

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
TR 61818**

Première édition
First edition
2003-05

**Guide d'application
pour les fusibles basse tension**

**Application guide
for low-voltage fuses**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 61818:2003

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC**
TR 61818

Première édition
First edition
2003-05

**Guide d'application
pour les fusibles basse tension**

**Application guide
for low-voltage fuses**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	12
4 Avantages des fusibles	12
5 Construction du fusible et fonctionnement	14
5.1 Élément de remplacement	14
5.2 Socle	20
5.3 Poignées de manœuvre et ensembles porteurs	20
6 Combinés-fusibles	20
7 Choix du fusible et marquage	24
8 Protection des conducteurs	26
8.1 Type gG	26
8.2 Types gN et gD	28
9 Coordination des dispositifs de protection	28
9.1 Généralités	28
9.2 Sélectivité entre fusibles	30
9.3 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement supérieur ou égal à 0,1 s	30
9.4 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement inférieur à 0,1 s	32
9.5 Vérification de la sélectivité totale	32
9.6 Sélectivité de disjoncteurs en amont de fusibles	32
9.7 Sélectivité de fusibles en amont de disjoncteurs	34
10 Protection contre les dommages dus au court-circuit	38
11 Protection des condensateurs de correction de facteur de puissance	38
12 Protection de transformateur	40
13 Protection de circuit moteur	42
13.1 Protection moteur	42
13.2 Coordination entre fusible et démarreur de moteur	42
14 Protection des disjoncteurs	44
15 Protection des semiconducteurs	44
16 Fusibles sous enveloppes	44
16.1 Éléments de remplacement gG selon la CEI 60269-2-1, section I	44
16.2 Autres éléments de remplacement	46
17 Applications en courant continu	46
17.1 Protection contre les courts-circuits	46
17.2 Protection contre les surcharges	46
17.3 Caractéristiques temps-courant	48
18 Coupure automatique pour les installations des bâtiments	50
18.1 Généralités	50
18.2 Principe de la protection	50
18.3 Exemples	52
Bibliographie	56

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 Fuse benefits	13
5 Fuse construction and operation	15
5.1 Fuse-link	15
5.2 Fuse-base	21
5.3 Replacement handles and fuse-holders	21
6 Fuse-combination units	21
7 Fuse selection and markings	25
8 Conductor protection	27
8.1 Type gG	27
8.2 Types gN and gD	29
9 Coordination of protective devices	29
9.1 General	29
9.2 Discrimination between fuses	31
9.3 Verification of discrimination for operating time $\geq 0,1$ s	31
9.4 Verification of discrimination for operating time $< 0,1$ s	33
9.5 Verification of total discrimination	33
9.6 Discrimination of circuit-breakers upstream of fuses	33
9.7 Discrimination of fuses upstream of circuit-breakers	35
10 Short-circuit damage protection	39
11 Protection of power factor correction capacitors	39
12 Transformer protection	41
13 Motor circuit protection	43
13.1 Motor protection	43
13.2 Fuse and motor-starter coordination	43
14 Circuit-breaker protection	45
15 Semiconductor protection	45
16 Fuses in enclosures	45
16.1 Fuse-links of type gG according to IEC 60269-2-1, section I	45
16.2 Other fuse-links	47
17 DC applications	47
17.1 Short-circuit protection	47
17.2 Overload protection	47
17.3 Time-current characteristics	49
18 Automatic disconnection for installations in buildings	51
18.1 General	51
18.2 Principle of the protection	51
18.3 Examples	53
Bibliography	57

Figure 1 – Élément de remplacement typique selon la CEI 60269-2-1 section II.....	16
Figure 2 – Élément de remplacement typique selon la CEI 60269-2-1, section I.....	18
Figure 3 – Fonctionnement du fusible à courant limité.....	20
Figure 4 – Sélectivité – Schéma général du réseau.....	30
Figure 5 – Vérification de la sélectivité entre les fusibles F_2 et F_4 pour un temps de fonctionnement $t \geq 0,1$ s.....	32
Figure 6 – Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur C_2 et les fusibles F_5, F_6	34
Figure 7 – Vérification de la sélectivité entre le fusible F_2 et le disjoncteur C_3 pour un temps de fonctionnement $t \geq 0,1$ s.....	36
Figure 8 – Vérification de la sélectivité entre le fusible F_2 et le disjoncteur C_3 pour un temps de fonctionnement $t < 0,1$ s.....	38
Figure. 9 – Coordination entre fusible et démarreur.....	42
Figure 10 – Circuit en courant continu dans des conditions transitoires.....	46
Figure 11 – Coupure en courant continu.....	48
Figure 12 – Temps de fonctionnement du fusible pour différentes constantes de temps en courant continu.....	50
Figure 13 – Caractéristique temps-courant pour U_0	52
Tableau 1 – Définitions et symboles des combinés-fusibles.....	3
Tableau 2 – Application des fusibles.....	24
Tableau 3 – Tension maximale d'emploi d'éléments de remplacement.....	26
Tableau 4 – Pouvoirs de coupure minimaux assignés selon la CEI 60269-2.....	26
Tableau 5 – Choix du fusible pour les condensateurs de correction de facteur de puissance (Fusibles selon la CEI 60269-2-1 section I).....	40
Tableau 6 – Constantes de temps de circuits typiques en courant continu.....	48

