

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 282-1

Troisième édition – Third edition

1985

Fusibles à haute tension

Première partie, Fusibles limiteurs de courant

High voltage fuses

Part 1: Current-limiting fuses



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés – Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Publié annuellement

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**

Published yearly

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reporterà à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 282-1

Troisième édition – Third edition

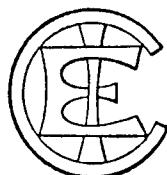
1985

Fusibles à haute tension

Première partie: Fusibles limiteurs de courant

High voltage fuses

Part 1: Current-limiting fuses



© CEI 1985

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 Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Conditions en service normal	8
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
3. Caractéristiques électriques	12
4. Fusibles et leurs éléments constitutifs	16
5. Termes complémentaires	18
SECTION TROIS — CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES ET CONDITIONS NORMALES D'EMPLOI ET DE COMPORTEMENT	
6. Caractéristiques assignées	20
7. Conditions normales d'emploi et de comportement	22
SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE	
8. Conditions d'exécution des essais	26
9. Liste des essais de type	28
10. Règles d'essais communes à tous les essais de type	28
11. Essais diélectriques	28
12. Essais d'échauffement	34
13. Essais de coupure	38
14. Essais de vérification de la caractéristique temps-courant	58
15. Essais d'étanchéité à l'huile	58
16. Essais des percuteurs	60
SECTION CINQ — ESSAIS SPÉCIAUX	
17. Conditions d'exécution des essais	62
SECTION SIX — SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES FUSIBLES LIMITEURS DE COURANT	
18. Liste des valeurs assignées et des caractéristiques	66
19. Indications à porter sur les plaques signalétiques	80
SECTION SEPT — GUIDE D'APPLICATION	
20. Objet	82
21. Généralités	82
22. Utilisation	82
23. Fonctionnement	88

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	9
2. Conditions in normal service	9
SECTION TWO — DEFINITIONS	
3. Electrical characteristics	13
4. Fuses and their component parts	17
5. Additional terms	19
SECTION THREE — RATINGS AND STANDARD CONDITIONS OF USE AND BEHAVIOUR	
6. Ratings	21
7. Standard conditions of use and behaviour	23
SECTION FOUR — TYPE TESTS	
8. Conditions for making the tests	27
9. List of type tests	29
10. Common test practices for all type tests	29
11. Dielectric tests	29
12. Temperature-rise tests	35
13. Breaking tests	39
14. Tests for time-current characteristics	59
15. Oil-tightness tests	59
16. Tests of strikers	61
SECTION FIVE — SPECIAL TESTS	
17. Conditions for making the tests	63
SECTION SIX — SPECIFICATIONS FOR CURRENT-LIMITING FUSES	
18. List of ratings and characteristics	67
19. Identifying markings	81
SECTION SEVEN — APPLICATION GUIDE	
20. Object	83
21. General	83
22. Application	83
23. Operation	89

ANNEXE A — Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs	90
ANNEXE B — Justification du choix des caractéristiques de T.T.R. pour les suites d'essais 1, 2 et 3	92
ANNEXE C — Dispositif recommandé pour les essais d'échauffement des fusibles d'appareillage immersés dans l'huile	98
ANNEXE D — Types et dimensions des éléments de remplacement limiteurs de courant spécifiés dans les normes nationales existantes	100
FIGURES	105

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60282-1:1985

APPENDIX A — Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters	91
APPENDIX B — Reasons which led to the choice of T.R.V. values for test duties 1, 2 and 3 . .	93
APPENDIX C — Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear	99
APPENDIX D — Types and dimensions of current-limiting fuse-links specified in existing national standards	101
FIGURES	105

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60282-1:1985

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES À HAUTE TENSION

Première partie: Fusibles limiteurs de courant

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 32A: Coupe-circuit à fusibles à haute tension, du Comité d'Etudes n° 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

Cette troisième édition remplace la deuxième édition de la Publication 282-1 (1974) de la CEI ainsi que les modifications n° 1 (1975), n° 2 (1978), n° 3 (1980), n° 4 (1981) et n° 5 (1984).

En outre, cette édition inclut le Rapport 282-1A (1978), premier complément, dont le texte constitue l'annexe D à la présente norme. En conséquence, la Publication 282-1A est annulée.

Le texte de cette norme est également issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
32A(BC)59	32A(BC)63		
32A(BC)67	32A(BC)73		
32A(BC)68	32A(BC)74		
32A(BC)69	32A(BC)75		
32A(BC)70	32A(BC)76		
32A(BC)72	32A(BC)78		

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants, mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n° 50(151) (1978): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.

50(441) (1984): Chapitre 441: Appareillage et fusibles.

56: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.

60-1 (1973): Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

60-2 (1973): Deuxième partie: Modalités d'essais.

85 (1984): Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

420 (1973): Combinés interrupteurs-fusibles et combinés disjoncteurs-fusibles à haute tension pour courant alternatif.

Autres publications:

Norme ISO 179 (1982): Plastiques — Détermination de la résistance au choc Charpy des matières rigides.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE FUSES**Part 1: Current-limiting fuses****FOREWORD**

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 32A: High-voltage Fuses, of IEC Technical Committee No. 32: Fuses.

This third edition replaces the second edition of IEC Publication 282-1 (1974) and Amendments No. 1 (1975), No. 2 (1978), No. 3 (1980), No. 4 (1981) and No. 5 (1984).

In addition, this edition includes Report No. 282-1A (1978), first supplement, the text of which forms Appendix D of this standard. Consequently, Publication 282-1A has been cancelled.

The text of this standard is also based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
32A(CO)59	32A(CO)63	32A(CO)64	32A(CO)66
32A(CO)67	32A(CO)73		
32A(CO)68	32A(CO)74		
32A(CO)69	32A(CO)75		
32A(CO)70	32A(CO)76		
32A(CO)72	32A(CO)78		

Further information can be found in the relevant Reports on Voting, indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication Nos. 50(151) (1978): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices.

50(441) (1984): Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses.

56: High-voltage Alternating-current Circuit-breakers.

60-1 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

60-2 (1973): Part 2: Test Procedures.

85 (1984): Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation.

420 (1973): High-voltage Alternating Current Fuse-switch Combinations and Fuse-circuit-breaker Combinations.

Other publications:

ISO Standard 179 (1982): Plastics — Determination of Charpy impact strength of rigid materials.

ISO Recommendation R/442 (1965): Verification of pendulum impact testing machines for testing steels.

FUSIBLES À HAUTE TENSION

Première partie: Fusibles limiteurs de courant

SECTION UN — 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 tensions assignées sont supérieures à 1 000 V.

Certains fusibles sont équipés d'éléments de remplacement pourvus d'un dispositif indicateur ou d'un percuteur. Ces fusibles rentrent dans le domaine d'application de la présente norme, mais le fonctionnement correct du percuteur lié au dispositif d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion est en dehors du domaine d'application de cette norme; voir la Publication 420 de la CEI: Combinés interrupteurs-fusibles et combinés disjoncteurs-fusibles à haute tension pour courant alternatif.

2. Conditions en service normal

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'isolation 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 VI et VII par le facteur de correction approprié indiqué dans la colonne (2) du tableau I.
- 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 I, 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 I.

TABLEAU I

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.

HIGH-VOLTAGE FUSES

Part 1: Current-limiting fuses

SECTION ONE — 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 1000 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 device of the switching device is outside the scope of this standard; see IEC Publication 420: High-voltage Alternating Current Fuse-switch Combinations and Fuse-circuit-breaker Combinations.

2. Conditions in normal service

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 1000 m (3300 ft).

Notes 1. — The rated voltages and insulation levels specified in this standard apply to fuses intended for use at altitudes not exceeding 1000 m (3300 ft). When fuses incorporating external insulation are required for use at altitudes above 1000 m (3300 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 VI and VII by the appropriate correction factor given in column (2) of Table I.
- 2) The fuses may be selected with a rated voltage which, when multiplied by the appropriate correction factor given in column (3) of Table I is not lower than the highest voltage of the system.

For altitudes between 1000 m (3300 ft) and 1500 m (5000 ft) and between 1500 m (5000 ft) and 3000 m (10000 ft), the correction factors can be obtained by linear interpolation between the values in Table I.

TABLE I

Maximum altitude m (ft) (1)	Correction factor for test voltages referred to sea level (2)	Correction factor for rated voltages (3)
1 000 (3 300)	1.0	1.0
1 500 (5 000)	1.05	0.95
3 000 (10 000)	1.25	0.80

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

2. — Le courant assigné ou l'échauffement spécifié dans cette norme peut être corrigé pour des altitudes supérieures à 1000 m en utilisant les facteurs appropriés donnés dans le tableau II, 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 1000 m et 1500 m et entre 1500 m et 3000 m, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire entre les valeurs indiquées dans le tableau II.

TABLEAU II

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.

- Note 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.

Note. — Si les fusibles sont destinés à être utilisés dans des conditions différentes de celles mentionnées ci-dessus aux points a) à h), le constructeur sera consulté.

2. — The rated current or the temperature-rise specified in this standard can be corrected for altitudes exceeding 1000 m (3300 ft) by using appropriate factors given in Table II, columns (2) and (3) respectively. Use one correction factor from columns (2) or (3), but not both, for any one application.

