 Test duty 2

Tests shall be made with the values of prospective TRV specified in tables 3A and 3B (see annex B).

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

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

NOTE – 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).

Table 3A

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time co-ordinate	
U_r	u_c	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
$u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$			

Tableau 3B

Tension assignée	Paramètre de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c	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

$u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$
 NOTE – Il peut être difficile d'obtenir les valeurs de temps spécifiées notamment pour les fusibles dont le courant d'essai I_2 est faible. Dans de tels cas, et après accord du constructeur, des valeurs plus grandes de t_3 sont admises et seront précisées dans le rapport d'essai.

13.1.2.3 Suite d'essais 3

Les caractéristiques de la T.T.R. ne sont pas spécifiées; la réactance du circuit (qui peut être la réactance du transformateur ou la réactance de l'ensemble transformateur-réactance(s) est shuntée par une résistance 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 sera diminuée de façon à obtenir cet amortissement critique (voir annexe B).

L'amortissement critique est obtenu quand

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

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

13.1.2.4 Essai I_t

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: toutes conditions d'essais spécifiées pour la série d'essais 1 ou 2 selon le cas,

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,

Table 3B

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time co-ordinate	
U_r	u_c	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

$u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$
 NOTE – Especially for fuses where the test current I_2 is small, it may be difficult to achieve the values of time co-ordinate 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.

13.1.2.3 Test duty 3

T.R.V. 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 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).

Critical damping is obtained when

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

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

13.1.2.4 Test I_t

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 range: all test conditions as specified for test duty 1 or test duty 2 respectively,

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 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 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. (Ceci 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.

13.1.3 Echantillons

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

Lors de l'exécution des essais des fusibles rechargeables, on devra utiliser des éléments de remplacement ou des recharges de même construction que le fusible ou recommandés par le constructeur du fusible.

13.1.4 Disposition de l'appareil

13.1.4.1 Fusibles destinés à être utilisés dans l'air

Pour les suites d'essais 1 et 2, la disposition des conducteurs est celle qui est indiquée à la figure 2 afin de reproduire les efforts électrodynamiques qui peuvent se produire en service. Pour empêcher tout mouvement des conducteurs de provoquer des efforts mécaniques excessifs sur le socle, les conducteurs sont 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 plis des connexions sont placés immédiatement après les points de maintien. Aucune disposition n'est précisée pour la suite d'essais 3. Le fusible est essayé en position verticale sauf s'il est reconnu que la position horizontale est la plus sévère, auquel cas le fusible est essayé horizontalement.

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

Les suites d'essai 1 et 2 peuvent être effectuées dans l'air ou dans une cuve remplie d'huile. Pour la suite d'essais 3, les éléments de remplacement sont 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.

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,
 - 0,2 to 0,3 lagging if the take-over current I_t is between 25 times rated current 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 part of the element systems must 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.

13.1.3 Test samples

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

In making tests on renewable fuses, fuse-links or refill units of the same manufacture as the fuse or as recommended by the manufacturer of the fuse shall be used.

13.1.4 Arrangement of the equipment

13.1.4.1 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.

13.1.4.2 Fuses intended for use in oil switchgear

Test duties 1 and 2 may be performed in air or in an oil-filled enclosure. For test duty 3, 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.

13.2 Modalités d'essai

13.2.1 Etalonnage du circuit d'essai

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

Le circuit est ajusté pour donner le courant présumé spécifié. Cela est vérifié par un enregistrement oscillographique.

NOTE – Pour les essais directs de la suite d'essais 3, il peut n'être pas 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.

13.2.2 Méthode d'essai

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

Le court-circuiteur E est fermé à un instant tel que les conditions spécifiées dans le tableau 4 soient remplies.

Pour les suites d'essais 1, 2 et 3, on mesure les surtensions de fonctionnement. Pour les suites d'essais 1 et 2, on détermine les courants coupés limités.

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.

Après fonctionnement du fusible, la tension de rétablissement doit être maintenue à ses bornes pendant les durées spécifiées dans le tableau 4. Les quelques premières périodes doivent être enregistrées par un oscillographe 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.

13.2.2.1 Variante de la méthode d'essai pour la suite d'essais 3

a) Méthodes d'essai utilisant deux sources d'alimentation

Le fusible à essayer est raccordé à un circuit d'essai à basse tension pendant la plus grande partie de la période d'essai et commuté ensuite sur un circuit d'essai à haute tension jusqu'à la fin de l'essai. Deux méthodes d'essai peuvent être utilisées.

a1) La méthode d'essai suivante peut être utilisée quelle que soit la durée de préarc associé au courant d'essai I_3 .

Les circuits d'essai comprennent les éléments suivants:

- 1) Une source d'énergie quelconque à basse tension à 50 Hz ou 60 Hz suffisante pour faire passer au travers du fusible en essai le courant désiré ainsi que les dispositifs permettant de maintenir le courant constant dans le circuit.
- 2) Un circuit d'essai à haute tension à 50 Hz ou 60 Hz tel que décrit en 13.1.2. Ce circuit est réglé au préalable pour fournir le même courant que lors de la partie de l'essai faite à basse tension, ainsi que les paramètres spécifiés dans le tableau 4.

13.2 Test procedure

13.2.1 Calibration of the test circuit

The fuse or the fuse-link under test shall be replaced by a link of negligible impedance compared with that of the test circuit 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 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.

13.2.2 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 4.

For test duties 1, 2 and 3 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 oscillographic record.

After the fuse has operated, recovery voltage shall be maintained across the fuse for the period specified in table 4. The first few cycles shall be recorded by an oscillograph and the remainder may be observed on a voltmeter.

NOTE – During this period, the power frequency may be lower than the specified minimum value.

13.2.2.1 Alternative test methods for test duty 3

a) Test methods using two supply sources

The fuse to be tested is connected in a low-voltage test circuit for the major portion of the test period and then switched to a high-voltage test circuit for the conclusion of the test. Two test methods may be used.

a1) The following test method may be used whatever the pre-arcing time associated with the test current I_3 may be.

The test circuits shall be as follows:

- 1) Any low-voltage 50 Hz or 60 Hz power source sufficient to cause the desired current to flow through the fuse to be tested as well as means for adjusting the circuit to hold the current constant.
- 2) A high-voltage 50 Hz or 60 Hz test circuit as indicated in 13.1.2. This circuit shall be pre-adjusted to provide the same current as for the low-voltage portion of the test, as well as the parameters as specified in table 4.

3) Un dispositif pour commuter de la source à basse tension à la source à haute tension de telle façon que le courant soit interrompu pendant une durée n'excédant pas 0,2 s; cependant, l'intervalle de temps entre la réapplication du courant et le début de l'arc doit être suffisamment long pour donner la possibilité de n'avoir aucune asymétrie, d'évaluer le courant et de constater sur l'oscillogramme qu'il n'y a pas de décrétement appréciable de la valeur du courant.

Si un essai de 1 h est demandé, il est admis d'augmenter le courant à basse tension au bout d'une heure et avant la commutation sur le circuit à haute tension afin d'éviter une durée d'essai inutilement longue. Aucune augmentation de ce type ne doit dépasser 1,15 fois la valeur du courant à haute tension (voir figure 4a).

a2) Sous réserve de l'accord du constructeur, la variante suivante de la méthode d'essai a1) est autorisée pour les courants d'essai I_3 associés à des durées de préarc supérieures à une heure. Elle peut être plus sévère que l'essai direct ou la méthode a1) mais elle est particulièrement utile pour les courants d'essai I_3 associés à de longues durées de préarc.

NOTE - Etant donné que la méthode a1) est plus proche des conditions de service, dans le cas d'une défaillance avec la méthode d'essai a2), il est permis de répéter la suite d'essais 3 en utilisant la méthode d'essai a1) lorsque c'est possible.

La procédure d'essai est la suivante:

- 1) Disposition des sources à basse tension et à haute tension identique à celle utilisée pour la méthode d'essai a1) avec un dispositif de commutation de la source à basse tension sur la source à haute tension en une durée n'excédant pas 0,2 s.
- 2) Appliquer pendant au moins une heure un courant de préchauffage à basse tension de valeur équivalente à celle du courant de préarc correspondant à une heure. Il convient de maintenir ce courant jusqu'à ce que les éléments fusibles principaux aient fondu. Au bout d'une heure, on peut accroître la valeur du courant jusqu'à 1,15 fois sa valeur initiale pour provoquer la fusion des éléments fusibles principaux (voir figure 4a).
- 3) Lorsque les éléments fusibles ont fondu (sauf élément du percuteur ou celui de l'indicateur lorsqu'il existe), le fusible est commuté sur la source à haute tension en une durée inférieure ou égale à 0,2 s et il ne doit pas y avoir d'asymétrie importante dans l'onde du courant à haute tension à l'instant de la réapplication de tension.
- 4) La valeur du courant à haute tension peut être inférieure ou égale à celle du courant initial de préchauffage sans être inférieure à 70 % de celle-ci. La valeur de ce courant à haute tension peut être déclarée par le constructeur de fusibles comme étant le courant minimal de coupure pourvu que le fusible réamorçe immédiatement lors de l'application de la source à haute tension, fonctionne de façon satisfaisante et coupe normalement.

NOTES

1 Si le courant minimal de coupure déclaré doit être inférieur à 70 % du courant correspondant à la durée de préarc d'une heure, des valeurs inférieures de courant de préchauffage et donc des durées de préarc plus longues seront nécessaires.

2 Afin d'éviter les durées d'essais inutilement longues, l'élément de remplacement en essai peut être installé dans une enveloppe à refroidissement limité afin de réduire la durée de préarc mais cette durée réduite ne doit pas être inférieure à une heure.

3) Provision for switching from the low-voltage source to the high-voltage source such that the current is interrupted for a time interval not longer than 0,2 s; however, the time interval between the reapplication of current and the beginning of arcing shall be long enough to make it possible to have no asymmetry, to evaluate the current and to see from the oscillogram that there is no appreciable decrement of the value of current.

If a one-hour test is required, in order to avoid an unnecessarily long testing time it is permissible to increase the low-voltage current after one hour and prior to change-over to the high-voltage circuit. Any such increase shall not exceed 1,15 times the value of the high-voltage current (see figure 4a).

a2) Subject to agreement of the manufacturer, the following variation of test method a1) is permissible for test current I_3 associated with pre-arcing times longer than one hour. It may be more severe than the direct test or method a1) but it is particularly useful for test currents I_3 associated with long pre-arcing times.

NOTE - Since method a1) is closer to service conditions, in the case of failure with test method a2), it is permissible to repeat test duty 3 using test method a1) where practicable.