Figure 1 – Typical fuse-link according to IEC 60269-2-1 section II...	17
Figure 2 – Typical fuse-link according to IEC 60269-2-1, section I.....	19
Figure 3 – Current-limiting fuse operation	21
Figure 4 – Discrimination – General network diagram	31
Figure 5 – Verification of discrimination between fuses F_2 and F_4 for operating time $t \geq 0,1$ s ..	33
Figure 6 – Verification of discrimination between circuit-breaker C_2 and fuses F_5 , F_6	35
Figure 7 – Verification of discrimination between fuse F_2 and circuit-breaker C_3 for operating time $t \geq 0,1$ s	37
Figure 8 – Verification of discrimination between fuse F_2 and circuit-breaker C_3 for operating time $t < 0,1$ s.....	39
Figure 9 – Fuse and motor-starter coordination.....	43
Figure 10 – DC circuit under transient conditions	47
Figure 11 – DC breaking operation	49
Figure 12 – Fuse melting time at various d.c. circuit time constants	51
Figure 13 – Time-current characteristic for U_0	53
Table 1 – Definitions and symbols of fuse-combination units	23
Table 2 – Fuse application.....	25
Table 3 – Maximum operational voltage of fuse-links	27
Table 4 – Minimum rated breaking capacities according to IEC 60269-2.....	27
Table 5 – Fuse selection for power factor correction capacitors (Fuses according to IEC 60269-2-1, section I).....	41
Table 6 – Time constants of typical d.c. circuits.....	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE D'APPLICATION POUR LES FUSIBLES BASSE TENSION

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 61818 qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 32B: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, du comité d'études 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
32B/424/DTR	32B/429/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**APPLICATION GUIDE
FOR LOW-VOLTAGE FUSES**

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 61818, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 32B: Low-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

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

Enquiry draft	Report on voting
32B/424/DTR	32B/429/RVC

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

Les effets des surintensités sur le matériel électrique peuvent être dramatiques si aucune protection appropriée n'est fournie, par exemple:

- fusion des conducteurs ou des jeux de barres;
- vaporisation du métal;
- ionisation des gaz;
- arc, feu et explosion;
- dégradation de l'isolation.

En plus du danger pour le personnel, des pertes économiques significatives peuvent résulter des arrêts d'exploitation ainsi que des réparations obligatoires pour restaurer le matériel endommagé.

Les fusibles sont des moyens de protection contre les surintensités couramment utilisés aujourd'hui.

INTRODUCTION

The effects of overcurrent on electrical equipment can be dramatic if no appropriate protection is provided, for example:

- melting of conductors or busbars;
- vaporization of metal;
- ionization of gases;
- arcing, fire and explosion;
- insulation damage.

Apart from being hazardous to personnel, significant economic losses can result from downtime and the repairs required to restore damaged equipment.

Fuses are common overcurrent protective devices in use today.

GUIDE D'APPLICATION POUR LES FUSIBLES BASSE TENSION

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique, qui est un guide d'application des fusibles basse tension, montre que les fusibles limiteurs de courant sont faciles à utiliser pour protéger le matériel électrique complexe et sensible d'aujourd'hui. Ce guide couvre spécifiquement les fusibles basse tension de tensions égales à 1 000 V en courant alternatif et 1 500 V en courant continu selon la CEI 60269. Ce guide fournit des informations sur les applications des fusibles qui ne sont pas couvertes par la norme, ainsi que sur les éléments importants qui sont difficiles à y trouver.

Dans le but de mettre ce guide à jour avec les nouveaux développements, le lecteur est invité à adresser ses commentaires et son expérience d'application à son Comité National.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60146-6:1992, *Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 6: Guide d'application pour la protection par fusibles des convertisseurs contre les surintensités*

CEI 60269 (toutes les parties), *Fusibles basse tension*

CEI 60269-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60269-2:1986, *Fusibles basse tension – Partie 2: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels)*

CEI 60269-2-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 2-1: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels) – Sections I à V: Exemples de fusibles normalisés*

CEI 60269-3-1:1994, *Fusibles basse tension – Partie 3-1: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées (fusibles pour usages essentiellement domestiques et analogues) – Sections I à IV*

CEI 60269-4:1986, *Fusibles basse tension – Partie 4: Prescriptions supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs*

CEI 60364-4-41:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-5-52:1993, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations*

CEI 60947-3:1999, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

CEI 60947-4-1:2000, *Appareillage à basse tension – Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

CEI 61459:1996, *Fusibles basse tension – Coordination entre fusibles et contacteurs/démarreurs – Guide d'application*

APPLICATION GUIDE FOR LOW-VOLTAGE FUSES

1 Scope

This technical report, which serves as an application guide for low-voltage fuses, shows how current-limiting fuses are easy to apply to protect today's complex and sensitive electronic equipment. This guide specifically covers low-voltage fuses up to a.c. 1 000 V and d.c. 1 500 V according to IEC 60269. This guide provides information on the application of fuses, which are not always covered, as well as important facts, which are sometimes difficult to locate in standards.