For altitudes between 1000 m (3300 ft) and 1500 m (5000 ft) and between 1500 m (5000 ft) and 3000 m (10000 ft), the correction factors can be obtained by linear interpolation, between the values in Table II.

TABLE II

Maximum altitude m (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.

Besides, 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.

Note. — If the fuses are to be used under conditions different from those mentioned in Items a) to h) above, the manufacturer should be consulted.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

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

3. Caractéristiques électriques

3.1 Valeur assignée (151-04-03)

Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel.

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

3.2 Caractéristiques assignées (151-04-04)

Ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement.

3.3 Courant présumé (*d'un circuit et relatif à un fusible*) (441-17-01)

Courant qui circuleraient dans le circuit si le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable.

Note. — Voir aux paragraphes 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 (441-17-02)

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

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

3.5 Courant coupé présumé (441-17-06)

Courant présumé évalué à l'instant correspondant au début du phénomène de coupure.

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 au paragraphe 13.2.3.

3.6 Courant coupé limité (441-17-12)

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

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 (441-17-08)

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.

3.8 Durée de préarc (441-18-21)

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.

* Publication 50(151) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.

** Publication 50(441) de la CEI: Chapitre 441: Appareillage.

SECTION TWO — DEFINITIONS

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

3. Electrical characteristics

3.1 *Rated value* (151-04-03)

A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment.

Note. — Examples of rated values usually stated for fuses: voltage, current, breaking current.

3.2 *Rating* (151-04-04)

The set of rated values and operating conditions.

3.3 *Prospective current (of a circuit and with respect to a fuse)* (441-17-01)

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

Note. — For the method to evaluate and to express the prospective current, see Sub-clauses 13.2.1 and 13.2.2.

3.4 *Prospective peak current* (441-17-02)

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

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

3.5 *Prospective breaking current* (441-17-06)

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

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 Sub-clause 13.2.3.

3.6 *Cut-off current* (441-17-12)

Let-through current

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

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* (441-17-08)

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-arcning time* (441-18-21)

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.

* Publication 50(151): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices.

** IEC Publication 50(441): Chapter 441: Switchgear and Controlgear.

3.9 Durée d'arc (441-17-37)

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.

3.10 Durée de fonctionnement (441-18-22)

Somme de la durée de préarc et de la durée d'arc.

3.11 I^2t ; intégrale de Joule (441-18-23)

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 (1Ω) 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 à la durée de fonctionnement.

3.13 Caractéristique temps-courant (441-17-13)

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

3.14 Caractéristique de courant coupé limité (441-17-14)

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

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

3.15 Tension de rétablissement (441-17-25)

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

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

3.16 Tension transitoire de rétablissement (abréviation T.T.R.) (441-17-26)

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

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 (441-17-27)

Tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension.

3.9 Arcing time (441-17-37)

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.

3.10 Operating time (441-18-22)

Total clearing time

The sum of the pre-arc time and the arcing time.

3.11 I^2t ; Joule integral (441-18-23)

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-arc I^2t is the I^2t integral extended over the pre-arc 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 (1Ω) 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 the 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-arc time and of operating time.

3.13 Time-current characteristic (441-17-13)

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

3.14 Cut-off (current) characteristic (441-17-14)

Let-through (current) characteristic

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

Note. — In the case of a.c., the values of the cut-off 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 (441-17-25)

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

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

3.16 Transient recovery voltage (abbreviation T.R.V.) (441-17-26)

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

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 (441-17-27)

The recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided.

3.18 *Tension de rétablissement en courant continu en régime établi* (441-17-28)

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.

3.19 *Tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)* (441-17-29)

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

Note. — La définition implique que le fusible, pour lequel la tension transitoire de rétablissement présumée est recherchée, est remplacé par une 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 actuellement.

3.21 *Surtension de fonctionnement – Tension de coupure* (441-18-31)

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

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

3.22 *Courant minimal de coupure* (441-18-29)

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.

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* (441-18-01)

Coupe-circuit à fusibles

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

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* (441-18-02)

Partie fixe d'un fusible munie de contacts et de bornes.

Note. — Le socle comprend tous les éléments assurant l'isolement. (Voir figure 1, page 105.)

3.18 *D.C. steady-state recovery voltage* (441-17-28)

The recovery voltage in a d.c. circuit after the transient voltage phenomena have subsided, expressed by the mean value where ripple is present.

3.19 *Prospective transient recovery voltage (of a circuit)* (441-17-29)

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

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

3.20 *Short-circuit breaking power factor*

No definition at present.

3.21 *Switching voltage* (441-18-31)

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

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

3.22 *Minimum breaking current* (441-18-29)

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.

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* (441-18-01)

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.

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* (441-18-02)*Fuse-mount*

The fixed part of a fuse provided with contacts and terminals.

Note. — The fuse-base comprises all the parts necessary for insulation. (See Figure 1, page 105.)

4.4 *Contact du socle* (441-18-03)

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.)

4.5 *Porte-élément de remplacement* (441-18-13)

Partie amovible d'un fusible destinée à recevoir un élément de remplacement. (Voir figure 1.)

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

4.6 *Contact d'un porte-élément de remplacement* (441-18-05)

Pièce de contact d'un porte-élément de remplacement destinée à être mise en contact avec le contact d'un socle. (Voir figure 1.)

4.7 *Ensemble-porteur* (441-18-14)

Combinaison d'un socle et de son porte-élément de remplacement.

4.8 *Elément de remplacement* (441-18-09)

Partie d'un fusible comportant le ou les éléments fusibles et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible. (Voir figure 1.)

4.9 *Contact d'un élément de remplacement* (441-18-04)

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.)

4.10 *Elément fusible* (441-18-08)

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.)

4.11 *Dispositif indicateur* (441-18-17)

Partie d'un fusible destinée à indiquer si celui-ci a fonctionné. (Voir figure 1.)

4.12 *Percuteur* (441-18-18)

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.

5. *Termes complémentaires*

5.1 *Fusible d'usage général* *

Aucune définition actuellement.

5.2 *Fusible associé* *

Aucune définition actuellement.

5.3 *Elément de remplacement limiteur de courant* (441-18-10)

Elément 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.

* Terme provisoirement maintenu.

4.4 *Fuse-base contact* (441-18-03)

The contact piece of a fuse-base designed to engage with a fuse-carrier contact or with a fuse-link contact. (See Figure 1.)

4.5 *Fuse-carrier* (441-18-13)

The movable part of a fuse designed to carry a fuse-link. (See Figure 1.)

Note. — The fuse-carrier does not include the fuse-link.

4.6 *Fuse-carrier contact* (441-18-05)

The contact piece of a fuse-carrier designed to engage with a fuse-base contact. (See Figure 1.)

4.7 *Fuse-holder* (441-18-14)

The combination of a fuse-base with its fuse-carrier.

4.8 *Fuse-link* (441-18-09)

The part of a fuse (including the fuse-element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated. (See Figure 1.)

4.9 *Fuse-link contact* (441-18-04)

The contact piece of a fuse-link designed to engage with a fuse-base contact or with a fuse-carrier contact. (See Figure 1.)

4.10 *Fuse-element* (441-18-08)

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.)

4.11 *Indicating device* (441-18-17)***Indicator***

A part of a fuse provided to indicate whether the fuse has operated. (See Figure 1.)

4.12 *Striker* (441-18-18)

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.

5. Additional terms**5.1 *General Purpose fuse* ***

No definition at present.

5.2 *Back-up fuse* *

No definition at present.

5.3 *Current-limiting fuse-link* (441-18-10)

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.

* Term provisionally retained

5.4 Distance de sectionnement (pour un fusible) (441-18-06)

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.

5.5 Série homogène (d'éléments de remplacement) (441-18-34)

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 paragraphe 13.3.1.)

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.

SECTION TROIS — 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 sept.)

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 sept.)

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

Valeur du pouvoir de coupure spécifiée pour un fusible.

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

Valeurs de tension (aussi bien à fréquence industrielle qu'aux ondes de choc) qui caractérisent l'isolation du socle en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques (voir section sept).

5.4 *Isolating distance (for a fuse) (411-18-06)*

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.

5.5 *Homogeneous series (of fuse-links) (441-18-34)*

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 Sub-clause 13.3.1.)

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.

SECTION THREE — 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 Seven.)

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 lengths, 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 Seven.)

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*

The value of breaking capacity specified for a fuse.

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 Seven).

6.7 Tension transitoire de rétablissement assignée (T.T.R. assignée)

La tension transitoire de rétablissement assignée associée au pouvoir de coupure assigné (conformément au paragraphe 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 T.T.R.

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

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

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 premières microsecondes de la T.T.R. 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 T.T.R. assignées

On utilise les paramètres suivants pour représenter les T.T.R. assignées (voir figure 8, page 110):

u_c = crête de tension de la T.T.R. 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 T.T.R. jusqu'à un point correspondant à une tension spécifiée u' (et à un temps t' associé).

6.7.3 Valeurs normales de la T.T.R. assignée

Les valeurs normales de la T.T.R. assignée sont spécifiées dans la section six. Ces valeurs s'appliquent au pouvoir de coupure assigné d'un fusible.

7. Conditions normales d'emploi et de comportement

7.1 Classes

Deux classes de fusibles limiteurs de courant sont définies selon la zone dans laquelle ils peuvent être utilisés: les fusibles associés et les fusibles d'usage général.

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 pouvoir de coupure assigné et le courant provoquant la fusion de l'élément fusible en 1 h.