The test procedure is as follows:

- 1) Low-voltage and high-voltage source arrangement as for test method a1) with provision for switching over from low-voltage to high-voltage source in a time not longer than 0,2 s.
- 2) Apply a low-voltage pre-heating current of a value equivalent to the one-hour pre-arcing current for at least one hour. The current should be maintained until all main elements have melted. It is permitted to increase the value of current up to 1,15 times the original value after a period of one hour to ensure melting of the main fuse-elements (see figure 4a).
- 3) When the fuse-elements have melted (but not the striker- or indicator-element where fitted) the fuse shall be switched over to the high-voltage source in a time of 0,2 s or less and there shall be no significant asymmetry in the high-voltage current waveform at the instant of the re-application of voltage.
- 4) The value of the high-voltage current may be equal to or less than the original pre-heating current but may be not less than 70 % of this pre-heating current. The value of this high-voltage current may be claimed as the minimum breaking current by the fuse manufacturer provided that the fuse re-strikes immediately on application of the high-voltage source and successfully operates and clears in the normal manner.

NOTES

- 1 If the claimed minimum breaking current is required to be lower than 70 % of the current corresponding to the one hour pre-arcing time, then lower values of pre-heating current and hence longer pre-arcing times will be necessary.
- 2 In order to avoid unnecessarily long testing times, the fuse-link under test may be installed in an enclosure with restricted cooling to reduce the pre-arcing time but this reduced time shall be not less than one hour.

b) Méthode d'essai utilisant deux facteurs de puissance

Dans le circuit à haute tension une réactance de forte impédance est connectée en parallèle avec la résistance pendant la plus grande partie de la période d'essai. L'impédance de la réactance est déterminée de façon à ne pas modifier la valeur du courant d'essai. Le facteur de puissance du circuit est ainsi considérablement réduit. A la fin de l'essai, le circuit d'essai est ajusté pour obtenir le facteur de puissance correct en déconnectant la réactance, l'intervalle de temps entre cette déconnexion et le début d'arc étant suffisamment long pour donner la possibilité de n'avoir aucune asymétrie, d'évaluer le courant et de constater sur l'oscillogramme qu'il n'y a pas de décrétement appréciable de la valeur du courant (voir annexe E).

13.2.3 *Interprétation des oscillogrammes*

Pour les suites d'essais 1 et 2, le courant présumé coupé est 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, le courant coupé est 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), ou la valeur indiquée par l'ampèremètre.

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).

13.2.4 *Paramètres à utiliser au cours des essais*

Les paramètres à utiliser au cours des essais sont donnés dans le tableau 4.

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

b) Test method using two power factors

In the high-voltage circuit a highly inductive reactor is connected in parallel with the resistor for the major portion of the test period. The impedance of the reactor is chosen in such a manner as not to change the value of the test current. The power factor of the circuit is thus considerably reduced. For the conclusion of the test, the test circuit is adjusted to the correct power factor by disconnection of the reactor, the time interval between disconnection and the beginning of arcing being long enough to make it possible to have no asymmetry, to evaluate the current and to see from the oscillogram that there is no appreciable decrement of the value of current (see annex E).

13.2.3 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 figure 5 and 6).

For test duty 3, 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) or the value indicated by the ammeter.

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).

13.2.4 Parameters to be used for tests

The parameters to be used when making the tests are given in table 4.

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

Tableau 4

Paramètre	Suite d'essai		
	1	2	3
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	(0,87 × tension assignée) $+5_0\%$		Tension assignée $+5_0\%$
Caractéristiques de la TTR présumée	Voir 13.1.2		Pas de valeurs spécifiées
Facteur de puissance	De 0,07 à 0,15 (note 1)		0,4 à 0,6
Courant présumé (valeur efficace de la composante périodique)	$I_1 +5_0\%$	I_2	$I_3 -10_0\%$ (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	Pour un essai: De 40° à 65° Pour deux essais: De 65° à 90° (note 3)	Sans objet	Sans objet
Durée de maintien de la tension après coupure (notes 4 et 5)	Supérieure ou égale à 15 s	Supérieure ou égale à 60 s	
Nombre d'essais	3	3	2
NOTES 1 Lorsque le constructeur est d'accord, la limite la plus basse ne s'applique pas. 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'essai 3. 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. 4 Pour les fusibles qui sont soumis en service à la tension de rétablissement pour une durée inférieure à 1 s, la durée de maintien de la tension après fonctionnement sera 1 s. 5 La valeur initiale de la tension de rétablissement à fréquence industrielle sera égale à la valeur spécifiée, mais lorsque l'installation de la station d'essais ne permet pas de maintenir la tension constante, la tension rétablie peut tomber ensuite à 15 % au-dessous de la valeur spécifiée.			

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

13.3.1 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:

- 1) La tension assignée, le courant maximal de coupure assigné et la fréquence assignée sont les mêmes.
- 2) Tous les matériaux utilisés sont identiques, y compris le matériau de remplissage et sa granulométrie.

Table 4

Parameters	Test duties		
	1	2	3
Power-frequency recovery voltage	(0,87 × rated voltage) $+5_0\%$		Rated voltage $+5_0\%$
Prospective TRV characteristics	See 13.1.2		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)	$I_1 +5_0\%$	I_2	$I_3 -10_0\%$ (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° From two tests: From 65° to 90° (note 3)	Not applicable	Not applicable
Maintained voltage after breaking (notes 4 and 5)	Not less than 15 s	Not less than 60 s	
Number of tests	3	3	2
NOTES 1 When the manufacturer agrees, the lower limit does not apply. 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. 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. 4 For fuses which are subject in service to the recovery voltage for a time less than 1 s, the maintained voltage period after operation will be 1 s. 5 The initial value of the power-frequency recovery voltage should be equal to the specified value, but when testing limitations prevent the maintenance of constant voltage, the maintained voltage may drop to 15 % below the specified value.			

13.3 Breaking tests for fuse-links of a homogeneous series

13.3.1 Characteristics of fuse-links of a homogeneous series

Fuse-links are considered as forming a homogeneous series when their characteristics comply with the following:

- 1) Rated voltage, maximum breaking current and frequency shall be the same.
- 2) All materials shall be the same, including filling material and its grain distribution.

- 3) Toutes les dimensions de l'élément de remplacement sauf la section et le nombre des éléments fusibles sont identiques ainsi que cela est explicité ci-après du point 4 au point 8.
- 4) Dans n'importe lequel des éléments de remplacement, tous les éléments fusibles principaux sont identiques.
- 5) La loi régissant la variation de la section des éléments fusibles individuels le long de ces éléments est la même.
- 6) Toutes les variations en épaisseur, largeur et nombre sont une fonction monotone* 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.
- 7) La variation éventuelle de l'espacement entre les éléments fusibles individuels et de l'espacement entre le ou les éléments fusibles et l'enveloppe est une fonction monotone* du courant assigné.
- 8) Un élément fusible particulier utilisé pour un dispositif indicateur ou un percuteur n'a pas à répondre aux points 5 et 6 ci-dessus, mais doit être le même pour tous les éléments de remplacement.

13.3.2 Conditions d'essai

Dans une série homogène d'éléments de remplacement, il suffit d'effectuer les essais de coupure conformément au tableau 4A.

Les symboles utilisés dans le tableau 4A 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 des éléments fusibles individuels principaux.

* Fonction monotone: fonction qui varie toujours dans le même sens pour une variation de sens donné de la variable.

- 3) All dimensions of the fuse-link except the cross-section and the number of fuse-element(s) as detailed below from items 4 to 8 shall be the same.
- 4) In any fuse-link, all the main fuse-elements shall be identical.
- 5) The law governing the variation of the cross-section of individual fuse-elements along their length shall be the same.
- 6) All variations in thickness, width and number shall be monotonous* 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.
- 7) The variation in distance, if any, between individual fuse-elements and that in distance, if any, between fuse-element(s) and fuse-barrel shall be monotonous* with respect to the rated current.
- 8) A special fuse-element used for an indicator or striker is exempt from items 5 and 6 above, but this element shall be the same for all the fuse-links.

13.3.2 Test requirements

In a homogeneous series of fuse-links, breaking tests need only be made in accordance with table 4A.

Symbols in table 4 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 the individual main fuse-elements.

* Monotonous function: a function continually varying in the same direction for a given direction of the variable.

Tableau 4A

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

NOTES

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

2 L'élément de remplacement du plus petit courant assigné comprendra au moins deux éléments fusibles individuels principaux en plus de l'élément éventuel utilisé pour le fonctionnement du perceur.

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

4 Cet essai n'est exigé que si le rapport I_3/s de l'un quelconque des éléments de remplacement de toute la série homogène 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 doit être choisi pour la suite d'essais 3.

13.3.3 Interprétation des essais de coupure

Si les essais effectués selon le tableau 4A donnent les résultats conformes aux prescriptions de 7.2.3, les éléments de remplacement d'un courant assigné quelconque, dans la série de construction homogène, sont 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 7.2.3 au cours d'une ou de plusieurs séries d'essais, cet élément est 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.

13.4 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:

Table 4A

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
NOTES 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. 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. 3 This test is only required where the cross-section of individual elements is less than that for fuse-link C. 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 shall be selected for test duty 3.			

13.3.3 Interpretation of breaking tests

If the results of tests made according to table 4A meet the requirements of 7.2.3, 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 7.2.3 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.

13.4 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:

- 1) La tension assignée U_Z est inférieure ou égale à $2 U_X$.
- 2) Les courants assignés de Y sont dans la limite des courants assignés communs aux séries X et Z déjà essayées.
- 3) 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 .
- 4) 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 .
- 5) Les fréquences assignées sont les mêmes.
- 6) Tous les matériaux sont identiques.
- 7) Toutes les dimensions sauf la longueur de l'élément de remplacement et celle des éléments fusibles sont identiques.
- 8) 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.
- 9) La longueur des éléments fusibles est déduite de celle des éléments déjà essayés, par interpolation linéaire en fonction de la tension assignée.

13.5 *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 13.2 et 13.3 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 13.3.1 sauf la longueur de l'enveloppe.
- c) Le courant assigné maximal de la 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.

- 1) The rated voltage U_Z is not greater than $2 U_X$.
- 2) The current ratings of Y are not outside the range of current ratings common to series X and Z already tested.
- 3) 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 .
- 4) 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 .
- 5) The rated frequencies are the same.
- 6) All materials are the same.
- 7) All dimensions except the length of the fuse-links and fuse-elements are the same.
- 8) 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.
- 9) The length of the fuse-elements is linearly interpolated with respect to the voltage ratings already tested.

13.5 *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 13.2 and 13.3 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 13.3.1 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.