In the interest of keeping the guide current and up to date with new developments, readers are invited to comment on this guide and their application experience to their National Committees.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60146-6:1992, *Semiconductor convertors – Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses*

IEC 60269 (all parts), *Low-voltage fuses*

IEC 60269-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2:1986, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application)*

IEC 60269-2-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 2-1: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Sections I to V: Examples of types of standardized fuses*

IEC 60269-3-1:1994, *Low-voltage fuses – Part 3-1: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) – Sections I to IV*

IEC 60269-4:1986, *Low-voltage fuses – Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices*

IEC 60364-4-41:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-52:1993, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60947-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1:2000, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 61459:1996, *Low-voltage fuses – Coordination between fuses and contactors/motor-starters – Application guide*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

interrupteur (mécanique)

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris éventuellement les conditions spécifiées de surcharge en service, ainsi que de supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit

NOTE Un interrupteur peut être capable d'établir des courants de court-circuit, mais n'est pas capable de les couper.

[VEI 441-14-10]

3.2

sectionneur

appareil mécanique de connexion qui satisfait, en position d'ouverture, aux prescriptions spécifiées pour la fonction de sectionnement

[VEI 441-14-05, modifiée]

3.3

combiné-fusible

combinaison en un seul appareil, assemblé par le constructeur ou selon ses instructions, d'un appareil mécanique de connexion et d'un ou plusieurs fusibles

[VEI 441-14-04, modifiée]

3.4

interrupteur à fusibles

interrupteur dans lequel un ou plusieurs pôles comportent un fusible en série dans un appareil combiné

[VEI 441-14-14]

3.5

fusible-interrupteur

interrupteur dans lequel un élément de remplacement ou un porte-fusible avec son élément de remplacement forme le contact mobile

[VEI 441-14-17]

4 Avantages des fusibles

Les fusibles limiteurs de courant offrent une protection complète contre les effets des surintensités, en protégeant à la fois les circuits électriques et leurs composants. Les fusibles offrent une combinaison de caractéristiques exceptionnelles, par exemple:

- a) Haut pouvoir de coupure (courant assigné de coupure).
- b) Calcul complexe des courts-circuits inutile.
- c) Extension aisée des installations entraînant une augmentation des courants de défaut sans incidence sur le coût.
- d) Correction du défaut obligatoire avant la remise en fonctionnement.

Contrairement aux autres dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC), les fusibles ne peuvent être réenclenchés, obligeant ainsi les utilisateurs à identifier et corriger les causes des surintensités avant de réalimenter le circuit.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following definitions apply.

3.1

switch (mechanical)

mechanical switching device capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions, which may include specified operating overload conditions and also carrying, for a specified time, currents under specified abnormal conditions such as those of short circuits

NOTE A switch may be capable of making but not breaking, short circuit currents.

[IEV 441-14-10]

3.2

disconnecter

mechanical switching device that, in the open position, complies with the requirements specified for isolating function

[IEV 441-14-05, modified]

3.3

fuse-combination unit

combination of a mechanical switching device and one or more fuses in a composite unit, assembled by the manufacturer or in accordance with his instructions

[IEV 441-14-04, modified]

3.4

switch-fuse

switch in which one or more poles have a fuse in series in a composite unit

[IEV 441-14-14]

3.5

fuse-switch

switch in which a fuse-link or a fuse-carrier with fuse-link forms the moving contact

[IEV 441-14-17]

4 Fuse benefits

The current-limiting fuse provides complete protection against the effects of overcurrents by protecting both electric circuits and their components. Fuses offer a combination of exceptional features, for example:

- a) High breaking capacity (current interrupting rating).
- b) No need for complex short-circuit calculations.
- c) Easy and inexpensive system expansion involving increased fault currents.
- d) Mandatory fault elimination before resetting.

Unlike other short-circuit protective devices (SCPD), fuses cannot be reset, thus forcing the user to identify and correct the overcurrent condition before re-energizing the circuit.

e) Fiabilité

Pas de pièces amovibles d'usure ou pouvant être détériorées par la poussière, l'huile ou la corrosion. Le remplacement du fusible assure que la protection est restaurée à son stade initial d'intégrité.

f) Protection au meilleur coût.

Leur taille compacte offre une protection économique contre les courants de court-circuit élevés.

g) Protection de type 2 sans dommage selon la CEI 60947-4-1.

En limitant l'énergie et les courants de crête des courts-circuits à de très bas niveaux, les fusibles sont particulièrement appropriés pour la protection de type 2 sans endommager les composants du circuit du moteur. Ce type de protection peut être réalisé sans utiliser un fusible de calibre inférieur.

h) Fonctionnement sûr et silencieux.