* Voir annexe A.

** Terme provisoirement maintenu.

6.7 Rated transient recovery voltage (rated T.R.V.)

The rated transient recovery voltage related to the rated breaking current (in accordance with Sub-clause 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 T.R.V.

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 T.R.V. 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 T.R.V.

The following parameters are used for the representation of the rated T.R.V. (see Figure 8, page 110):

u_c = T.R.V. peak voltage in kilovolts

t_3 = time in microseconds to voltage u_c

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

6.7.3 Standard values of rated T.R.V.

Standard values of rated T.R.V. are specified in Section Six. These values apply to the rated breaking current of a fuse.

7. Standard conditions of use and behaviour

7.1 Classes

Two classes of current-limiting fuses are defined according to the range in which they can be used: back-up fuses and general-purpose fuses.

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 breaking current down to the current that causes melting of the fuse-element in 1 h.

* See Appendix A.

** Term provisionally retained.

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 pouvoir de coupure assigné et le courant minimal de coupure assigné.

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

7.2 *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 pouvoir de coupure en kiloampères n'est pas inférieur au pouvoir 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 quatre 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 prématûr, soit à une défaillance. (Voir section sept.)

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 ni supérieure au pouvoir de coupure assigné;
- la tension de rétablissement à fréquence industrielle ne soit pas plus élevée que la valeur spécifiée dans le tableau IV (pour conditions particulières, voir paragraphe 22.5);
- la tension transitoire de rétablissement présumée soit comprise dans les limites correspondant aux essais spécifiés au paragraphe 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 IV;
- l'onde de T.T.R. 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 au paragraphe 13.1.2.

Note. — En ce qui concerne les caractéristiques de la T.T.R., 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 paragraphe 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 paragraphe 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.

* Terme provisoirement maintenu.

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 breaking current down to the rated minimum breaking current.

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

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 capacity in kiloamperes is not less than the rated 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 Four 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 Seven.)

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 minimum breaking current and not higher than the rated breaking current;
- the power-frequency recovery voltage is not higher than that specified in Table IV (for special conditions, see Sub-clause 22.5);
- the prospective transient recovery voltage is within the limits represented by the tests specified in Sub-clause 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 IV;
- the prospective T.R.V. wave, while passing through the delay line and not recrossing it, does not exceed the reference line with the parameters specified in Sub-clause 13.1.2.

Note. — As regards the prospective T.R.V. 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 Sub-clause 13.1.2.1).

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

According to the conditions of use indicated in Sub-clause 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.

* Term provisionally retained.

- 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 au paragraphe 18.13 et fonctionner complètement.
- d) Le fonctionnement ne doit pas provoquer de surtensions de fonctionnement supérieures aux valeurs spécifiées au paragraphe 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 au paragraphe 12.1.2.

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

SECTION QUATRE — ESSAIS 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

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 Sub-clause 18.13 and shall operate fully.

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

e) The values of cut-off current corresponding to each value of prospective breaking current shall not exceed the values corresponding to the cut-off characteristics given by the manufacturer.

f) After operation, the fuse shall be capable of withstanding the power-frequency recovery voltage across its terminals.

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 Sub-clause 12.1.2.

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

SECTION FOUR — 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

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.

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;
- 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.

10. Règles 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.

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. 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;
- breaking tests;
- tests for time-current characteristics;
- oil-tightness tests (only for fuses intended to be used in oil);
- test 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.

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.

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 VI et VII 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 Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais, paragraphe 10.2.

Les facteurs de correction pour la densité de l'air et l'humidité tels qu'indiqués dans la Publication 60-1 de la CEI, paragraphes 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 six.

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 Publication 60-2 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais, section quatre.

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 VI and VII 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 Publication 60-1: High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements, Sub-clause 10.2.

The correction factors for air density and for air humidity as given in IEC Publication 60-1, Sub-clauses 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 Six.

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 Publication 60-2: High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures, Section Four.

On applique 15 chocs consécutifs aux valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre spécifiées dans les tableaux VI et VII de la façon suivante:

- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour toutes les conditions d'essai *a)* prescrites au paragraphe 11.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai *b)* prescrite au paragraphe 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 au paragraphe 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 Publication 60-2 de la CEI, section trois.

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 VI et VII. 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 au paragraphe 11.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai *b)* prescrite au paragraphe 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 au paragraphe 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.

11.7 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 au paragraphe 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 la Publication 60-1 de la CEI, paragraphe 8.2.

Fifteen consecutive impulses at the rated lightning impulse withstand voltages specified in Tables VI and VII shall be applied as follows:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions *a)* of Sub-clause 11.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test condition *b)* of Sub-clause 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 Sub-clause 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 Publication 60-2, Section Three.

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 VI and VII. 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 Sub-clause 11.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test conditions *b)* of Sub-clause 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 Sub-clause 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 Power-frequency wet tests

Outdoor type fuses shall be subjected to power-frequency voltage wet tests under the same conditions as specified in Sub-clause 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 Publication 60-1, Sub-clause 8.2.

12. Essais d'échauffement

12.1 Règles d'essais

Les essais d'échauffement 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 III.

TABLEAU III

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 équivalente 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.

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 III.

Il n'est pas nécessaire de respecter les distances d'isolation 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 la variation de température n'excède pas 1 K par heure).

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

12. Temperature-rise tests

12.1 Test practices

Temperature-rise tests 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 (3½ 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 III.

TABLE III

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 1000	From 800 to 1000

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.

~~REVIEWED BY THE FULL PPC COMMITTEE~~ 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. Appendix C gives an example of preferred testing arrangements for fuse-links up to 200 A in accordance with data sheet II of Appendix D. The test conductors external to the tank shall be arranged as given in the preceding paragraph, with the sizes as given in Table III.

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 variation 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 Six.

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.

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 °C 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 comprises dans ces limites.

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 protected 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 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°C 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 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.

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.

13.1.1 Description des essais à effectuer

Les essais sont effectués conformément aux instructions données dans le tableau IV 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 du fonctionnement au pouvoir de coupure assigné I_1 (voir notes 1, 3, 4 et 5).

Suite d'essais 2: Vérification du fonctionnement avec le courant présumé 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 1 h; pour les fusibles associés, c'est le courant minimal de coupure (voir note 1).

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 le paragraphe 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 des séries homogènes d'éléments de remplacement de tensions assignées plus élevée et plus faible; voir le paragraphe 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'essais 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'essais 2;

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

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

- b) En prenant trois à quatre fois le courant auquel correspond un temps de préarc d'une demi-période sur la caractéristique temps-courant (voir article 14 et paragraphe 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.
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 pouvoir de coupure assigné I_1 . Les suites d'essais 1 et 2 sont alors remplacées par six essais au pouvoir 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 IV) 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. Breaking tests

13.1 Test practices

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

13.1.1 Description of tests to be made

Tests shall be made according to the instructions given in Table IV 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 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; for back-up fuses, it is the minimum breaking current (see Note 1).

It is not necessary to make breaking tests on fuse-links of all current-ratings of a homogeneous series; see Sub-clause 13.3 for the requirements to be met and tests to be made.

Also an 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 Sub-clause 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_1 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-arching time of one half-cycle on the time-current characteristic (see Clause 14 and Sub-clause 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. — 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 breaking current I_1 . Test duties 1 and 2 shall then be replaced by six tests at rated 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 IV) 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 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, page 106. 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'essais 1 et 2 spécifiées au paragraphe 13.1.1.

Un oscilloscope cathodique est prévu pour mesurer les surtensions de fonctionnement pendant les suites d'essais 1 et 2. Un oscilloscope 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 paragraphe de l'article 8).

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

La figure 9, page 110, 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.

13.1.2.1 Suite d'essais 1

En principe, les essais sont à effectuer avec les valeurs normales de la T.T.R. spécifiées au paragraphe 18.12. Cependant, comme indiqué dans l'annexe B, les fusibles limiteurs de courant ne sont pas sensibles aux caractéristiques de la T.T.R. 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 T.T.R. 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 T.T.R. dont l'enveloppe ne sera à aucun instant au-dessous du tracé de référence spécifié au paragraphe 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 T.T.R. présumée spécifiées dans les tableaux IIIA et IIIB (voir annexe B).

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 Figures 3 and 4, page 106. No reactors shall be used that are subject 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 Sub-clause 13.1.1.

A cathode-ray oscilloscope shall be provided for switching-voltage measurement during test duties 1 and 2. A cathode-ray oscilloscope, 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, page 110.

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

13.1.2.1 Test duty 1

In principle, the tests are to be made with the standardized values of T.R.V. specified in Sub-clause 18.12. However, as stated in Appendix B, current-limiting fuses are not sensitive to T.R.V. 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 T.R.V. 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 T.R.V. with an envelope being at no time below the reference line specified in Sub-clause 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 T.R.V. specified in Tables IIIA and IIIB (see Appendix B).

L'onde de la T.T.R. 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 T.T.R. est sans importance pour le comportement du fusible (voir annexe B).

TABLEAU IIIA

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement u_c/t_3
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c	t_3	
kV	kV	μs	kV/μs
3,6	6,6	120-160	0,035-0,041
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 IIIB

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement u_c/t_3
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	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 des 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

The prospective T.R.V. 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 T.R.V. wave is of no importance for the behaviour of the fuse (see Appendix B).