14 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant

14.1 Règles d'essais

Les règles d'essais sont celles spécifiées à l'article 10, ainsi que les suivantes.

14.1.1 Température de l'air ambiant

La caractéristique temps-courant est vérifiée à une température de l'air ambiant quelconque comprise entre 15 °C et 30 °C.

Au début de chaque essai, le fusible est approximativement à la température de l'air ambiant.

14.1.2 Disposition de l'appareil

Les essais sont faits avec la même disposition de l'appareil que pour les essais d'échauffement, voir 12.1.2, s'ils sont effectués séparément ou avec la disposition utilisée pour les essais de coupure, voir 13.1.4.

14.2 Méthode d'essai

Les essais de vérification de la caractéristique temps-courant sont effectués comme suit.

14.2.1 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.

14.2.2 Zone de temps

Les essais sont faits dans les zones de temps suivantes:

- fusibles associés: de 0,01 s à 600 s
- fusibles d'usage général: de 0,01 s à 1 h.

14.2.3 Mesurage du courant

Le courant traversant le fusible durant ces essais est mesuré au moyen d'un ampèremètre, d'un oscillographe ou de tout autre instrument convenable.

14.2.4 Mesurage de temps

Lorsque les temps sont enregistrés par un oscillographe, les durées de préarc sont soit des durées virtuelles soit des durées réelles en indiquant la méthode choisie.

14 Tests for time-current characteristics

14.1 Test practice

Time-current test practices shall be as specified in clause 10 and as follows.

14.1.1 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.

14.1.2 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 12.1.2, or for the breaking tests, see 13.1.4.

14.2 Test procedures

Time-current tests shall be conducted as follows.

14.2.1 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.

14.2.2 Time range

Tests shall be made in the following time ranges:

- Back-Up fuses: from 0,01 s to 600 s
- General Purpose fuses: from 0,01 s to 1 h.

14.2.3 Measurement of current

The current through the fuse during time-current tests shall be measured by ammeter, oscillograph or other suitable instrument.

14.2.4 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.

15 Essais d'étanchéité à l'huile

Les éléments de remplacement des fusibles limiteurs de courant conçus pour être immergés dans l'huile sont 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 est 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 est alors 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 est 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.

16 Essais des percuteurs

16.1 Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier que le percuteur est capable de fournir l'énergie spécifiée dans le tableau 12 même dans les conditions de service qui impliquent de faibles valeurs de courant ou de tension. Les essais du 16.3 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 16.4.1). 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 12) est vérifié après les essais de fonctionnement.

16.2 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 plusieurs gammes données d'éléments de remplacement, il suffit de faire les essais sur un élément de remplacement de tension assignée quelconque pour

* Les systèmes de percussion, le matériau du fil résistant et sa section doivent être identiques dans tous les cas, seule la longueur du fil résistant peut varier.

15 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 of highest power dissipation is sufficient.

The fuse-link shall be immersed in insulating oil under a pressure of $7 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ (10 lbs/in²). 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 the two-hour test period.

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.

16 Tests of strikers

16.1 General

These tests are intended to verify that the striker is able to deliver the specified energy in table 12 even under service conditions which involve low values of current or voltage. The tests in 16.3 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 16.4.1). 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 12) shall be tested after the operation tests.

16.2 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 common* to a given range (or ranges) of fuse-links, it is only necessary to perform the tests on one fuse-link of any voltage rating in order to prove the striker performance for the whole range

* The striker devices, the material and the cross-section of the resistance wire shall be identical in all cases, only the length of the resistance wire may vary.

s'assurer du fonctionnement des percuteurs dans toute la ou toutes les gamme(s). 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.

16.3 Essais de fonctionnement

16.3.1 Les éléments de remplacement utilisés pour les essais de percuteurs sont tout d'abord 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.

16.3.2 Les essais a) et b) sont ensuite exécutés sans retard intentionnel sur ces éléments de remplacement dont les éléments fusibles principaux sont fondus:

Essai a): Courant d'essai: $\leq 10 \text{ A}$
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 sont 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 sont essayés.

16.4 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 18.13, tableau 12.

Pour l'essai b), la durée de la course mesurée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le tableau 12.

16.4.1 Essai relatif à l'énergie

Lorsque l'énergie est mesurée à partir de la caractéristique effort-course, ce mesurage est 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 sont mesurés sur un échantillon et l'énergie calculée à partir de la formule:

$$\text{énergie (J)} = \frac{(\vec{F}_A + \vec{F}_B) \times AB}{2\,000}$$

où F_A et F_B sont exprimés en newtons et AB en millimètres.

(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.

16.3 Operation tests

16.3.1 The fuse-links used for the striker tests shall first be placed in a low-voltage circuit and a current applied such 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.

16.3.2 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.

16.4 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 18.13, table 12.

For test b) the duration of travel shall be measured and shall not exceed the value specified in table 12.

16.4.1 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 formula:

$$\text{energy (J)} = \frac{(\vec{F}_A + \vec{F}_B) \times AB}{2\,000}$$

where F_A and F_B are expressed in newtons and AB in millimetres.

Lorsque l'énergie est mesurée au moyen d'un pendule, ce mesurage est 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/R 442, 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 N · m (4 J) pour essayer les percuteurs moyens et forts, et les machines du type 0,5 N · 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 frappe le marteau au repos sur sa surface plane. La trajectoire du percuteur passe par le centre de percussion de la machine et est perpendiculaire à un plan défini par ce centre de percussion et par l'axe d'oscillation du pendule.

16.4.2 Essai relatif à l'effort de maintien

Pour les percuteurs des types moyen et fort, l'effort de maintien est 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.)

Section 5: Essais spéciaux

17 Conditions d'exécution des essais

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 sont répétés que si la construction est modifiée de façon qu'elle puisse modifier également le bon comportement.

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 sont effectués suivant les règles spécifiées à l'article 10 et comme suit.

17.1 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:

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/R 442 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.

16.4.2 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 in applying in the axis of the striker a static force equal to the rated minimum withstand force and in checking that its residual travel is not smaller than the specified minimum actual travel OB. (See figure 12.)

Section 5: Special tests

17 Conditions for making the 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 the behaviour.

For convenience of testing, and with the previous consent of the manufacturer, the values prescribed for the tests, particularly the tolerances, can be so changed as to make the test conditions more severe.

Unless otherwise specified, the tests shall be made according to the test practices specified in clause 10 and as follows.

17.1 Limit 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:

- 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.

Les résultats de tous ces essais sont consignés dans des certificats d'essai contenant les indications nécessaires pour démontrer la conformité à cette norme.

17.1.1 *Essais de résistance aux variations brusques de température*

17.1.1.1 *Echantillon*

Le socle est tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement en 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.

17.1.1.2 *Disposition de l'appareil*

Le fusible est monté suivant les instructions données par le constructeur et raccordé au circuit d'essai par des conducteurs en cuivre nu ayant les dimensions spécifiées en 12.1.2, tableau 3.

17.1.1.3 *Méthode d'essai*

Le fusible est parcouru pendant 1 h par un courant de valeur déterminée par accord entre constructeur et 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 par minute. Cette aspersion dure 1 min tandis que le courant d'essai est maintenu.

Le fusible ne doit présenter aucun signe visible extérieur de détérioration.

17.1.2 *Essais de puissance dissipée pour les fusibles dont l'utilisation sous enveloppes n'est pas prévue*

Ces essais sont à effectuer dans les conditions spécifiées à l'article 12.

17.1.3 *Essais de perturbations radiophoniques*

Aucune prescription actuellement.

17.1.4 *Essai d'étanchéité (pénétration d'humidité)*

17.1.4.1 *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.

- 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.

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

17.1.1 *Thermal shock tests*

17.1.1.1 *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 highest power dissipation is sufficient.

17.1.1.2 *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 12.1.2, table 3.

17.1.1.3 *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 per minute. 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.

17.1.2 *Power-dissipation tests for fuses not intended for use in enclosures*

These tests are to be made under the conditions specified in clause 12.

17.1.3 *Radio influence tests*

No requirements at present.

17.1.4 *Waterproof test (ingress of moisture)*

17.1.4.1 *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 ten times the volume of the test sample.

17.1.4.2 *Echantillon d'essai*

L'échantillon d'essai est un élément de remplacement représentatif de son type. Trois éléments de remplacement doivent être essayés.

17.1.4.3 *Méthode d'essai*

Chaque échantillon (à la température de la salle entre 15 °C et 35 °C) doit être immergé pendant 5_{-1}^{+0} 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.

Section 6: Spécifications concernant les fusibles limiteurs de courant

18 Liste des valeurs assignées et des caractéristiques

a) *Valeurs assignées du socle*

1. Tension assignée (18.1).
2. Courant assigné (18.2).
3. Niveau d'isolement assigné – tensions de tenue à fréquence industrielle à sec et sous pluie et aux ondes de choc (18.6).

b) *Valeurs assignées de l'élément de remplacement*

1. Tension assignée (18.1).
2. Courant assigné (18.3).
3. Courant maximal de coupure assigné (18.3).
4. Fréquence assignée (18.4).
5. Courant minimal de coupure assigné pour fusibles associés (18.5).
6. TTR assignée (18.12).

c) *Caractéristiques du fusible*

1. Limites d'échauffement (18.7).

d) *Caractéristiques de l'élément de remplacement*

1. Classe (18.5).
2. Surtensions de fonctionnement (18.8).
3. Caractéristique temps-courant (18.9).
4. Caractéristique d'amplitude du courant coupé limité (18.10).
5. Caractéristiques I^2t (18.11).
6. Caractéristiques des percuteurs (18.13).

18.1 *Tension assignée*

La tension assignée d'un fusible est choisie, en principe, parmi les tensions indiquées dans le tableau 5.

17.1.4.2 Test sample

The test sample is a fuse-link representative of its type. Three fuse-links shall be tested.

17.1.4.3 Test method

Each test sample (at room temperature between 15 °C and 35 °C) shall be submerged for a time of 5_{-1}^0 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.

Section 6: Specifications for current-limiting fuses

18 List of ratings and characteristics

a) Ratings of the fuse-base

1. Rated voltage (18.1).
2. Rated current (18.2).
3. Rated insulation level (power-frequency, dry, wet and impulse withstand voltages) (18.6).

b) Ratings of the fuse-link

1. Rated voltage (18.1).
2. Rated current (18.3).
3. Rated maximum breaking current (18.3).
4. Rated frequency (18.4).
5. Rated minimum breaking current for Back-Up fuses (18.5).
6. Rated TRV (18.12).

c) Characteristics of the fuse

1. Temperature-rise limits (18.7).

d) Characteristics of the fuse-link

1. Class (18.5).
2. Switching voltages (18.8).
3. Time-current characteristics (18.9).
4. Cut-off characteristics (18.10).
5. I^2t characteristics (18.11).
6. Characteristics of the strikers (18.13).