Pas d'émission de gaz, de flammes, d'arc ou d'autres matériaux lors de la coupure des plus hauts niveaux de courants de court-circuit. De plus, la vitesse de fonctionnement pour des courants de court-circuit élevés limite de façon significative le risque d'arc à l'endroit du défaut.

i) Coordination aisée.

Les caractéristiques normalisées des fusibles et leur pouvoir de limitation élevé assurent une coordination efficace avec les autres dispositifs.

j) Performances normalisées.

Les éléments de remplacement selon la CEI 60269 assurent la disponibilité à travers le monde pour l'interchangeabilité avec des caractéristiques normalisées.

k) Amélioration de la qualité de l'alimentation.

Les fusibles limiteurs coupent des courants de défaut élevés en quelques millisecondes, réduisant ainsi les creux de tension dans le système d'alimentation à une valeur négligeable.

l) Inviolabilité.

Une fois installés, les fusibles ne peuvent être modifiés ou ajustés pour changer leur niveau de performance, évitant ainsi un mauvais fonctionnement.

5 Construction du fusible et fonctionnement

Un fusible est un dispositif de protection, qui se compose

- de l'élément de remplacement,
- du socle,
- du porte-fusible ou de la poignée de manipulation.

Ces composants peuvent être intégrés dans un combiné-fusible.

5.1 Élément de remplacement

Les Figures 1 et 2 montrent la conception d'un élément de remplacement typique basse tension à usage industriel. De tels éléments de remplacement sont communément appelés limiteurs de courant ou à haut pouvoir de coupure. Les éléments de remplacement selon la CEI 60269-2-1 (fusibles à usage industriel) ont un pouvoir de coupure d'au moins 50 kA en courant alternatif ou 25 kA en courant continu avec des courants assignés compris entre 2 A et 6 000 A. Les éléments de remplacement selon la CEI 60269-3-1 (fusibles à usage domestique) couvrent une gamme de courants assignés de 2 A à 100 A avec un pouvoir de coupure d'au moins 6 kA en courant alternatif.

e) Reliability.

No moving parts to wear out or become contaminated by dust, oil or corrosion. Fuse replacement ensures protection is restored to its original state of integrity.

f) Cost effective protection.

Compact size offers low cost overcurrent protection at high short-circuit levels.

g) No damage for type 2 protection according to IEC 60947-4-1.

By limiting short-circuit energy and peak currents to extremely low levels, fuses are particularly suitable for type 2 protection without damage to components in motor circuits. This type of protection may be achieved without installing a fuse with a smaller ampere rating.

h) Safe, silent operation.

No emission of gas, flames, arcs or other materials when clearing the highest levels of short-circuit currents. In addition, the speed of operation at high short-circuit currents significantly limits the arc flash hazard at the fault location.

i) Easy coordination.

Standardized fuse characteristics and a high degree of current limitation ensure effective coordination between fuses and other devices.

j) Standardized performance

Fuse-links according to IEC 60269 ensure availability of replacements with standardized characteristics throughout the world.

k) Improved power supply quality.

Current-limiting fuses interrupt high fault currents in a few milliseconds, minimizing dips in system supply voltage.

l) Tamperproof.

Once installed, fuses cannot be modified or adjusted in order to change their level of performance, thus malfunction is avoided.

5 Fuse construction and operation

A fuse is a protective device comprising

- the fuse-link,
- the fuse-base,
- the fuse-carrier or replacement handle.

These components may be integrated in a fuse combination unit.

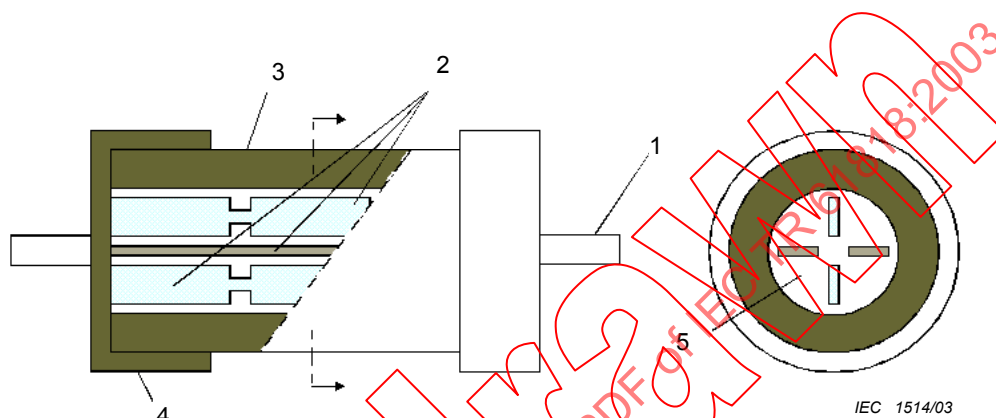
5.1 Fuse-link

Figures 1 and 2 show the design of typical low voltage fuse-links for industrial application. Such fuse-links are commonly called current-limiting or high breaking capacity fuse-links. Fuse-links according to IEC 60269-2-1 (fuses for industrial application) shall have a breaking capacity of at least a.c. 50 kA or 25 kA d.c. at current ratings from 2 A to 6 000 A. Fuse-links according to IEC 60269-3-1 (fuses for household application) cover current ratings from 2 A to 100 A with a breaking capacity of at least a.c. 6 kA.