TABLE IIIA

Rated voltage U_r	Basic parameters		Rate of rise u_c/t_3
	Peak voltage kV	Time co-ordinate 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

$$u_c = 1.5 \times 1.5 \times \sqrt{2/3} U_r$$

TABLE IIIB

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

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

13.1.3 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, page 105, 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 inférieur ou égale à 0,50 m. Les pliages 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

La suite d'essais 1 peut être effectuée dans l'air ou dans une cuve remplie d'huile. Pour les suites d'essais 2 et 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.

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, page 106.

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.

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 Appendix 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

13.1.3 *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, page 105, 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 duty 1 may be performed in air or in an oil-filled enclosure. For test duties 2 and 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 *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, page 106.

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.

Le court-circuiteur E est fermé à un instant tel que les conditions spécifiées dans le tableau IV 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 IV. Les quelques premières périodes doivent être enregistrées par un oscilloscophe 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 Variantes de la méthode d'essai pour la suite d'essais 3

a) Méthode 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.

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 au paragraphe 13.1.2. Ce circuit est réglé au préalable pour obtenir le même courant que lors de la partie de l'essai faite à basse tension, ainsi que les paramètres spécifiés dans le tableau IV.
- 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 décrément 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 de 1 h 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, page 107).

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. Pour la fin de l'essai, le circuit d'essai est ajusté pour corriger le facteur de puissance 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 décrément appréciable de la valeur du courant.

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, pages 108 et 109).

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

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 periods specified in Table IV. The first few cycles shall be recorded by an oscilloscope 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 method 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.

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 and means for adjusting the circuit to hold the current constant.
- 2) A high-voltage 50 Hz or 60 Hz test circuit as indicated in Sub-clause 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 IV.
- 3) Provision for switching from the low-voltage source to the high-voltage source such that the current is interrupted for a time interval no 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 1 h test is required, in order to avoid an unnecessarily long testing time it is permissible to increase the low-voltage current after 1 h 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, page 107).

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.

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 Figures 5 and 6, pages 108 and 109).

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, page 109), 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 IV.

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

TABLEAU IV

Paramètres	Suite d'essais		
	1	2	3
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	$(0,87 \times \text{tension assignée})^{+5\%}_{-0\%}$		Tension assignée $+5\%_{-0\%}$
Caractéristiques de la T.T.R. présumée	Voir paragraphe 13.1.2		Pas de valeurs spécifiées
Facteur de puissance		De 0,07 à 0,15 Voir 1 ci-après	0,4 à 0,6
Courant présumé (valeur efficace de la composante périodique)	$I_1^{+5\%}_{-0\%}$	I_2	$I_3^{+0\%}_{-10\%}$ Voir 2 ci-après
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 le zéro de tension	<i>Pour un essai:</i> De 40° à 65° <i>Pour deux essais:</i> De 65° à 90° Voir 3 ci-après	Sans objet	Sans objet
Durée de maintien de la tension après coupure (Voir 4 et 5 ci-après)	Supérieure ou égale à 15 s		Supérieure ou égale à 60 s
Nombre d'essais	3	3	2

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'essais 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.

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, page 109) 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 IV.

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

TABLE IV

Parameters	Test duties		
	1	2	3
Power-frequency recovery voltage	($0.87 \times$ rated voltage) $\pm 5\%$	Rated voltage $\pm 5\%$	
Prospective T.R.V. characteristics	See Sub-clause 13.1.2		Not specified
Power factor	From 0.07 to 0.15 See 1 below		0.4 to 0.6
Prospective current (r.m.s. value of the a.c. component)	$I_1 \pm 5\%$	I_2	$I_3 \pm 10\%$ See 2 below
Instantaneous current at initiation of arcing	Not applicable	From $0.85 I_2$ to $1.06 I_2$	Not applicable
Making angle	Not before voltage zero	From 0° to 20° after voltage zero	Random timing
Initiation of arcing after voltage zero	For one test: From 40° to 65° For two tests: From 65° to 90° See 3 below	Not applicable	Not applicable
Maintained voltage after breaking (See 4 and 5 below)	Not less than 15 s	Not less than 60 s	
Number of tests	3	3	2

- IECNPACOM : Click to View the full PDF of IEC 282-1:1985
- When the manufacturer agrees, the lower limit does not apply.
 - 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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 *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 pouvoir de coupure assigné et la fréquence assignée sont les mêmes.
2. Tous les matériaux utilisés sont identiques.
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 IVA.

Les symboles utilisés dans le tableau IVA 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.

Les paramètres à considérer sont:

s_A s_B s_C , section des éléments fusibles individuels dans les éléments de remplacement A, B, C.

n_A n_B n_C , nombre d'éléments fusibles dans les éléments de remplacement A, B, C.

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

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, breaking current and frequency shall be the same.
2. All materials shall be the same.
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 IVA.

Symbols in Table IVA 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.

The parameters to be considered are:

$s_A s_B s_C$, cross-section of the individual main fuse-elements in A, B, C.

$n_A n_B n_C$, number of main fuse-elements in A, B, C.

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

TABLEAU IVA

Série homogène réalisée par	Suite d'essais	Eléments de remplacement à essayer (les croix indiquent les essais à effectuer)		
		A	B	C
Variation progressive du nombre n et/ou de la section s suivant une fonction monotone du courant assigné $n_A \leq n_B \leq n_C$ $s_A \leq s_B \leq s_C$	1	X		X
	2 Voir 1 ci-après	X		X
	3 Voir 2 ci-après	X	X Voir 3 ci-après	X
Nombre n constant Augmentation de la section s $s_A < s_B < s_C$	1	X		X
	2 Voir 1 ci-après	X		X
	3			X
Section s constante Augmentation du nombre n $n_A < n_B < n_C$	1	X		X
	2			X
	3 Voir 2 ci-après	X		X

1. Les courants d'essai I_2 des éléments de remplacement A et C seront choisis en fonction des courants assignés respectifs de ces éléments de remplacement.
 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 percuteur.
 3. Cela n'implique pas que chaque courant assigné devra être essayé, mais lorsque les courants assignés décroissent l'essai n'est à effectuer que pour le courant assigné pour lequel le nombre d'éléments est réduit.

13.3.3 Interprétation des essais de coupure

Si les essais effectués selon le tableau IVA donnent les résultats conformes aux prescriptions du paragraphe 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 du paragraphe 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.

Il convient de noter qu'une gamme particulière de courants assignés dans une dimension d'enveloppe peut former une série homogène pour une suite d'essais, mais deux ou plusieurs séries homogènes en ce qui concerne les autres suites d'essais.

Les valeurs du courant minimal de coupure des éléments de remplacement non essayés sont déterminées à partir des essais de la suite d'essais 3 de la façon suivante:

1 — *n constant, augmentation de s:*

Il est admis que la durée de préarc pour I_3 des éléments de remplacement A et B n'est pas inférieure à celle de l'élément de remplacement C. En conséquence, l'essai effectué confor-

TABLE IVA

Homogeneous series achieved by	Test duties	Fuse-links to be tested (crosses show the tests to be performed)		
		A	B	C
Progressive change in number n and/or cross-section s monotonous with respect to rated current $n_A \leq n_B \leq n_C$ $s_A \leq s_B \leq s_C$	1	X		X
	2 See 1 below	X		X
	3 See 2 below	X	X See 3 below	X
Constant number n Increase of cross-section s $s_A < s_B < s_C$	1	X		X
	2 See 1 below	X		X
	3			X
Constant cross-section s Increase of number n $n_A < n_B < n_C$	1	X		X
	2			X
	3 See 2 below	X		X

1. The test currents I_2 for the fuse-links A and C will have been chosen according to the current rating of the 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 element, if any, used for operating the striker.
 3. This does not require that every rating must be tested, but with diminishing current ratings a test is only to be made for the current rating at which the number of elements is reduced.

13.3.3 Interpretation of breaking tests

If the results of tests made according to Table IVA meet the requirements of Sub-clause 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 Sub-clause 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.

It should be noted that a particular range of current ratings in one barrel size may constitute one homogeneous series for one test duty, but two or more homogeneous series for the purpose of another test duty.

The values of minimum breaking current of fuse-links not tested are determined from test duty 3 as follows:

1 — Constant n , increase of s :

It is assumed that the pre-arc time at I_3 for fuse-links A and B is not less than for the fuse-link C. The test in accordance with Table IVA is therefore considered as proving that

mément au tableau IVA est considéré comme signifiant que les éléments de remplacement A et B ont un courant minimal de coupure déterminé en prenant sur leurs caractéristiques temps-courant les courants correspondant à la durée de préarc pour le courant minimal de coupure de l'élément de remplacement C d'après sa caractéristique temps-courant (figure 10, page 111).

2 — *s constant, augmentation de n:*

Les courants minimaux de coupure I_3 des éléments de remplacement A et C peuvent avoir des valeurs identiques ou non. Si elles sont identiques, cette valeur de I_3 est considérée comme valant pour l'élément de remplacement B. Si elles sont différentes, on réunit, par une droite, les points les représentant respectivement sur les caractéristiques temps-courant des éléments de remplacement A et C. L'intersection de cette droite avec la caractéristique temps-courant de l'élément de remplacement B est considérée comme définissant le courant minimal de coupure de l'élément de remplacement B (figure 11, page 111).