18.1 Rated voltage

The rated voltage of a fuse should be selected from the voltages given in table 5.

Tableau 5

Série I	Série II
kV	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

18.2 Courant assigné du socle

Le courant assigné du socle est choisi, en principe, parmi les valeurs suivantes:

10 A, 25 A, 63 A, 100 A, 200 A, 400 A, 630 A, 1 000 A

18.3 Courant assigné en ampères et courant maximal de coupure assigné de l'élément de remplacement en kiloampères

Le courant assigné et le courant maximal de coupure assigné de l'élément de remplacement sont choisis, en principe, parmi les valeurs de la série R10. Pour des cas spéciaux, des valeurs supplémentaires pour le courant assigné de l'élément de remplacement peuvent être choisies parmi les valeurs 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 par 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 par 10.

18.4 Fréquence assignée

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

18.5 Courant minimal de coupure et classe

Deux classes de fusibles sont admises suivant la zone dans laquelle ils peuvent être utilisés: les fusibles associés et les fusibles d'usage général. (Voir 7.1.1, 7.1.2 et 22.4.)

Le constructeur doit indiquer la classe. Pour les fusibles associés, il doit aussi indiquer le courant minimal de coupure assigné. Dans le cas de fusibles d'usage général, il peut indiquer un courant minimal de coupure.

18.6 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement assigné d'un socle est choisi dans les tableaux 6 et 7.

- Le tableau 6 est basé sur la pratique en Europe et les conditions normales de référence pour la température, la pression et l'humidité sont 20 °C, 760 mm de mercure et 11 g/m³ d'eau.

Table 5

Series I	Series II
kV	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

18.2 Rated current of the fuse-base

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

18.3 Rated current in amperes and rated maximum breaking current of the fuse-link in kiloamperes

The rated current and the rated maximum breaking current 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 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.

18.4 Rated frequency

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

18.5 Minimum breaking current and class

Two classes of fuses are recognized according to the range in which they can be used: Back-Up fuses and General Purpose fuses. (See 7.1.1, 7.1.2 and 22.4.)

The manufacturer shall indicate the class 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.

18.6 Rated insulation level

The rated insulation level of a fuse-base should be selected from tables 6 and 7.

– Table 6 is based on practice in Europe, and standard reference conditions of temperature pressure and humidity are 20 °C, 760 mm of mercury and 11 g/m³ of water.

– Le tableau 7 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, 760 mm de mercure et 15 g/m³ d'eau.

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

Tableau 6 – (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)	
	Liste 1 kV (valeur de crête)		Liste 2 kV (valeur de crête)		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)	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 7 – (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.

- Table 7 is based on practice in the U.S.A. and Canada where standard reference conditions of temperature, pressure and humidity are 25 °C, 760 mm of mercury and 15 g/m³ of water.

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

Table 6 – (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)	
	List 1 kV (peak)		List 2 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)	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 7 – (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.

18.7 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 8 soient dépassées.

NOTE – Pour les fusibles utilisés dans des enveloppes, voir section 7, paragraphe 22.2.

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

- a) pour les contacts boulonnés et les bornes, ceux de l'élément pour lequel le tableau 8 autorise les valeurs les plus élevées;
- b) pour les contacts élastiques, ceux de l'élément pour lequel le tableau 8 autorise les valeurs les plus basses.

18.7 *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 8.

NOTE – For fuses used in enclosures, see section 7, subclause 22.2.

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 8;
- b) for spring-loaded contacts, those of the component having the lowest values permitted in table 8.

Tableau 8 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux

Nature du matériau ou de l'élément	Valeur maximale de	
	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 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
– recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	105	65
– recouverts 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* 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
NOTES 1 Si le constructeur utilise d'autres métaux de protection que ceux indiqués dans le tableau 8, les propriétés de ces métaux seront prises en considération. 2 La température ou l'échauffement ne devra pas atteindre une valeur telle que l'élasticité du métal soit modifiée. 3 Limitée seulement par la nécessité de ne pas provoquer de détérioration des pièces environnantes. 4 A la partie supérieure de l'huile. 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. * Classes conformément à la CEI 85.		

Table 8 – 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 and 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:		
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

NOTES

1 If the manufacturer uses coatings other than those indicated in table 8, the properties of these materials should be taken into consideration.

2 The temperature or the temperature-rise should not reach such a value that the elasticity of the metal is impaired.

3 Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts.

4 At the upper part of the oil.

5 Special consideration should be given when low-flash-point oil is used in regard to vaporization and oxidation.

* Classes according to IEC 85.

18.8 Surtensions de fonctionnement

Sur demande, le constructeur doit indiquer la valeur maximale des surtensions de fonctionnement telles qu'elles sont mesurées lors des essais de coupure (article 13).

Les valeurs de surtension en cours de fonctionnement pour les suites d'essais 1, 2 et 3 ne doivent pas dépasser celles données dans les tableaux 9 et 9A.

Tableau 9 – 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	9
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 9A – 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	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement	Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement
kV	kV	kV	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	22-25,8	117
		27	123
		38	173

NOTES

1 Pour les matériels de tensions assignées de la série I, les surtensions de fonctionnement spécifiées au tableau 9A ne sont admissibles que pour les tensions de tenue assignées aux chocs de foudre de la liste 2 (voir 18.6).

2 Les valeurs des surtensions de fonctionnement peuvent dépasser les limites données au tableau 9 pour une durée n'excédant pas 200 μ s mais ne doivent pas dépasser les limites données au tableau 9A (voir figure 13).

18.8 Switching-voltages

On request, the manufacturer shall indicate the maximum value of the switching-voltages as determined in the breaking tests (clause 13).

The value of switching-voltages during operation in test duties 1, 2 and 3 shall not exceed those given in tables 9 and 9A.

Table 9 – 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	9
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

Table 9A – 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	22-25,8	117
		27	123
		38	173

NOTES

1 For equipment with rated voltages of series I, switching-voltages specified in table 9A are permissible for associated rated lightning impulse withstand voltages of List 2 only (see 18.6).

2 The switching-voltage values may exceed the limits given in table 9 for a duration not exceeding 200 μ s but shall not exceed the limits given in table 9A (see figure 13).

18.9 Caractéristiques temps-courant

Le constructeur doit fournir des courbes déterminées à partir des résultats obtenus lors des essais de vérification de la caractéristique temps-courant spécifiés en 14.2.

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

Des échelles logarithmiques sont utilisées sur chacun des axes de coordonnées. Les bases des échelles logarithmiques (dimensions d'une décade) sont 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 présentation est faite sur une feuille de format normalisé A3 ou A4 ou suivant la norme des Etats-Unis.

Les dimensions des décades sont 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 relations 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 en 14.2.2. 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.

18.10 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 à l'article 13.

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

18.11 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 correspondent aux valeurs les plus élevées susceptibles d'être rencontrées en service. Ces valeurs se réfèrent 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.

18.9 Time-current characteristics

The manufacturer shall make available curves from the data determined by the time-current characteristics type tests specified in 14.2.

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

Logarithmic scales shall be used on both co-ordinate 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 U.S.A., 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 U.S.A. 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 to use wherever possible the values 2,8 and 5,6.

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 $\pm 20\%$. 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 14.2.2. 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.

18.10 Cut-off characteristics

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 clause 13.

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

18.11 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.

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 18.9.

Les valeurs de I^2t déterminées à partir des essais de type de coupure, spécifiés à l'article 13, ne doivent pas être supérieures (pour I^2t de fonctionnement) ou inférieures (pour I^2t de préarc) aux valeurs fixées par le constructeur.

Les valeurs normales de la TTR assignée pour les fusibles sont données dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard *	Tension **	Temps ***	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

$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$
 $* t_d = 0,15 t_3$

$** u' = 1/3 u_c$
 $*** t' = (0,15 + 1/3) t_3$
} pour $U_r < 52$ kV

$* t_d = 0,05 t_3$
 $*** t' = (0,05 + 1/3) t_3$
} pour $U_r \geq 52$ kV

Tableau 11

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard *	Tension **	Temps ***	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	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.

Dans les réseaux monophasés ou lorsque des fusibles sont destinés à des installations où l'on peut rencontrer des conditions plus sévères, les valeurs font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

La tension transitoire de rétablissement assignée, correspondant au courant maximal de coupure assigné, est utilisée pour les essais au pouvoir de coupure assigné moyennant la dérogation admise en 13.1.2.1. Pour les essais effectués à des valeurs inférieures au courant maximal de coupure assigné, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir paragraphe 13.1.2.2).

18.13 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 12.

Table 11

Rated voltage	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage	Time co-ordinate	Time delay *	Voltage co-ordinate **	Time co-ordinate ***	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
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$ $u' = 1/3 u_c$ $* t_d = 0,15 t_3$ $*** t' = (0,15 + 1/3) t_3$ } for $U_r \leq 48,3$ kV $* t_d = 0,05 t_3$ $*** t' = (0,05 + 1/3) t_3$ } for $U_r > 48,3$ kV						

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 13.1.2.1. For testing at rated maximum breaking current less than the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see 13.1.2.2).

18.13 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 12.

Tableau 12

Type		Caractéristiques mécaniques					
	Energie	Valeurs de la		Course réelle		Effort minimal de maintien	Durée maximale de la course (voir note)
		Course libre (OA)*	Course additionnelle pendant laquelle l'énergie doit être fournie (AB)*	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

* Voir figure 12.

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.

19 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 pourront 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;
- courant minimal de coupure assigné (pour fusibles associés seulement);
- type du percuteur (léger, moyen ou fort) s'il existe;
- emplacement du percuteur (s'il y a lieu).

S'il y a lieu, on indique 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.

Table 12

Type	Mechanical characteristics						
	Energy	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)*	Min. (OB)*	Max. (OC)*		
		J	mm	mm	mm		
Light	$0,3 \pm 0,25$	2	8	10	30	Not applicable	100
Medium	$1 \pm 0,5$	4	16	20	40	20	100
Heavy	2 ± 1	4	6	10	16	40	100
* See figure 12. 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.							

19 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;
- rated minimum breaking current (for Back-Up fuses only);
- 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.

Section 7: Guide d'application

20 Objet

L'objet de cette section 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.

21 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 les constructeurs de fusibles et d'appareillage. Pour les combinés interrupteurs-fusibles, voir la CEI 420.

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.

22 Utilisation

22.1 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.

Section 7: Application guide

20 Object

The object of this section is to present suggestions on application, operation and maintenance as an aid in obtaining satisfactory performance with high-voltage current-limiting fuses.