5.1.1 Élément fusible

L'élément fusible est habituellement constitué d'élément en argent plat ou en cuivre avec des découpes dans leur section. Cette forme de découpe est une des caractéristiques importantes de la conception du fusible, réalisée généralement au moyen d'un poinçonnage de précision.

Le matériau de thermo-protection est ajouté à l'élément fusible afin d'assurer le fonctionnement du fusible en cas de faible surcharge. La pureté du matériau de l'élément fusible et ses dimensions physiques précises sont d'une importance vitale pour la fiabilité du fonctionnement du fusible.



Légende

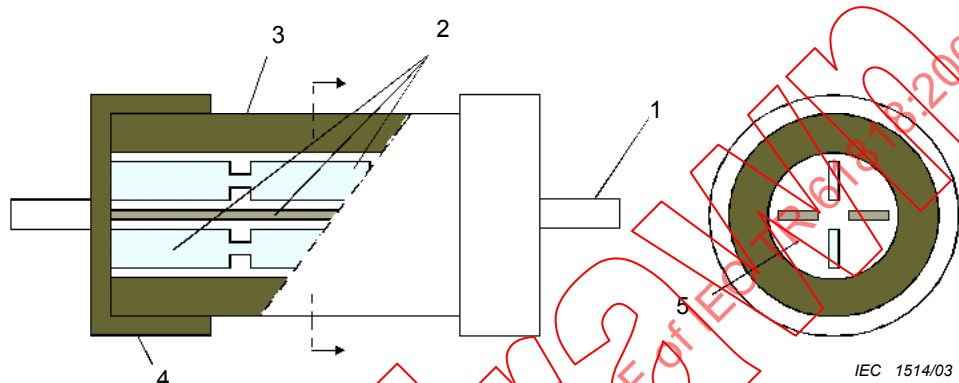
- 1 Contact à couteau
- 2 Eléments fusibles
- 3 Corps du fusible
- 4 Capsule
- 5 Matériau de remplissage

Figure 1 – Élément de remplacement typique selon la CEI 60269-2-1, section II

5.1.1 Fuse-element

The fuse-element is usually made of flat silver or copper with restrictions in the cross-section. This restriction pattern is one of the important features of fuse design, normally achieved by precision stamping.

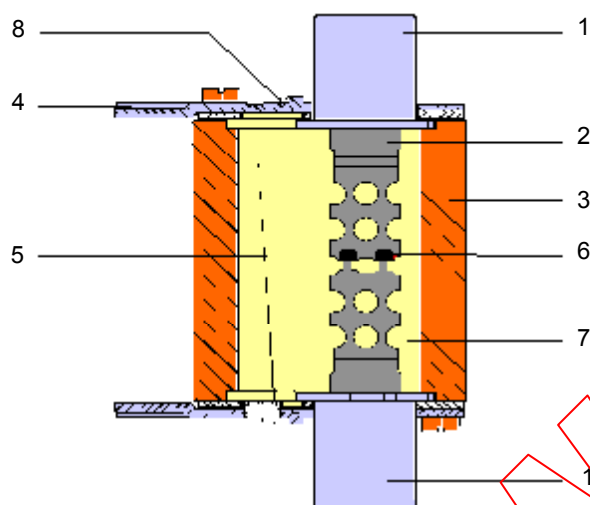
M-effect material is added to the fuse-element to achieve controlled fuse operation in the overload range. The purity of the fuse-element materials and their precise physical dimensions are of vital importance for reliable fuse operation.



Key

- 1 Blade contact
- 2 Fuse-elements
- 3 Fuse body
- 4 End cap
- 5 Filler

Figure 1 – Typical fuse-link according to IEC 60269-2-1, section II



Légende

- 1 Contact à couteau
- 2 Élément fusible
- 3 Corps du fusible
- 4 Plaque d'extrémité (avec patte d'accrochage)
- 5 Fil indicateur
- 6 Matériau de thermo-protection
- 7 Matériau de remplissage
- 8 Indicateur