Si le constructeur annonce une valeur de courant minimal de coupure inférieure à celle obtenue par l'une des méthodes 1 ou 2 ci-dessus, celle-ci doit être vérifiée par un essai séparé.

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:

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 pouvoirs 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 Extension du principe de la série homogène à des éléments de remplacement de longueurs différentes

13.5.1 Généralités

Lorsque dans une gamme d'éléments de remplacement, on utilise différentes dimensions d'enveloppes en fonction des courants assignés, l'ensemble des éléments de remplacement ne forme pas une série homogène selon les critères définis au paragraphe 13.3.1.

En effet, bien que la gamme entière soit formée de plusieurs séries homogènes satisfaisant chacune aux caractéristiques spécifiées au paragraphe 13.3.1, les éléments de remplacement pris dans leur ensemble ne répondent pas aux critères 3 et 6 car:

- les éléments fusibles sont de la même longueur, mais non les enveloppes;

fuse-links A and B have a minimum breaking current ascertained by reading from their time-current characteristics the currents corresponding to the pre-arc time given by the minimum breaking current of fuse-link C on its time-current characteristic (Figure 10, page 111).

2 — Constant s , increase of n :

The minimum breaking currents I_3 of fuse-links A and C may or may not be the same. If they are the same, I_3 is deemed to apply to fuse-link B. If they are different, a straight line is drawn through the points corresponding to the respective minimum breaking currents on the time-current characteristics of fuse-links A and C. The intersection of this line and the time-current characteristic of fuse-link B is deemed to define the minimum breaking current of fuse-link B (Figure 11, page 111).

If the manufacturer claims a value of minimum breaking current less than that derived from either 1 or 2 above, this must be proved by a separate test.

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. 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 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 of the 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 must 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 Extension of the principle of homogeneous series to fuse-links of different lengths

13.5.1 General

When different barrel lengths dependent on the current ratings are used in a range of fuse-links, the fuse-links as a whole do not form a homogeneous series according to the criteria defined in Sub-clause 13.3.1.

In fact, though the whole range comprises several homogeneous series each of them complying with the requirements of Sub-clause 13.3.1, the fuse-links as a whole do not meet the criteria 3 and 6 because:

- the fuse-elements have the same length but the barrels do not;

- le plus petit courant assigné dans une longueur d'enveloppe peut être inférieur au plus grand courant assigné dans une enveloppe plus courte.

Toutefois, le fonctionnement et le comportement de tels éléments de remplacement sont assez voisins pour rendre inutile l'essai de tous les courants assignés.

Les paragraphes suivants indiquent à quels critères doivent répondre les éléments de remplacement et quels essais doivent être effectués.

13.5.2 Caractéristiques particulières

Outre les conditions spécifiées au paragraphe 13.3.1 et modifiées par le paragraphe 13.5.1, les éléments de remplacement doivent remplir les conditions suivantes:

- à l'exception d'une charge explosive utilisée pour le fonctionnement d'un percuteur ou d'un indicateur, aucun matériau gazogène n'est introduit intentionnellement dans la série de fusibles;
- il n'y a pas de possibilité de décompression autre que celle résultant du fonctionnement d'un percuteur ou d'un indicateur;
- le diamètre nominal de l'enveloppe reste constant dans les limites des tolérances habituelles de fabrication et la longueur ne dépasse pas 1,6 fois la longueur de la plus courte.

13.5.3 Essais à effectuer

La première série homogène correspondant aux plus petits courants assignés et à la plus petite longueur d'enveloppe est représentée par l'indice 1 et toute autre série homogène par l'indice x.

L_1, L_x = longueur de l'enveloppe

A_1, A_x = élément de remplacement du plus petit courant assigné

C_1, C_x = élément de remplacement du plus grand courant assigné

Les essais sont effectués comme suit:

13.5.3.1 La première série homogène individuelle 1 est à essayer conformément au paragraphe 13.3.2.

13.5.3.2 Pour toute autre série homogène individuelle x:

- a) l'élément de remplacement C_x du courant assigné le plus élevé est à essayer dans les suites d'essais 1, 2 et 3;
- b) les suites d'essais 1 et 2 ne sont pas à effectuer sur l'élément de remplacement A_x à condition que dans la plus petite dimension d'enveloppe 1, le nombre et la section des éléments du fusible essayé soient inférieurs ou égaux à ceux de l'élément de remplacement A_x .

Les essais de coupure de la suite d'essais 3 ne sont pas exigés pour l'élément de remplacement A_x pourvu que:

$$n_{A_x} \geq n_{A_1} \text{ et } s_{A_x} \leq s_{C_1}$$

n_{A_x} étant le nombre d'éléments fusibles en A_x et s_{A_x} la section des éléments fusibles individuels de A_x .

Le courant minimal de coupure de l'élément de remplacement A_x est censé être le même que celui de l'élément de remplacement C_x ; si le constructeur annonce une valeur inférieure, celle-ci doit être vérifiée par un essai séparé.

Note. — Cela correspond au troisième cas indiqué par le tableau IVA (s constante, augmentation de n) étant donné que si A_x correspond au deuxième cas (n constant, augmentation de s), il est déjà dispensé de la suite d'essais 3.

- the minimum current rating in one barrel length may be lower than the maximum current rating in a shorter barrel.

However, performance and behaviour of such fuse-links are sufficiently close to make testing of all current ratings unnecessary.

The following sub-clauses define the requirements to be met by the fuse-links and the tests to be made.

13.5.2 Special requirements

In addition to the requirements specified in Sub-clause 13.3.1 and modified in Sub-clause 13.5.1, the fuse-links shall comply with the following:

- the fuse series does not contain any deliberately added gas-evolving material other than an explosive charge used to operate a striker or indicator;
- no pressure relief exists, excluding any resulting from the operation of a striker or indicator;
- the nominal diameter of the barrel remains constant within usual manufacturing tolerances and the length of the barrel does not exceed 1.6 times the length of the shortest.

13.5.3 Tests to be made

The first homogeneous series corresponding to both the lowest current ratings and the shortest length of barrel is represented by the suffix 1 and any other homogeneous series by the suffix x.

L_1, L_x = length of the barrel

A_1, A_x = fuse-link of lowest current rating

C_1, C_x = fuse-link of highest current rating

The tests shall be made as follows:

13.5.3.1 The first individual homogeneous series 1 is to be tested in accordance with Sub-clause 13.3.2.

13.5.3.2 For any other individual homogeneous series x:

- a) the fuse-link C_x of highest current rating is to be tested to test duties 1, 2 and 3;
- b) test duties 1 and 2 of fuse-link A_x are not required provided that in the smallest barrel size 1, the fuse tested has the same number of elements, or less, of the same or smaller cross-section than fuse A_x .

Breaking tests of fuse-link A_x to test duty 3 are not required provided that:

$$n_{A_x} > n_{A_1} \text{ and } s_{A_x} \leq s_{C_1}$$

where n_{A_x} is the number of fuse-elements in A_x and s_{A_x} is the cross-section of the individual fuse-elements A_x .

The minimum breaking current of fuse-link A_x is deemed to be the same as that of fuse-link C_x ; if the manufacturer claims a lower value, this must be proved by a separate test.

Note. — This corresponds to the third case (constant s , increase of n) referred to in Table IVA because if A_x is in accordance with the second case (constant n , increase of s), it is already exempted from test duty 3.

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, paragraphe 12.1.2, s'ils sont effectués séparément ou avec la disposition utilisée pour les essais de coupure, paragraphe 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 oscilloscopie ou de tout autre instrument convenable.

14.2.4 Mesurage du temps

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

15. Essais d'étanchéité à l'huile

Les éléments de remplacement des fusibles limiteurs de courant conçus pour être immersés 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 immersé dans de l'huile isolante sous une pression de 7×10^4 N/m². 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.

14. Tests for time-current characteristics

14.1 Test practices

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, Sub-clause 12.1.2, or for the breaking tests, Sub-clause 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 oscilloscope, the pre-arcing times shall be the virtual or actual times, with indication of the selected method.

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 7×10^4 N/m² (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.

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 XII même dans les conditions de service qui impliquent de faibles valeurs de courant ou de tension. Les essais du paragraphe 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 est mesurée après les essais de fonctionnement à partir de la caractéristique effort-course, comme indiqué au paragraphe 16.4.1. L'énergie d'un percuteur déclenché par une charge explosive est 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 XII) est mesuré après les essais de fonctionnement.

16.2 Percuteurs à essayer

Les essais peuvent être effectués sur des éléments de remplacement réels ou factices. Ils sont effectués de préférence sur des éléments factices. Les éléments de remplacement factices sont identiques aux éléments de remplacement réels sauf qu'ils ne comportent pas d'éléments principaux.

Lorsqu'un dispositif à percuteur (comprenant un percuteur et un fil résistant en série) est commun à une ou plusieurs gammes d'éléments de remplacement, il suffit d'effectuer les essais une seule fois pour vérifier le fonctionnement des percuteurs pour toute la gamme ou toutes les gammes. Cette procédure s'applique également à des gammes d'éléments de remplacement de tension différente lorsque le même percuteur est utilisé pourvu que les longueurs du fil résistant soient proportionnelles aux tensions assignées des éléments de remplacement.