21 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 the correctness of the application and the attention it receives after it is installed. If 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, e.g. shocks, vibrations, 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 manufacturers of the fuses and the switchgear. For switch-fuse combinations see IEC 420.

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.

22 Application

22.1 Mounting

Fuses should be installed in accordance with the manufacturer's instructions. For multi-pole 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.

22.2 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 l'article 12 de la présente norme en effectuant un essai monophasé 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 8 de la présente norme n'ont pas été dépassés.

Ceci 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 787. 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):

22.2 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) co-ordination 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 clause 12 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 operating 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 any fuse-link will remain satisfactory in service merely because the maximum allowable temperature rises as detailed in table 8 of this standard have not been exceeded.

This particularly applies in the case of lower rated currents and may also apply to the highest 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 787. 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) 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
- d) Effet du refroidissement forcé

Un mauvais choix du courant assigné de l'élément de remplacement peut produire:

- a) La détérioration des éléments fusibles
- b) La détérioration des contacts
- c) La détérioration de l'enveloppe

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 787) 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 surintensité 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.

22.3 *Choix du socle ou de l'ensemble porteur*

La puissance dissipable d'un socle ou d'un ensemble porteur, 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 ou cet ensemble porteur.

22.4 *Choix selon la classe (voir 7.1) 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:

- a) Eléments de remplacement utilisés dans des combinés interrupteurs-fusibles conformes à la CEI 420.

Il suffit que le courant minimal de coupure soit assez faible pour assurer une coordination correcte avec l'interrupteur du combiné (voir CEI 420). Des fusibles associés sont généralement utilisés pour cette application.

- 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:

- a) Deterioration of the fuse-link element
- b) Deterioration of contacts
- c) Deterioration of the enclosure

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 787), 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.

22.3 *Selection of the fuse-base or fuse-holder*

The power acceptance of the fuse-base or fuse-holder, 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 or that fuse-holder.

22.4 *Selection according to class (see 7.1) 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.

- a) Fuse-links used in switch-fuse combinations conforming with IEC 420.

Minimum breaking current need only be low enough to ensure correct coordination with the switch of the combination (see IEC 420). Back-Up fuses are generally used for this application.

b) Eléments de remplacement utilisés comme seule protection de circuits de distribution ou comprenant des transformateurs (voir CEI 787).

i) 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 4 et 8 fois le courant assigné du transformateur.

ii) Pour les applications dans lesquelles l'expérience indique qu'il est possible que des courants de défaut de très faible valeur peuvent apparaître sur le réseau, il convient que le fusible ait un courant minimal de coupure aussi bas que possible, donc d'utiliser pour de telles applications des fusibles d'usage général. L'idéal serait que la valeur du courant minimal de coupure assigné soit au moins aussi faible que le plus petit courant susceptible de faire fondre l'élément de remplacement lorsque celui-ci est placé dans une enveloppe comme en service. Le courant minimal de coupure serait ainsi très proche du courant assigné de l'élément de remplacement à l'air libre. Pour de telles applications, le type de fusible d'usage général connu sous le nom de fusible à coupure intégrale peut convenir.

c) Eléments 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.

d) Eléments 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 644.

e) Eléments 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 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 549.

22.5 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, la tension assignée de l'élément de remplacement doit être, en principe, au moins égale à la tension entre phases la plus élevée;

b) Fuse-links used as sole protection for transformer or distribution circuits. (See IEC 787.)

i) 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 application would be in the range 4 to 8 times the transformer rated current.

ii) For applications where experience indicates that there is a possibility of very low values of fault current occurring on the system, then the fuse should have a minimum breaking current which is as low as possible. General Purpose fuses should thus be used for such applications. Ideally, the value of rated minimum breaking current should be at least as low as the smallest current likely to cause the fuse-link to melt when it is placed in its enclosure as in service. Minimum breaking current should thus be nearly the same value as the fuse-link rated current in free air. For such purposes, the type of General Purpose fuse known as the Full-Range fuse may be appropriate.

c) 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.

d) Fuse-links used for motor circuit protection.

In general, 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 644.

e) Fuse-links used for capacitor protection.

In the case of fuse-links 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 549.

22.5 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;

- s'il est utilisé sur un réseau monophasé, la tension assignée de l'élément de remplacement doit être 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 faut 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 265-1. 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.

22.6 Choix du niveau d'isolement assigné

Le tableau 6 en 18.6 spécifie deux listes pour les valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre.

Il convient de choisir entre la liste 1 et la liste 2 en considérant le degré d'exposition aux surtension de foudre et de manoeuvre, le mode de mise à la terre du neutre du réseau et, éventuellement, le type d'appareil de protection contre les surtensions.

Le matériel répondant à la liste 1 convient à des installations telles que celles indiquées ci-dessous:

- 1) dans les réseaux et dans les installations industrielles non reliés à des lignes aériennes:
 - a) 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;
 - b) 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.
- 2) 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 μF 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:
 - a) dont 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;
 - b) dont 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.

- 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 265-1. 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.

22.6 Selection of the rated insulation level

Table 6 of 18.6 specifies two lists for the values of the rated lightning impulse withstand voltage.

The choice between lists 1 and 2 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.

Equipment designed according to list 1 is suitable for installations such as the following:

- 1) in system and industrial installations not connected to overhead lines:
 - a) 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;
 - b) 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.
- 2) in systems and industrial installations connected to overhead lines through transformers and where cables or additional capacitors of at least 0,05 μF 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:
 - a) where 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;
 - b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

3) dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés directement à des lignes aériennes:

- a) 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 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;
- b) dont 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 constructeur et utilisateur peut être nécessaire en ce qui concerne les valeurs maximales des surtensions de fonctionnement spécifiées dans le tableau 9 du 18.8.

23 Fonctionnement

23.1 Immobilisation du fusible dans la position de service

Il faut spécialement s'assurer que l'élément de remplacement est soigneusement immobilisé dans la position de service.

23.2 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.

3) in system and industrial installations connected directly to overhead lines:

a) where 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;

b) where 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 maximum switching voltages specified in table 9 of 18.8.

23 Operation

23.1 *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.

23.2 *Replacement of fuse-link*

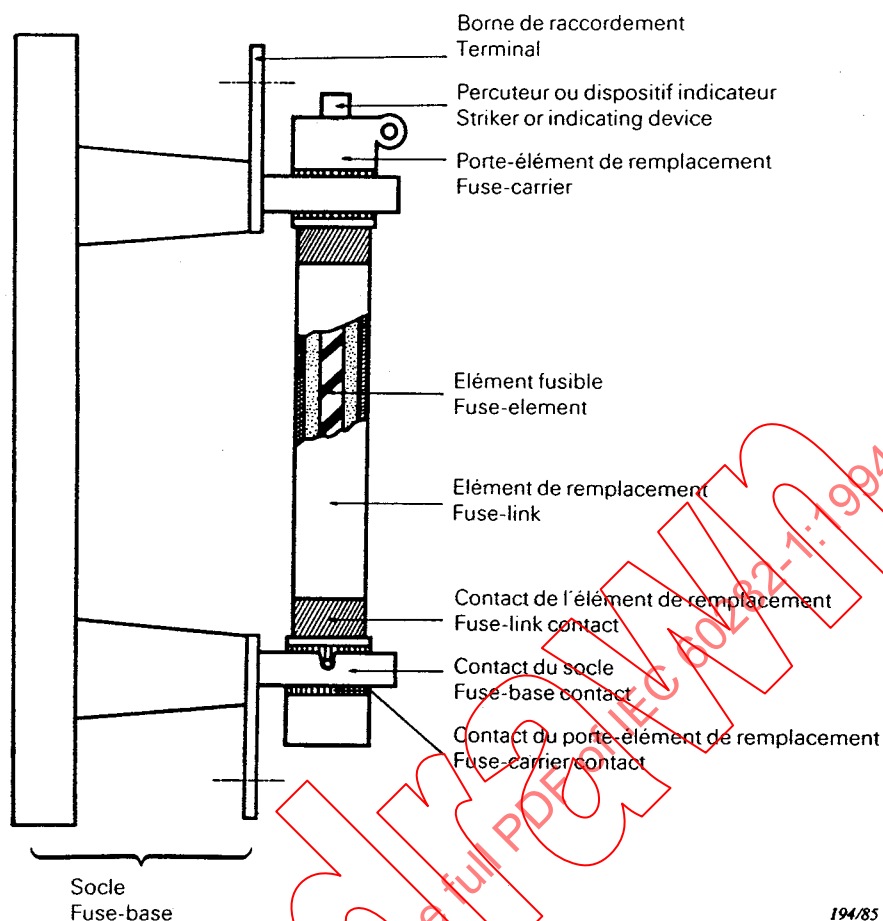
It is advisable to remove and to insert fuse-links off-load.

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.