Figure 2 – Élément de remplacement typique selon la CEI 60269-2-1, section I

5.1.2 Fonctionnement du fusible

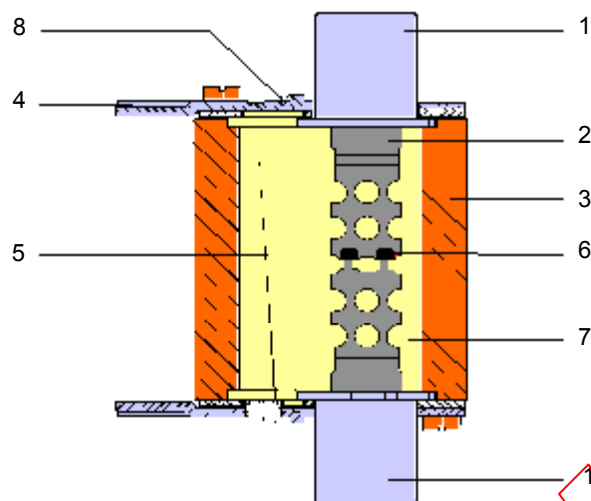
Pendant le court-circuit, les sections réduites fondent simultanément, ce qui forme une série d'arcs égale au nombre de découpes dans l'élément fusible. La tension d'arc qui en résulte assure une limitation rapide du courant et le ramène à zéro.

Le fonctionnement du fusible se fait en deux étapes (voir Figure 3):

- l'étape de préarc (t_m): l'échauffement des découpes jusqu'au point de fusion puis de vaporisation du matériau;
- l'étape d'arc (t_a): l'arc commence puis est éteint par le matériau de remplissage.

Les deux étapes donnent le temps de fonctionnement ($t_m + t_a$).

Les énergies générées par le courant pendant le temps de préarc et le temps de fonctionnement dans le circuit à protéger sont représentées respectivement par $I'^2 t$ de préarc et $I'^2 t$ de fonctionnement. Les courbes de la Figure 3 montrent la propriété de limitation de courant par l'élément de remplacement dans des conditions de court-circuit.

**Key**

- 1 Blade contact
- 2 Fuse-element
- 3 Fuse body
- 4 Endplate (with gripping lug)
- 5 Indicator wire
- 6 M-effect material
- 7 Filler
- 8 Indicator

Figure 2 – Typical fuse-link according to IEC 60269-2-1, section I

5.1.2 Fuse operation

During a short-circuit, the restrictions melt simultaneously forming a series of arcs equal to the number of restrictions in the fuse element. The resulting arc voltage ensures rapid current limitation and forces it to zero.

Fuse operation occurs in two stages (see Figure 3):

- the pre-arcing stage (t_m): the heating of the restrictions to the melting point and vaporization of the material;
- the arcing stage (t_a): the arc begins and is then extinguished by the filler.

Both stages make up the operating time ($t_m + t_a$).

The energies generated in the circuit to be protected by the current during pre-arcing time and operating time are represented by the pre-arcing I^2t and operating I^2t values, respectively. The diagrams in Figure 3 illustrate the current-limiting property of the fuse-link under short-circuit conditions.

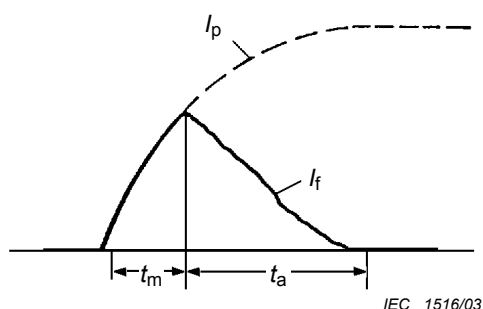


Figure 3a – Courant continu

t_m temps de préarc; t_a temps d'arc; I_p courant présumé; I_f courant de défaut limité par le fusible

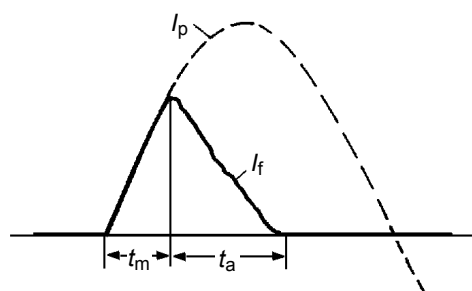


Figure 3b – Courant alternatif

Figure 3 – Fonctionnement du fusible à limitation de courant

5.1.3 Contacts de l'élément de remplacement

Les contacts de l'élément de remplacement permettent une connexion électrique entre l'élément de remplacement et les socles ou les porte-fusibles. Les contacts sont en cuivre ou en alliage de cuivre et sont normalement protégés de la formation de couches non conductrices par un revêtement.

5.1.4 Indicateur de fusion et percuteur

Certains fusibles sont munis d'indicateurs pour permettre une reconnaissance rapide du fonctionnement de l'élément de remplacement ou de percuteurs assurant également une action mécanique.

5.2 Socle

Le socle contient les contacts recevant l'élément de remplacement, les moyens de connexion pour les câbles ou les jeux de barre et le socle isolant.

5.3 Poignées de manœuvre et ensembles porteurs

Les poignées de manœuvre ou les porte-fusibles, le cas échéant, permettent de changer l'élément de remplacement dans un système sous tension selon des règles de sécurité spécifiées. Ils sont faits en matériau isolant et soumis aux essais prescrits pour les outils de sécurité. Dans certains systèmes, les porte-fusibles sont une partie intégrée au socle, éliminant la nécessité d'utiliser une poignée de manœuvre.