16.3 Essais de fonctionnement

Les essais suivants a) et b) sont effectués:

Essai a). Courant d'essai: $10 \text{ A} \pm 10\%$ pour les éléments de remplacement factices \leq courant minimal de coupure pour les éléments de remplacement réels

Tension appliquée: $\leq U_n / \sqrt{3}$

Essai b). Tension appliquée: $\leq 0,075 U_n$

Courant d'essai: non spécifié

où U_n est la tension assignée de l'élément 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 du 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 paragraphe 18.12, tableau XII.

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

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. Test of strikers

16.1 General

These tests are intended to verify that the striker is able to deliver the specified energy in Table XII even under service conditions which involve low values of current or voltage. The tests in Sub-clause 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 shall be measured after the operation tests from the force-travel characteristics as in Sub-clause 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 XII) shall be measured after the operation tests.

16.2 Strikers to be tested

The tests may be made either on actual or dummy fuse-links. They shall preferably be made on dummy fuse-links. Dummy fuse-links shall be identical with the actual fuse-links except that there shall be no main elements.

Where a striker system (comprising a striker and a series resistance wire) is common to a given range(s) of fuse-links, it is only necessary to perform the tests once in order to prove the striker performance for the whole range(s). This procedure also applies for other voltage ranges of fuse-links where the same striker is used, provided the lengths of the resistance wire are proportional to the rated voltages of the fuse-links.

16.3 Operation tests

The following tests *a)* and *b)* shall be made:

Test *a)*: Test current: $10 \text{ A} \pm 10\%$ for dummy fuse-links \leq minimum breaking current for actual fuse-links

Applied voltage: $\leq U_n / \sqrt{3}$

Test *b)*: Applied voltage: $\leq 0.075 U_n$

Test current: not specified

where U_n is the rated voltage of the fuse-link

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 Sub-clause 18.12, Table XII.

For test *b)* the duration of travel shall be measured and shall not exceed the value specified in Table XII.

16.4.1 Essai relatif à l'énergie

Dans le cas de percuteurs déclenchés par un ressort, l'énergie est mesurée 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 14, page 113, sont mesurés sur un échantillon et l'énergie calculée à partir de la formule:

$$\text{énergie (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2000}$$

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

Dans le cas de percuteurs déclenchés par une charge explosive, l'énergie est mesurée sur un échantillon avec un pendule au cours de l'essai de fonctionnement a).

Il est recommandé d'utiliser un pendule tel que celui décrit dans la Recommandation ISO/R 442-1965, mais avec les plus faibles valeurs d'énergie et de vitesse de choc spécifiées dans la Norme ISO 179-1982. 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 14.)

SECTION CINQ — 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'essais, 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:

16.4.1 *Test of energy*

In the case of strikers actuated by a spring the energy shall be measured 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 14, page 113, shall be measured for one sample and the energy calculated from the formula:

$$\text{energy (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2000}$$

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

In the case of strikers actuated by an explosive charge, the energy shall be measured with a pendulum in the course of the operation test *a*).

The use of a pendulum as described in ISO Recommendation ISO/R 442-1965 is recommended, but with the smaller impact energy values and impact velocities as specified by ISO Standard 179-1982. 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 14.)

SECTION FIVE — 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 Liste des essais spéciaux

Les essais suivants sont des essais à effectuer après accord entre constructeur et utilisateur pour certains types de fusibles ou pour certaines utilisations spéciales:

- essais de résistance aux variations brusques de température (pour les fusibles prévus pour être utilisés à l'extérieur);
- essais de puissance dissipée (pour les fusibles prévus pour être utilisés dans des conditions de refroidissement limité différentes de celles correspondant à l'essai d'échauffement);
- essais de perturbations radiophoniques.

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 au paragraphe 12.1.2, tableau III.

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.

Note. — Étant donné la grande variété de types de construction, il n'est pas possible d'édicter une règle générale pour vérifier l'influence de la pénétration d'humidité. Si un essai de vérification d'étanchéité est demandé par l'utilisateur, un tel essai sera défini et exécuté par accord entre constructeur et utilisateur.

17.1.2 Essais de puissance dissipée

Les fusibles utilisés dans des conditions de refroidissement limité peuvent nécessiter un déclassement. Afin de faciliter ce déclassement, des essais spéciaux peuvent être faits en vue de déterminer la puissance dissipée.

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

La puissance dissipée est déterminée lorsqu'elle atteint une valeur stable pour la valeur de courant considérée. L'essai est fait avec des courants égaux à 50% et à 100% du courant assigné. La puissance dissipée est exprimée en watts.

17.1.3 Essais de perturbations radiophoniques

Aucune prescription actuellement.

17.1 List of special tests

The following tests are to be made after agreement between manufacturer and user for certain types of fuses or for special applications:

- thermal shock tests (for fuses intended to be used outdoors);
- power-dissipation tests (for fuses intended to be used under conditions of restricted cooling differing from those of the temperature-rise test);
- radio influence tests.

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 Sub-clause 12.1.2, Table III.

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.

Note. — Owing to the wide variety of designs, it is not possible to state a general rule to verify the effect of ingress of water. If a test of waterproofness is requested by the user, such a test should be defined and made by agreement between manufacturer and user.

17.1.2 Power-dissipation tests

Fuses used under conditions of restricted cooling may require derating. To facilitate this derating, special tests to determine the power dissipation may be made.

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

The power dissipation is determined when it has reached a steady value for the current value considered. The test shall be made at 50% and 100% of the rated current. The power dissipation is expressed in watts.

17.1.3 Radio influence tests

No requirements at present.

SECTION SIX — SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES FUSIBLES LIMITEURS DE COURANT

18. Liste des valeurs assignées et des caractéristiques

a) Valeurs assignées du socle

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

b) Valeurs assignées de l'élément de remplacement

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

c) Caractéristiques du fusible

1. Limites d'échauffement (paragraphe 18.7).

d) Caractéristiques de l'élément de remplacement

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

18.1 Tension assignée

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

TABLEAU V

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

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

SECTION SIX — SPECIFICATIONS FOR CURRENT-LIMITING FUSES

18. List of ratings and characteristics

a) Ratings of the fuse-base

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

b) Ratings of the fuse-link

1. Rated voltage (Sub-clause 18.1).
2. Rated current (Sub-clause 18.3).
3. Rated breaking current (Sub-clause 18.3).
4. Rated frequency (Sub-clause 18.4).
5. Rated minimum breaking current for back-up fuses (Sub-clause 18.5).
6. Rated T.R.V. (Sub-clause 18.12).

c) Characteristics of the fuse

1. Temperature-rise limits (Sub-clause 18.7).

d) Characteristics of the fuse-link

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

18.1 Rated voltage

The rated voltage of a fuse should be selected from the voltages given in Table V.

TABLE V

Series I (kV)	Series II (kV)
3.6	2.75
7.2	5.5
12	8.25
17.5	15
24	15.5
36	25.8
40.5	38
52	48.3
72.5	72.5

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 Courant assigné en ampères et pouvoir de coupure assigné de l'élément de remplacement en kiloampères

Le courant assigné et le pouvoir 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 paragraphes 7.1.1, 7.1.2 et 22.4.)

Dans les deux cas, le constructeur doit indiquer la classe et pour les fusibles associés la valeur du courant minimal de coupure assigné.

18.6 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement assigné d'un socle est choisi dans les tableaux VI et VII.

- Le tableau VI 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.
- Le tableau VII 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 VI
(Série I)

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

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

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

The rated current and the rated 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 comprises the numbers 1 - 1.12 - 1.25 - 1.40 - 1.6 - 1.8 - 2 - 2.24 - 2.5 - 2.8 - 3.15 - 3.55 - 4 - 4.5 - 5 - 5.6 - 6.3 - 7.1 - 8 - 9 - and their multiples of 10.

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 Sub-clauses 7.1.1, 7.1.2 and 22.4.)

In both cases, the manufacturer shall indicate the class and for Back-up fuses the value of the rated minimum breaking current.

18.6 Rated insulation level

The rated insulation level of a fuse-base should be selected from Tables VI and VII.

- Table VI 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.
- Table VII 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 VI
(Series I)

Rated voltage of the fuse (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity)				Rated 1 min power-frequency withstand voltage (dry and wet) kV (r.m.s.)			
	List 1 kV (peak)		List 2 kV (peak)					
	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)				
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.

TABLEAU VII
(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 1 min à sec	10 s sous pluie	Intérieur 1 min à sec	Extérieur 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	38	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.

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 VIII soient dépassées.

Note. — Pour les fusibles utilisés dans des enveloppes, voir section sept, 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 VIII autorise les valeurs les plus élevées;
- b) pour les contacts élastiques, ceux de l'élément pour lequel le tableau VIII autorise les valeurs les plus basses.

TABLE VII
(Series II)

Rated voltage of the fuse (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity) kV (peak)				Rated power-frequency withstand voltage 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 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 VIII.

Note. — For fuses used in enclosures, see Section Seven, Sub-clause 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 VIII;
- b) for spring-loaded contacts, those of the component having the lowest values permitted in Table VIII.