– Page blanche –

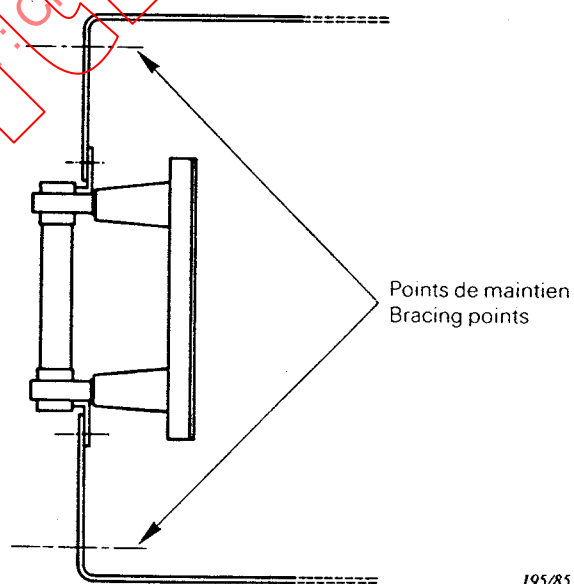
– Blank page –

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:1994



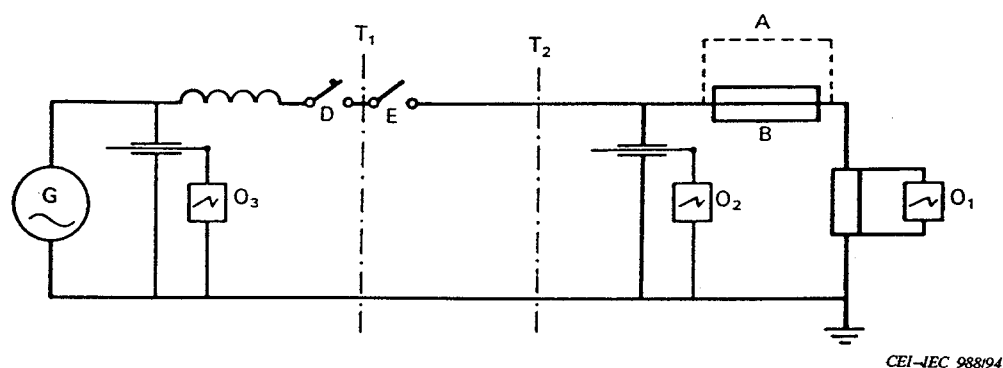
194/85

Figure 1 – Terminologie
Terminology



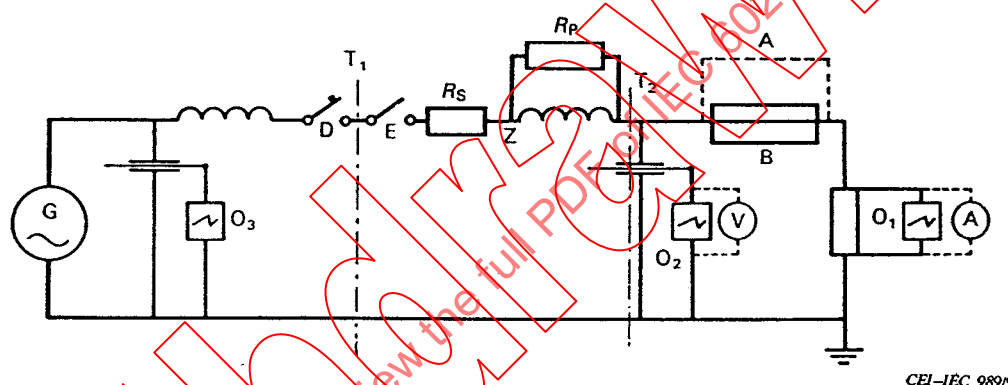
195/85

Figure 2 – Essais de coupure – Disposition de l'appareil
Breaking tests – Arrangement of the equipment



CEI-IEC 988/94

Figure 3 – Essais de coupure – Schéma type pour les essais des suites d'essais 1 et 2
Breaking tests – Typical circuit diagram for test duties 1 and 2



CEI-IEC 989/94

- | | |
|---|--|
| A = connexion amovible utilisée pour l'étalonnage
removable link used for the calibration test | O ₃ = mesure de la tension de référence
reference voltage measurement |
| B = fusible en essai
fuse under test | T ₁ -T ₂ = emplacements possibles du transformateur
possible locations of the transformer |
| D = disjoncteur protégeant la source
circuit-breaker protecting the source | Z = impédance réglable
adjustable impedance |
| E = court-circuiteur
making switch | R _p = résistance parallèle réglable
adjustable parallel resistance |
| O ₁ = mesure du courant
current measurement | R _s = résistance série réglable
adjustable series resistance |
| O ₂ = mesure de la tension de rétablissement
recovery voltage measurement | |

Figure 4 – Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3
Breaking tests – Typical circuit diagram for test duty 3

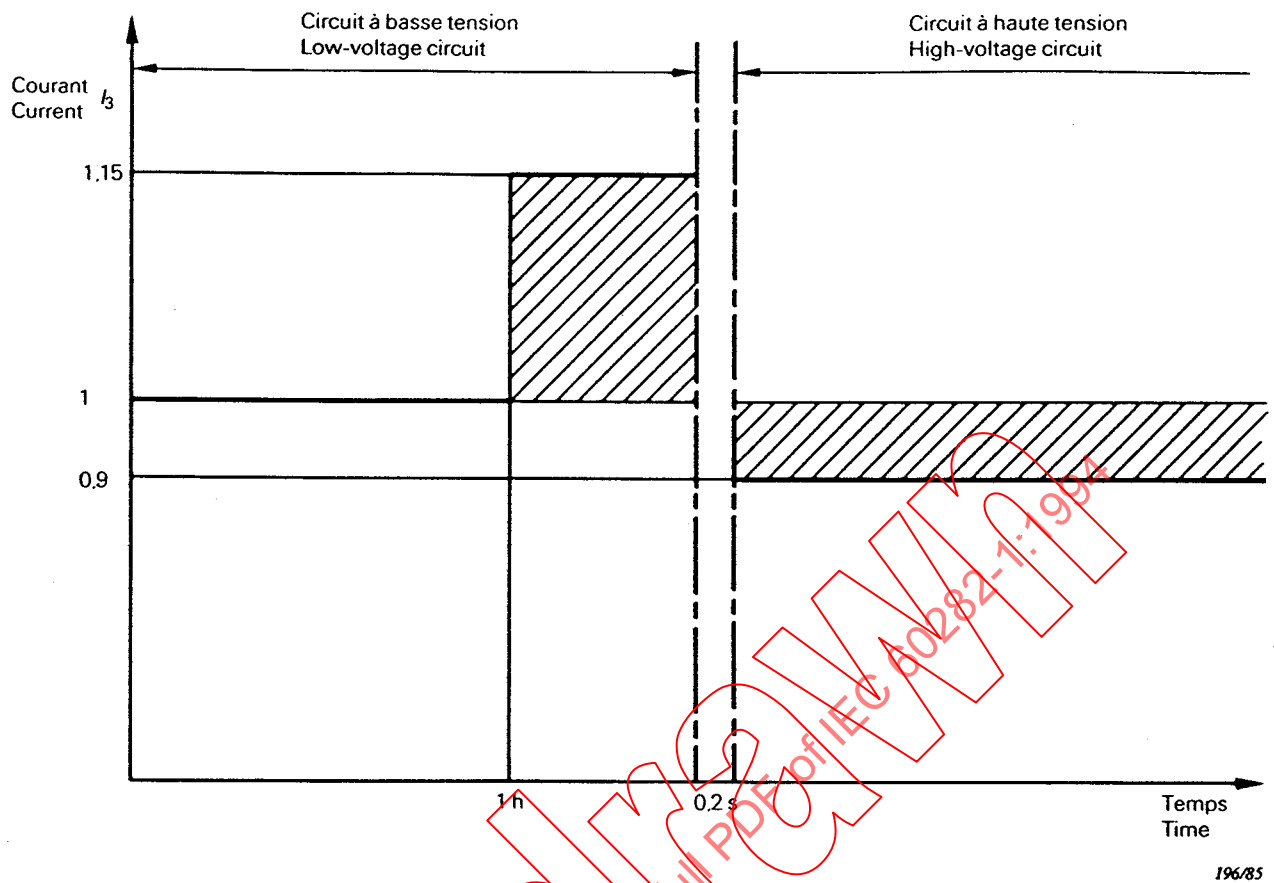


Figure 4a – Suite d'essais 3: variations admissibles du courant pour la méthode d'essai utilisant deux sources d'alimentation
Test duty 3: permissible variations of current for test method using two supply sources

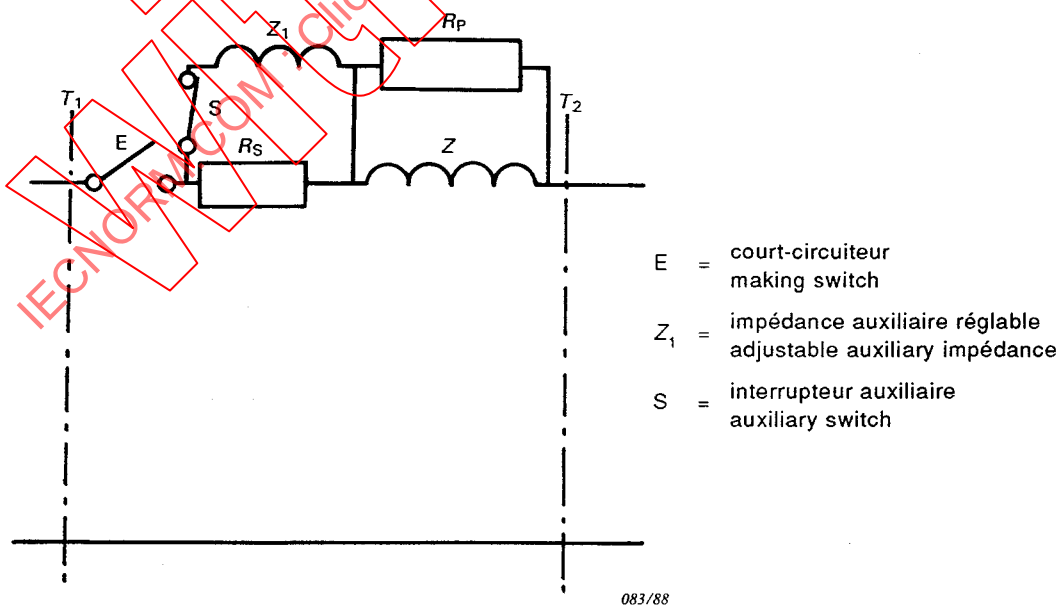


Figure 4b – Essais de coupure – Partie modifiée du schéma représenté à la figure 4, utilisée pour la suite d'essais 3; variante b)
Breaking tests – Modified part of the circuit diagram shown in figure 4, to be used for test duty, alternative b)