6 Combinés-fusibles

Les combinés-fusibles intègrent la fonction de protection de circuit assurée par l'élément de remplacement et la fonction de connexion du circuit assurée par l'interrupteur en un seul appareil. Les combinés-fusibles sont normalisés dans la CEI 60947-3 (voir Tableau 1).

Il existe deux types différents de combinés-fusibles:

- les interrupteurs à fusibles et les interrupteurs-sectionneurs à fusibles ont des interrupteurs connectés en série à l'élément de remplacement et sont des appareils à manœuvre dépendante manuelle (fonctionnement rapide);
- les fusibles-sectionneurs et les fusibles-interrupteurs-sectionneurs utilisent l'élément de remplacement lui-même formant le contact mobile et sont à manœuvre dépendante manuelle (dépendante de l'opérateur).

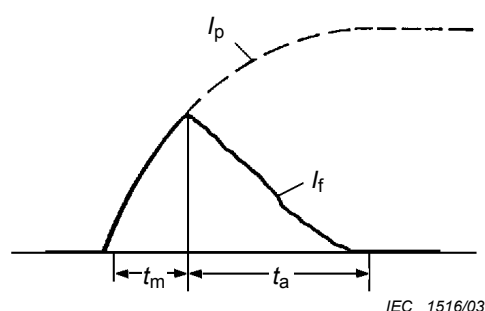


Figure 3a – DC current

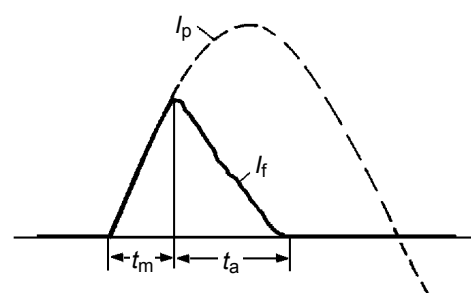


Figure 3b – AC current

t_m pre-arcing time; t_a arcing time; I_p prospective current; I_f current limited by the fuse.

Figure 3 – Current-limiting fuse operation

5.1.3 Fuse-link contacts

Fuse-link contacts provide electrical connection between the fuse-link and fuse-bases or fuse carriers. The contacts are made of copper or copper alloys and are normally protected against the formation of non-conductive layers by plating.

5.1.4 Indicating device and striker

Some fuses are equipped with indicators or strikers for quick recognition of fuse-link operation or strikers also providing a mechanical actuation.

5.2 Fuse-base

The fuse-base contains the matching contacts for the fuse-link, connecting means for cables or busbars and the base insulator.

5.3 Replacement handles and fuse-holders

Replacement handles or fuse-carriers, where applicable, enable changing fuse-links in a live system under specified safety rules. They are made of insulating material and subjected to tests as required for safety tools. For some systems, fuse-carriers are an integral part of the fuse-holder, eliminating the need to carry a replacement handle.

6 Fuse-combination units

Fuse-combination units integrate both circuit protection provided by fuse-links and circuit switching provided by the switch in one unit. Fuse-combination units are standardized in IEC 60947-3 (see Table 1).

Two different types of fuse-combination units exist:

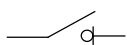
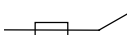
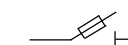
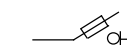
- switch-fuses and switch-disconnector-fuses with switches connected in series with the fuse-links and are devices with dependent manual operation (snap action);
- fuse-disconnectors and fuse-switch-disconnectors which use the fuse-link itself to form the moving part and are of dependent manual operation (operator dependent).

Les définitions peuvent être trouvées respectivement dans la CEI 60947-3 ou la CEI 60050(441). Les principales définitions sont rappelées ici pour une lecture plus facile; le texte complet se trouve à l'Article 3 de cette norme:

- 1) interrupteur (mécanique) (voir 3.1);
- 2) sectionneur (voir 3.2);
- 3) combiné-fusibles (voir 3.3);
- 4) interrupteur à fusibles (voir 3.4);
- 5) fusible-interrupteur (voir 3.5).

A partir de ces définitions de base, il y a de nombreuses variantes d'appareils illustrés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Définitions et symboles des combinés-fusibles

Fonction		
Etablissement et coupe du courant	Sectionnement	Etablissement, coupe et sectionnement
Interrupteur 2.1 de la CEI 60947-3 	Sectionneur 2.2 de la CEI 60947-3 	Interrupteur-sectionneur 2.3 de la CEI 60947-3 
Combiné-fusibles, 2.4 de la CEI 60947-3		
Interrupteur à fusibles 2.5 de la CEI 60947-3 	Sectionneur à fusibles 2.7 de la CEI 60947-3 	Interrupteur-sectionneur à fusibles 2.9 de la CEI 60947-3 
Fusible-interrupteur 2.6 de la CEI 60947-3 	Fusible-sectionneur 2.8 de la CEI 60947-3 	Fusible-interrupteur-sectionneur 2.10 de la CEI 60947-3 

NOTE Les numéros des paragraphes donnés dans le Tableau 1 se réfèrent à la CEI 60947-3.