TABLEAU VIII

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)
Contacts en cuivre dans l'air:		
1. Contacts élastiques		
— sans protection	75	35
— recouverts d'argent	105	65
— recouverts d'étain	95	55
— recouverts d'autres métaux		Voir 1 ci-après
2. Contacts boulonnés		
— sans protection	90	50
— recouverts d'argent ou d'étain	105	65
— recouverts d'autres métaux		Voir 1 ci-après
Contacts en cuivre dans l'huile:		
— sans protection	80	40
— recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	90	50
— recouverts d'autres métaux		Voir 1 ci-après
Bornes boulonnées dans l'air		
— sans protection	90	50
— recouvertes d'argent ou d'étain	105	65
— recouvertes d'autres métaux		Voir 1 ci-après
Huile (voir 4 et 5 ci-après)	90	50
Toute pièce métallique ou matériau isolant en contact avec l'huile, à l'exception des contacts	100	60
Pièces métalliques formant ressorts		Voir 2 ci-après
Matériaux isolants ou pièces métalliques en contact avec des matériaux isolants des classes suivantes: [*]		
Classe A		
E	105	65
B	120	80
F	130	90
H	155	115
C	180	140
		Voir 3 ci-après

* Classes conformément à la Publication 85 de la CEI: Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

- Si le constructeur utilise d'autres métaux de protection que ceux indiqués dans le tableau VIII, les propriétés de ces métaux seront prises en considération.
- La température ou l'échauffement ne devra pas atteindre une valeur telle que l'élasticité du métal soit modifiée.
- Limitée seulement par la nécessité de ne pas provoquer de détérioration des pièces environnantes.
- A la partie supérieure de l'huile.
- Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.

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 le tableau IX.

TABLE VIII
Limits of temperature and temperature rise for components and materials

Component or material	Maximum value of	
	Temperature (°C)	Temperature-rise (K)
Copper contacts in air:		
1. Spring loaded contacts		
— bare	75	35
— silver-coated	105	65
— tin-coated	95	55
— other coatings		
2. Bolted contacts		
— bare	90	50
— silver- or tin-coated	105	65
— other coatings		
Copper contacts in oil:		
— bare	80	40
— silver-, tin- or nickel-coated	90	50
— other coatings		
Bolted terminals in air		
— bare	90	50
— silver- or tin-coated	105	65
— other coatings		
Oil (see 4 and 5 below)	90	50
Any part of metal or insulating material in contact with oil, except contacts	100	60
Metal parts acting as springs	See 2 below	
Insulating materials or metal parts in contact with insulating materials of the following classes: [*]		
Class A		
E	105	65
B	120	80
F	130	90
H	155	115
C	180	140
	See 3 below	

* Classes according to IEC Publication 85: Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation.

1. If the manufacturer uses coatings other than those indicated in Table VIII, 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.

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 values of switching-voltages during operation in test duties 1, 2 and 3 shall not exceed those given in Table IX.

TABLEAU IX

Tension assignée (kV)	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement (kV)
2,75	9
3,6	12
5,5	18
7,2	23
8,25	26
12	38
15	47
15,5	49
17,5	55
24	75
25,8	81
36	112
38	119
40,5	126
48,3	150
52	162
72,5	226

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 au paragraphe 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:

$$\begin{aligned} & 2 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - 8 \text{ cm} - 16 \text{ cm} \\ & \text{et } 2,8 \text{ cm} - 5,6 \text{ cm} - 11,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

Les courbes doivent indiquer:

- La relation entre la durée virtuelle de préarc et le courant présumé.
- Le courant de référence utilisé, moyen ou minimal. Si on prend des valeurs moyennes, la tolérance ne doit pas dépasser $\pm 20\%$. 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 du paragraphe 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 pouvoir 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.

TABLE IX

Rated voltage (kV)	Maximum switching-voltage (kV)
2.75	9
3.6	12
5.5	18
7.2	23
8.25	26
12	38
15	47
15.5	49
17.5	55
24	75
25.8	81
36	112
38	119
40.5	126
48.3	150
52	162
72.5	226

18.9 Time-current characteristics

The manufacturer shall make available curves from the data determined by the time-current characteristics type tests specified in Sub-clause 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-arching 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 Sub-clause 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 breaking capacity 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 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.

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

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

18.12 Valeurs normales de la T.T.R. assignée

Les valeurs normales de la T.T.R. assignée pour les fusibles sont données dans les tableaux X et XI.

TABLEAU X

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

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

$$** u' = 1/3 u_c$$

$$* t_d = 0,15 t_3$$

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

pour $U_r < 52$ kV

$$* t_d = 0,05 t_3$$

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

pour $U_r \geq 52$ kV

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.

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

The presentation of I^2t values may be in simple tabular or diagrammatic form (e.g. histograms) or, may employ graphical presentation with prospective current as abscissa and I^2t as ordinate, both scales being logarithmic with preferred dimensions as in Sub-clause 18.9.

The I^2t values determined as a part of the breaking type tests specified in Clause 13 shall not be greater (for operating I^2t) or lower (for pre-arcing I^2t) than the values stated by the manufacturer.

18.12 Standard values of rated T.R.V.

Standard values of rated T.R.V. of fuses are given in Tables X and XI.

TABLE X

Rated voltage U_r	Basic parameters			Derived values		
	Peak voltage u_c	Time co-ordinate t_3	Time delay t_d	Voltage co-ordinate ** u'	Time co-ordinate *** t'	Rate of rise u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/μs
3.6	6.2	40	6	2.06	19.4	0.154
7.2	12.4	52	7.8	4.1	25	0.238
12	20.6	60	9	6.9	29	0.345
17.5	30	72	10.8	10	35	0.415
24	41	88	13.2	13.8	42.5	0.47
36	62	108	16.2	20.6	52	0.57
40.5	69	115	17.2	23	55.5	0.60
52	89	132	6.6	29.5	51	0.68
72.5	124	168	8.4	41.5	64	0.74

$$u_c = 1.4 \times 1.5 \times \sqrt{2/3} U_r$$

$$**u' = 1/3 u_c$$

$$*t_d = 0.15 t_3$$

$$***t' = (0.15 + 1/3) t_3$$

for $U_r < 52$ kV

$$*t_d = 0.05 t_3$$

$$***t' = (0.05 + 1/3) t_3$$

for $U_r \geq 52$ kV

TABLEAU XI

Tension assignée U_r	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard *	Tension **	Temps ***	Vitesse d'accroissement
	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

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

$$** u' = 1/3 u_c$$

$$* t_d = 0,15 t_3$$

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

$$* t_d = 0,05 t_3$$

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

pour $U_r \leq 48,3$ kV

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 pouvoir de coupure assigné, est utilisée pour les essais au pouvoir de coupure assigné moyennant la dérogation admise au paragraphe 13.1.2.1. Pour les essais effectués à des valeurs inférieures au pouvoir 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 14, page 113) 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 XII.

TABLE XI

Rated voltage U_r	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage kV	Time co-ordinate μs	Time delay * μs	Voltage co-ordinate ** kV	Time co-ordinate *** μs	Rate of rise 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

$$u_c = 1.4 \times 1.5 \times \sqrt{2/3} U_r$$

$$**u' = 1/3 u_c$$

$$*t_d = 0.15 t_3$$

$$***t' = (0.15 + 1/3) t_3$$

$$*t_d = 0.05 t_3$$

$$***t' = (0.05 + 1/3) t_3$$

for $U_r \leq 48.3 \text{ kV}$

for $U_r > 48.3 \text{ kV}$

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 breaking current is used for testing at breaking currents equal to the rated value with the permitted deviation given in Sub-clause 13.1.2.1. For testing at breaking current less than the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see Sub-clause 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 14, page 113) 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 XII.

TABLEAU XII

Type	Energie	Caractéristiques mécaniques					
		Valeurs de la		Course réelle		Effort minimal de maintien	Durée maximale de la course (voir note)
		Course libre (OA)*	Course additionnelle pendant laquelle l'énergie doit être fournie (AB)*	Min.	Max.		
J	mm	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 14.

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;
- pouvoir 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 XII

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	mm	N	ms
Light	0.3 ± 0.25	2	8	10	30	Not applicable	100
Medium	1 ± 0.5	4	16	20	40	20	100
Heavy	2 ± 1	4	6	10	16	40	100

* See Figure 14.

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 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 SEPT — 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 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 fusibles.

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.

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'appareils tels que transformateurs, moteurs ou batteries de condensateurs;
- c) coordination éventuelle avec d'autres dispositifs de protection.

SECTION SEVEN — 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.

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 multipole arrangements of fuses, when the distance between poles is not fixed by the construction, the poles should be mounted with clearances not less than those specified by the manufacturer.

It should be noted that, when fuse-links are subjected to the effect of severe solar radiation, the performance of these fuse-links may be significantly affected.

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.

Le courant assigné est défini en se référant à l'échauffement d'un élément de remplacement essayé unitairement à l'air libre ou dans l'huile. Lorsque les fusibles sont utilisés dans une enveloppe, il peut être nécessaire de réduire le courant assigné afin que les spécifications relatives à l'échauffement puissent encore être respectées; il en résulte que les éléments de remplacement peuvent avoir plusieurs valeurs de courant assigné dépendant du type d'enveloppe.

Une indication utile pour tout déclassement nécessaire peut être obtenue à partir des résultats des essais de puissance dissipée (paragraphe 17.1.2). Pour les temps courts, généralement utilisés dans les études de sélectivité, le montage dans une telle enveloppe ne modifie pas, de façon sensible, la caractéristique temps-courant des éléments de remplacement.

Dans certains cas, le socle peut avoir des contacts spéciaux destinés au montage de trois éléments de remplacement (par exemple, cas d'un interrupteur-fusible ou d'un disjoncteur associé avec des fusibles) dans une enveloppe particulière. En pareil cas, des essais spéciaux peuvent être effectués dans cette enveloppe particulière et le courant assigné correspondant à l'utilisation de l'élément de remplacement à l'intérieur de cette enveloppe sera indiqué.