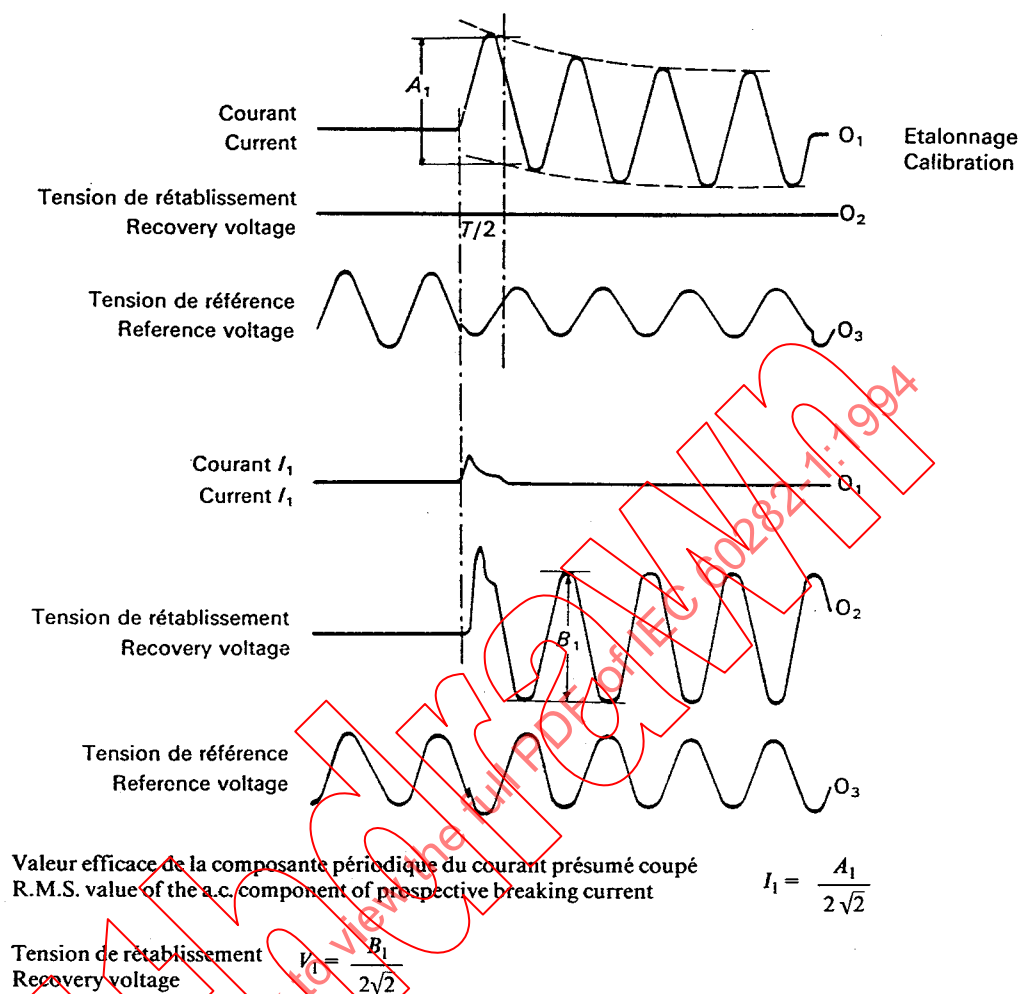
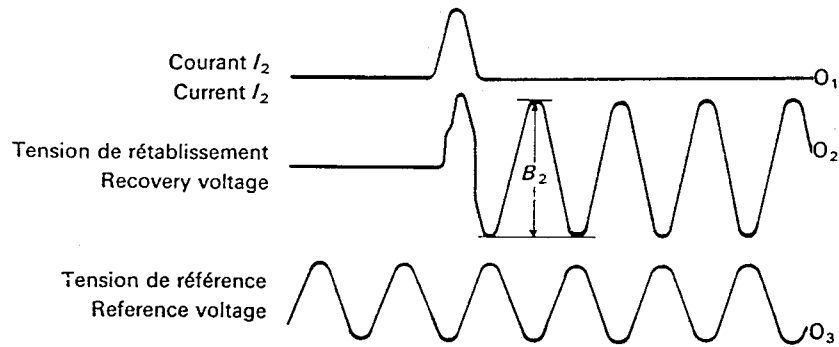


Figure 5 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1

Breaking tests – Interpretation of oscillograms for test duty 1



Valeur efficace de la composante périodique du courant présumé coupé
R.M.S. value of the a.c. component of prospective breaking current

$$I_2 = \frac{A_2}{2\sqrt{2}}$$

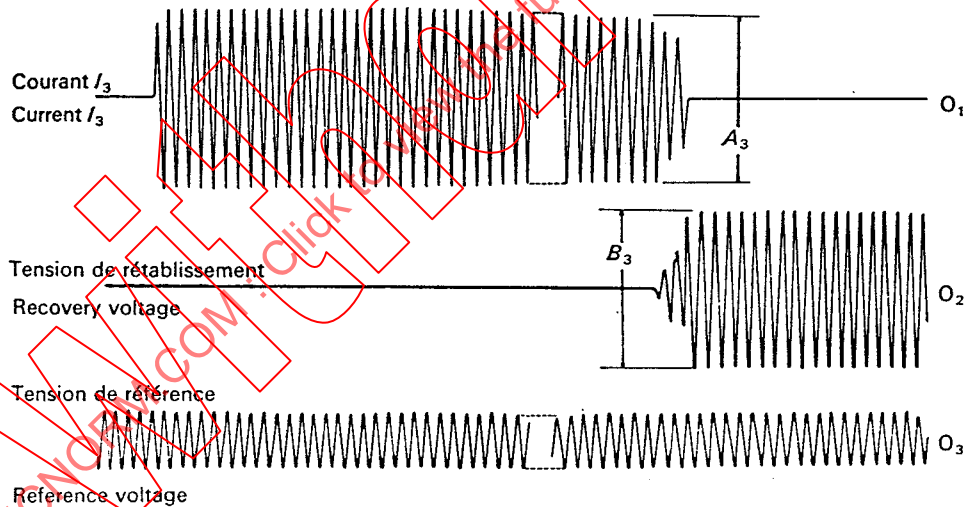
A_2 est mesuré à partir de l'essai d'étalonnage comme A_1
 A_2 is measured from the calibration test as A_1

Tension de rétablissement
Recovery voltage

$$V_2 = \frac{B_2}{2\sqrt{2}}$$

Figure 6 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 2

Breaking tests – Interpretation of oscillograms for test duty 2



Valeur efficace de la composante périodique du courant coupé
R.M.S. values of the a.c. component of breaking current

$$I_3 = \frac{A_3}{2\sqrt{2}}$$

Tension de rétablissement
Recovery voltage

$$V_3 = \frac{B_3}{2\sqrt{2}}$$

Figure 7 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3

Breaking tests – Interpretation of oscillograms of test duty 3

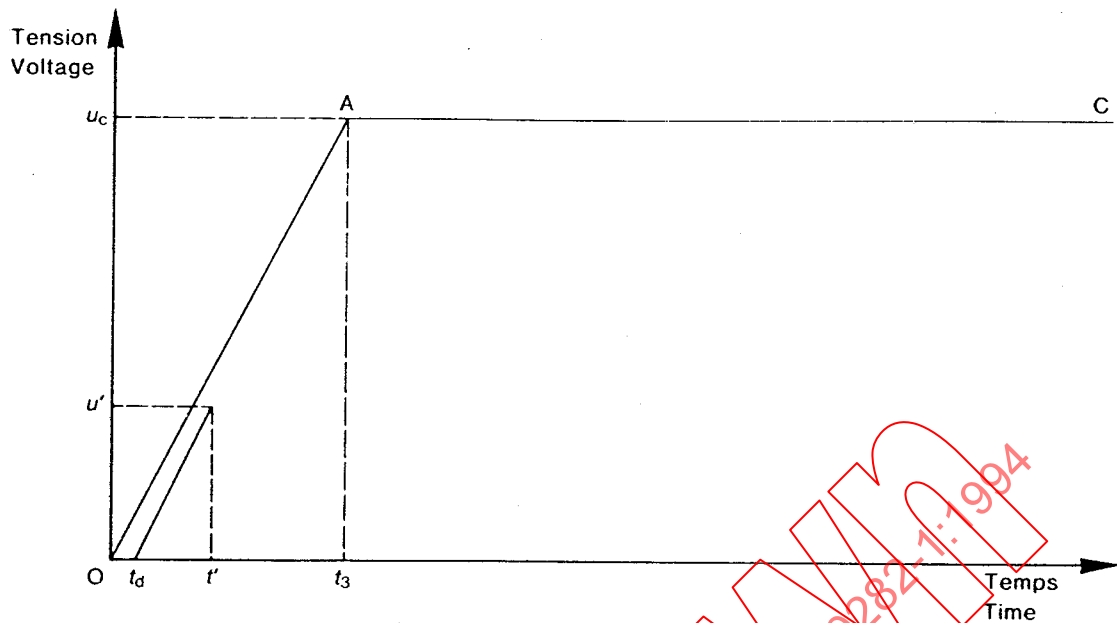


Figure 8 – Représentation d'une T.T.R. spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard
Representation of a specified T.R.V. by a two-parameter reference line and a delay line

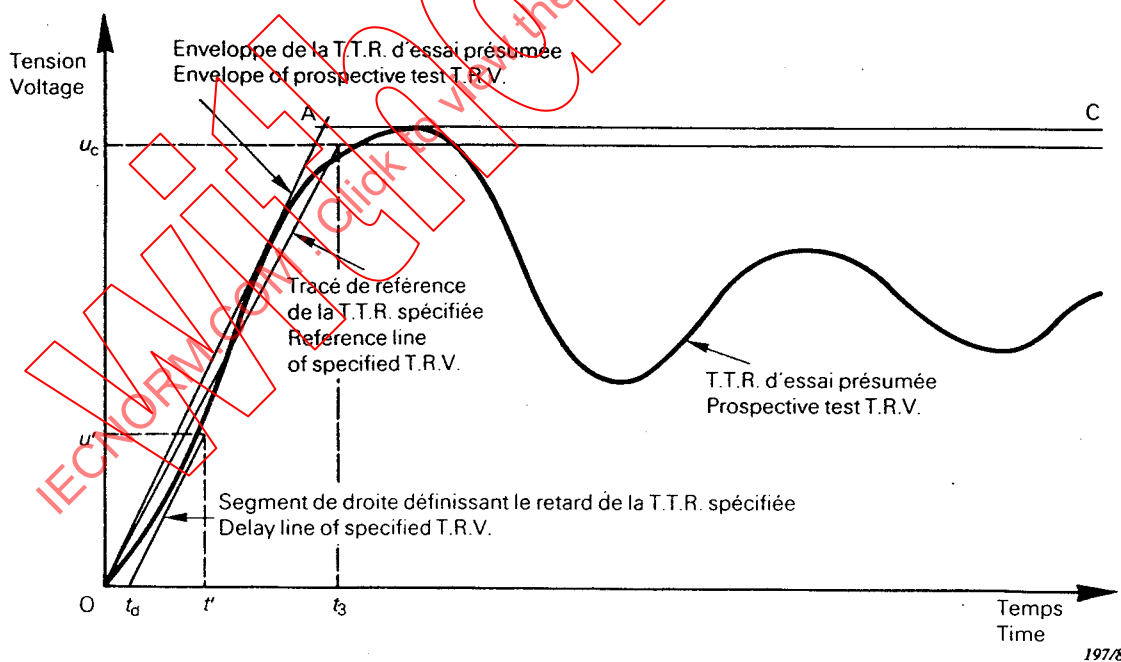


Figure 9 – Exemple d'une T.T.R. d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type
Example of prospective test T.R.V. with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test

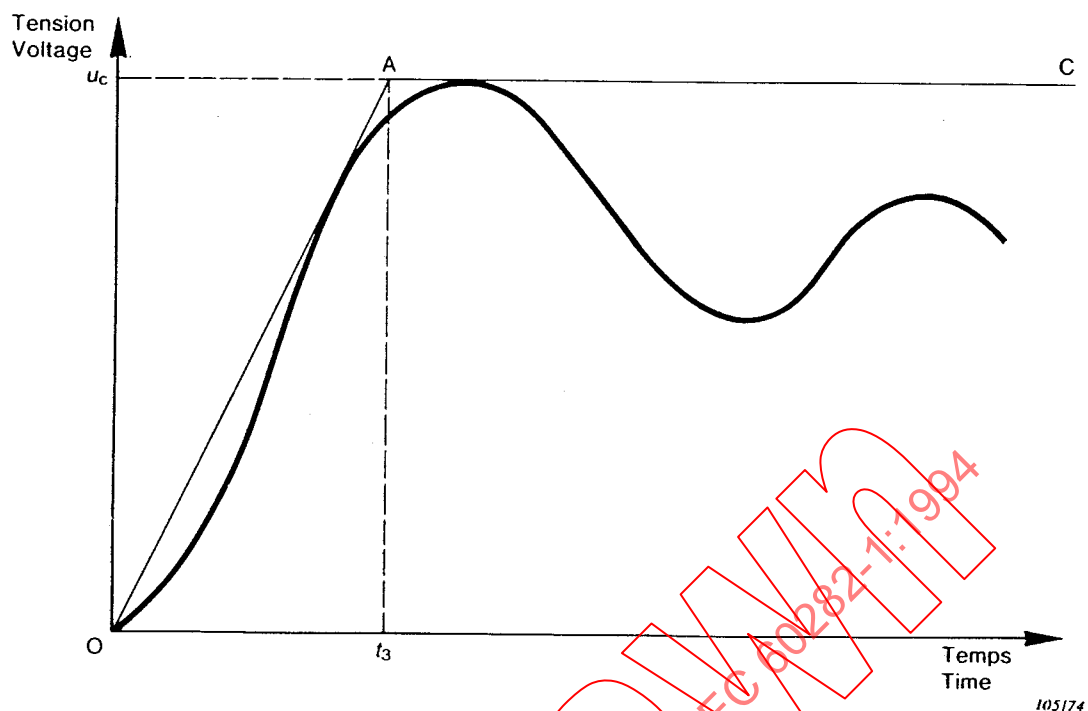


Figure 10 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une T.T.R. dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche
 Example of a two-parameter reference line for a T.R.V. whose initial portion is concave towards the left

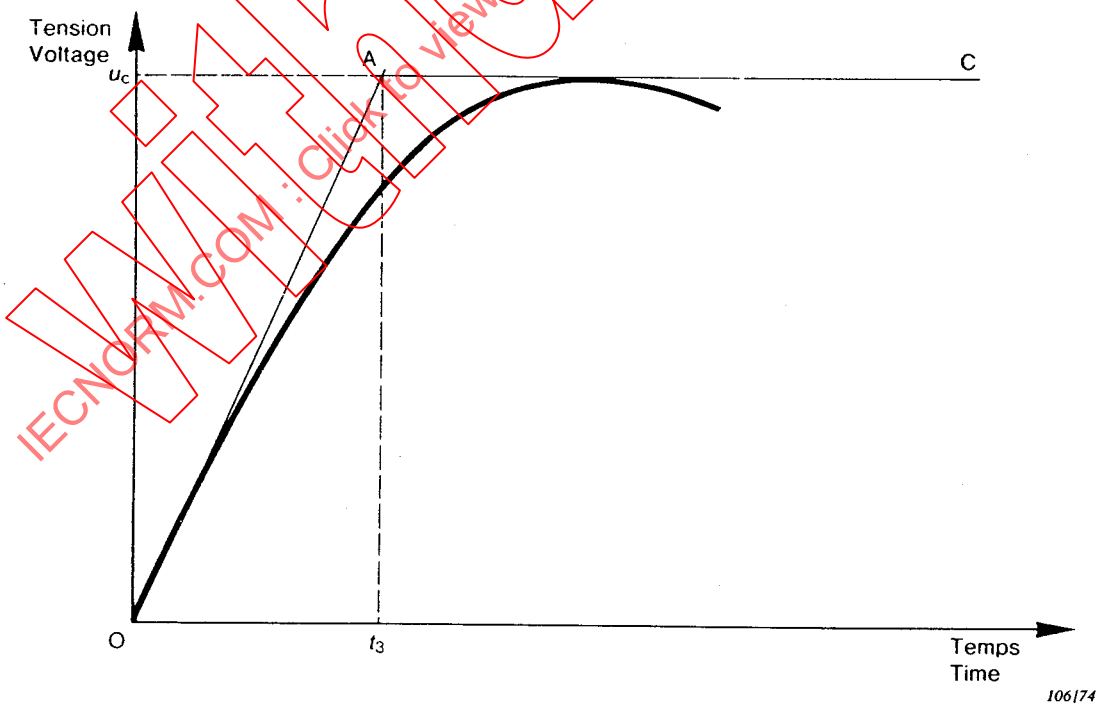
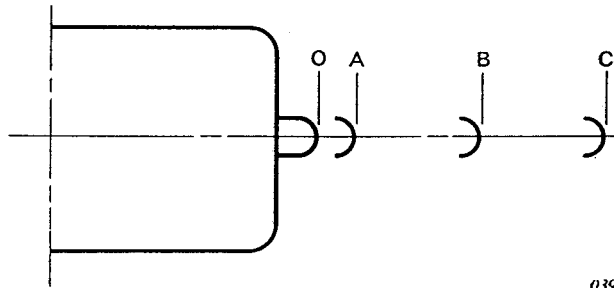


Figure 11 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une T.T.R. de forme exponentielle
 Example of a two-parameter reference line for an exponential T.R.V

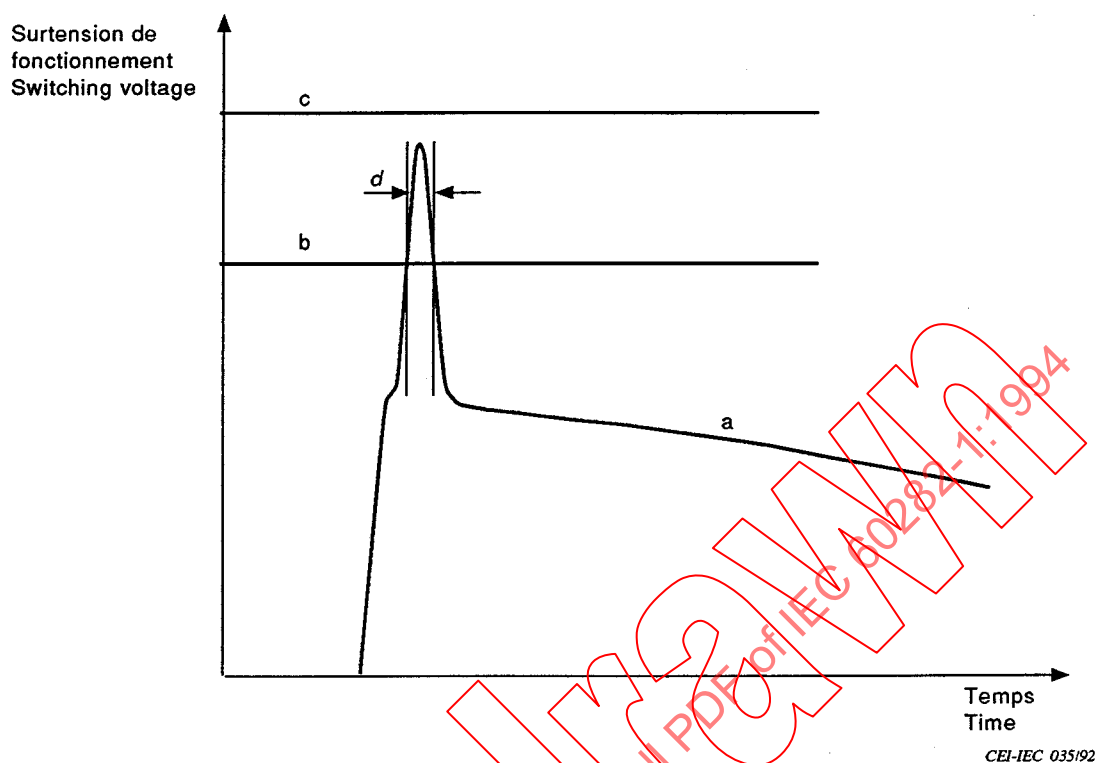


039/80

- OA – Course libre – Pas de niveau d'énergie spécifiée.
- AB – Course additionnelle pendant laquelle l'énergie doit être 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).

- 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 – Les différentes étapes de la course du percuteur
Various stages of the striker travel



- a* = courbe de la surtension de fonctionnement
switching-voltage curve
- b* = limite de la surtension de fonctionnement – Tableau 9
switching-voltage limit – Table 9
- c* = limite de la surtension de fonctionnement – Tableau 9A
switching-voltage limit – Table 9A
- d* = $d \leq 200$ microsecondes
 $d \leq 200$ microseconds

Figure 13 – Limites admissible de la surtension de fonctionnement pour faibles courants assignés (tableau 9A)

Permissible switching-voltages for fuse-links of small current ratings (table 9A)

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. De tels cas seront considérés comme des exceptions et devront, en conséquence, faire 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:

- 1) *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).

- 2) *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 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:

- 1) *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).

- 2) *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 co-ordinates 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

Un fusible à haute tension doit fonctionner de façon satisfaisante dans toutes les conditions de service normales et interrompre le circuit sans provoquer de surtension de coupure trop élevée. C'est pourquoi les essais de coupure spécifiés dans la présente norme devraient autant que possible représenter 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 56. 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. Les essais doivent donc faire 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 4 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 56 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 or by 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 4 of this standard. Since tests at I_3 usually cover the performance at small overload currents, it is only necessary to cover the full 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 is absorbing 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 les spécifications d'essais doivent tenir 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 T.T.R. 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.

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 of 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 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 longer and, since these are imposed on the power-frequency recovery voltage, 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 T.R.V. 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.

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 normales spécifiées dans la CEI 56. 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.

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 56 (voir tableau 3A et 3B). En supposant des oscillations à une seule fréquence, ces valeurs représentent 1/4 à 1/3 des valeurs des fréquences les plus basses spécifiées dans la CEI 56 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 10 et 11.

Suites d'essais 3 – La présente norme ne spécifie pas de caractéristiques de TTR, tandis que le 13.1.2 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.

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 56. 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.

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 56 (see tables 3A and 3B). Assuming single-frequency oscillations, these values represent 1/4 to 1/3 of the lowest frequencies in IEC 56 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 10 and 11.

Test duty 3 – This standard does not specify TRV conditions, instead 13.1.2 specifies that a resistor is to 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.