Note. — Les éléments de remplacement qui sont soumis à un courant supérieur au courant assigné, notamment lorsque la surcharge est répétée, peuvent être sujets à des détériorations capables d'altérer leurs caractéristiques temps-courant. Si ce courant est inférieur au courant minimal de coupure et provoque la fusion de l'élément fusible, les éléments de remplacement peuvent ne pas couper le courant.

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 de la classe de fusible

Suivant leur type d'application, les fusibles sont divisés en fusibles d'usage général et en fusibles associés selon qu'ils sont utilisés comme seule protection contre les surintensités ou qu'ils sont utilisés en combinaison avec d'autres dispositifs de protection contre les surintensités.

22.4.1 Fusibles d'usage général

Afin d'obtenir une protection complète contre les surintensités, il convient qu'un fusible utilisé en tant que fusible d'usage général puisse couper toute valeur de courant qui peut provoquer sa fusion, jusqu'à son pouvoir de coupure assigné, mais, pour des raisons pratiques, cela peut être interprété comme équivalent à toute valeur de courant provoquant la fusion du fusible en un temps allant jusqu'à 1 h.

Les courants de la zone comprise entre le courant assigné et le courant de fusion en 1 h, pour lesquels aucun essai n'est prévu dans cette norme, sont censés ne se présenter que rarement (par exemple, défauts monophasés à la terre dans des réseaux à neutre isolé).

22.4.2 Fusibles associés

Les fusibles associés sont destinés à être utilisés lorsque les courants compris entre le courant assigné et le courant minimal de coupure assigné sont toujours interrompus par un autre dispositif directement associé, ou ne se présentent généralement pas.

Il est indispensable de s'assurer que le circuit est interrompu avant que le fusible ne soit mis en difficulté par le passage du courant.

Pour les combinés-fusibles, une coordination convenable entre le fusible associé et l'appareil mécanique de connexion doit pouvoir assurer le fonctionnement correct du combiné pour toutes les valeurs de courant. Cette coordination doit tenir compte du processus de

The rated current is defined with reference to the temperature-rise of a fuse-link tested singly in free air or in oil. When fuses are used in an enclosure, the current rating may have to be reduced in order that the temperature-rise requirements may still be met, and consequently the fuse-links may have many different current ratings dependent on the type of enclosure.

A useful guide for any necessary derating can be obtained by consideration of the results of the power-dissipation tests (Sub-clause 17.1.2). For short times, generally used in predicting discrimination, the time-current characteristic is not significantly changed by the mounting of the fuse-links in such an enclosure.

In some instances, the fuse-base may have special contacts for the mounting of three fuse-links in a particular enclosure (for example that of a switch-fuse or fused circuit-breaker). In such cases, special tests may be made in the particular enclosure and the current rating for application of the fuse-link inside the enclosure will be given.

Note. — Fuse-links that are loaded with a current exceeding the rated current, especially when the overload is repeated, may be subject to deterioration that may impair their time-current characteristics. If this current is less than the minimum breaking current and causes the fuse-element to melt, the fuse-links may fail to break the current.

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 of class of fuses

According to the type of application, fuses are referred to as General Purpose fuses or Back-up fuses, according to whether they are applied as the sole over-current protection, or used in connection with other over-current devices.

22.4.1 General Purpose fuses

In order to provide complete over-current protection, a fuse used as a General Purpose fuse should be able to break any value of current, up to its rated breaking current that may cause it to melt, but for practical purposes this is interpreted to mean any current value that causes the fuse to melt in any time up to 1 h.

Currents in the range between the rated current and the 1 h melting current, for which tests are not included in this standard, are expected to occur only in special cases (e.g. single phase-to-earth faults on unearthed systems).

22.4.2 Back-up fuses

Back-up fuses are for use where currents between the rated current and the rated minimum breaking current are interrupted by some other directly associated device or are not likely to be encountered.

It is essential to ensure that the circuit is opened before the flow of current results in difficulties with the fuse.

For fuse-combinations, proper co-ordination between the back-up fuse and the mechanical switching device shall be made to ensure correct operation of the combination over the whole range of currents. This co-ordination shall take into consideration the tripping process of the

déclenchement à l'ouverture de l'appareil mécanique de connexion, soit au moyen de percuteurs et de dispositifs de protection à maximum de courant, soit au moyen de percuteurs seuls (voir la Publication 420 de la CEI).

Note. — Pour beaucoup d'applications qui en principe exigeraient un fusible d'usage général, un défaut dans la zone des courants inférieurs au courant minimal de coupure est extrêmement rare; en conséquence, un fusible associé peut être utilisé avec succès même si la durée de préarc correspondant au courant minimal de coupure est très inférieure à 1 h.

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;
- 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. Il n'est pas spécifié d'essais concernant cette condition.

22.6 Choix du niveau d'isolement assigné

Le tableau VI du paragraphe 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 surtensions de foudre et de manœuvre, le mode de mise à la terre du neutre du réseau et, éventuellement, le type d'appareil de protection contre les surtensions.

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 $0,05 \mu\text{F}$ par phase connectés entre les bornes secondaires du transformateur et la terre, côté transformateur par rapport aux fusibles et aussi près que possible des bornes du transformateur. Cela couvre le cas des réseaux:

mechanical switching device either by means of strikers and over-current protective devices or by strikers only (see IEC Publication 420).

Note. — For many applications that in principle require a General Purpose fuse, a fault in the current range below the minimum breaking current is extremely rare; a Back-up fuse may therefore be successfully used even if the pre-arching time corresponding to the minimum breaking current is considerably less than 1 h.

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.
- 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 one 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 be considered also. Tests with regard to this condition are not specified.

22.6 Selection of the rated insulation level

Table VI of Sub-clause 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 systems 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 over-voltage 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) 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. 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.
- 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 IX du paragraphe 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 ne sache avec certitude qu'aucune surintensité n'a traversé les éléments de remplacement non fondus.

- 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) in systems 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 IX of Sub-clause 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-links

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.

ANNEXE A

MÉTHODE DE TRACÉ DE L'ENVELOPPE DE LA TENSION TRANSITOIRE DE RÉTABLISSEMENT PRÉSUMÉE D'UN CIRCUIT ET DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES REPRÉSENTATIFS

A1. 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'autant plus 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.

A2. 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 12, page 112).

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 13, page 112).

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 12 et 13).

On obtient ainsi l'enveloppe à deux paramètres O, A, C.

A3. 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 12 et 13, peuvent être obtenus en prenant les coordonnées du point d'intersection A.

APPENDIX A

METHOD OF DRAWING THE ENVELOPE OF THE PROSPECTIVE TRANSIENT RECOVERY VOLTAGE OF A CIRCUIT AND DETERMINING THE REPRESENTATIVE PARAMETERS

A1. 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.

A2. 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 12, page 112, 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 13, page 112, segment OA).

2. *The second line segment* is a horizontal line tangent to the curve at its highest peak (see Figures 12 and 13, segment AC).

The two-parameter envelope O, A, C is then obtained.

A3. 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 12 and 13, can be obtained as coordinates of the point of intersection A.

ANNEXE B

JUSTIFICATION DU CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES DE T.T.R. 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 T.T.R. présumées que celles spécifiées pour les disjoncteurs dans la Publication 56 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension. 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 T.T.R. C'est pourquoi il faut considérer deux effets totalement différents de ces paramètres: leur influence 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 IV 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 pouvoir 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 T.T.R., 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 très 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.

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.

APPENDIX B

REASONS WHICH LED TO THE CHOICE OF T.R.V. 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 T.R.V. values as have been specified in IEC Publication 56: High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, 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 T.R.V. 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 tests 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 IV 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 breaking current and the design of a particular fuse. The wide range of prospective breaking currents, each associated with an infinite variety of T.R.V. 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.

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.

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, $\sqrt{L/C} = 2\pi f_0 \sqrt{L/C}$ 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.

Comme il était souhaitable que les caractéristiques de T.T.R. soient les mêmes pour les fusibles et les disjoncteurs, il a été décidé d'accepter les valeurs normales spécifiées dans la Publication 56 de la CEI. Toutefois, pour tenir compte des raisons exposées précédemment, les décisions suivantes relatives aux essais ont été prises:

- 1) *Suite d'essais 1* — Comme la tension de rétablissement réelle n'est pas soumise à des phénomènes transitoires, fixer des caractéristiques pour la T.T.R. présumée est sans objet et de telles caractéristiques ne sont donc pas spécifiées. Le cas exceptionnel où les caractéristiques de la T.T.R. peuvent influencer la crête de la tension d'arc a été traité séparément.
- 2) *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 T.T.R. présumée caractéristique à basse fréquence ont été déduites des paramètres spécifiés dans la Publication 56 de la CEI (voir tableaux IIIA et IIIB). En supposant des oscillations à une seule fréquence, ces valeurs représentent $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ des valeurs des fréquences les plus basses spécifiées dans la Publication 56 de la CEI 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 X et XI.
- 3) *Suite d'essais 3* — La présente norme ne spécifie pas de caractéristiques de T.T.R., tandis que le paragraphe 13.1.2 précise qu'une résistance doit être connectée en parallèle avec les réactances