La note de la définition de l'interrupteur, c'est-à-dire qu'un interrupteur peut être capable d'établir des courants de court-circuit, mais n'est pas capable de les couper, montre très clairement qu'un interrupteur n'a pas de pouvoir de coupe en court-circuit. Dans un combiné-fusible, le fusible assure cette fonction.

La plupart des combinés-fusibles avec des fusibles intégrés étant conçus comme des fusibles-interrupteurs-sectionneurs ou des interrupteurs à fusibles sectionneurs, ils peuvent être utilisés pour

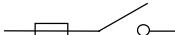
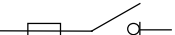
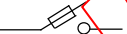
- la connexion d'une charge,
- le sectionnement,
- la protection contre les courts-circuits.

Definitions can be found in IEC 60947-3 or in IEC 60050(441). The main ones are recalled here for easier reading and their full description can be found in Clause 3:

- 1) switch (mechanical) (see 3.1);
- 2) disconnector (see 3.2);
- 3) fuse combination unit (see 3.3);
- 4) witch-fuse (see 3.4);
- 5) fuse-switch (see 3.5).

From these basic definitions, there are many variations of these devices as shown in Table 1.

Table 1 – Definitions and symbols of fuse-combination units

Function		
Connecting and disconnecting	Isolating	Connecting, disconnecting and isolating
Switch 2.1 of IEC 60947-3 	Disconnector 2.2 of IEC 60947-3 	Switch-disconnector 2.3 of IEC 60947-3 
Fuse-combination unit, 2.4 of IEC 60947-3		
Switch-fuse 2.5 of IEC 60947-3 	Disconnector-fuse 2.7 of IEC 60947-3 	Switch-disconnector-fuse 2.9 of IEC 60947-3 
Fuse-switch 2.6 of IEC 60947-3 	Fuse-disconnector 2.8 of IEC 60947-3 	Fuse-switch disconnector 2.10 of IEC 60947-3 

NOTE Subclause numbers given in Table 1 refer to IEC 60947-3.

The note to the definition of the switch, i.e. stating that a switch may be capable of making but not breaking, short-circuit currents, very clearly shows that a switch does not provide short-circuit breaking capacity. Within a fuse-combination unit however, the fuse takes over this function.

Since most of the fuse-combination units with the fuse as an integral unit are designed as fuse-switch disconnectors, or switch-fuse disconnectors, they may be used for

- load switching,
- isolating,
- short-circuit protection.

7 Choix du fusible et marquage

Il est nécessaire pour choisir le fusible de considérer le matériel à protéger et la source d'alimentation qui doit être interrompue. En fonction de la source d'alimentation, les paramètres suivants doivent être définis:

- la tension du réseau (tension d'emploi);
- la fréquence (pour les applications en courant continu, voir l'Article 17);
- le courant présumé de court-circuit.

Le choix d'un fusible pour une application spécifique implique l'étude des caractéristiques temps-courant et la zone de coupure. Les caractéristiques temps-courant déterminent le champ d'application tandis que la zone de coupure indique si le type de fusible doit être utilisé avec un dispositif complémentaire de protection contre les surintensités.

«Toute surintensité» signifie que le fusible peut interrompre n'importe quel courant capable de faire fondre l'élément fusible. Les fusibles toute surcharge peuvent être utilisés seuls comme des dispositifs de protection.

Les fusibles ne pouvant couper qu'une partie des courants ou les fusibles d'accompagnement sont conçus pour couper les courants de court-circuit seulement. Ils sont généralement utilisés pour augmenter le pouvoir de coupure d'autres dispositifs de protection contre les surintensités, par exemple, des organes de commande électroniques ou des disjoncteurs.

La CEI 60269-1 et la CEI 60269-4 spécifient les balises des caractéristiques temps-courant et la zone de coupure des fusibles suivants:

Tableau 2 – Application des fusibles

Type	Application (caractéristique)	Zone de coupure
gG	Usage général principalement pour la protection des conducteurs	Toute surintensité
gM	Protection des circuits moteurs	Toute surintensité
aM	Protection contre les courts-circuits des circuits moteurs	Courants de courts-circuits seulement
gN	Usage général pour la protection des conducteurs (fusibles de type nord-américain)	Toute surintensité
gD	Usage général pour la protection des conducteurs (fusibles retardés de type nord-américain)	Toute surintensité
aR	Protection des dispositifs à semiconducteurs	Courants de courts-circuits seulement
gR, gS	Protection des dispositifs à semiconducteurs	Toute surintensité
gL, gF, gI, gII	Ancien type de fusible pour la protection des conducteurs (remplacé par le type gG)	Toute surintensité

Les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées sont généralement interchangeables. Chaque élément de remplacement, socle ou ensemble porteur est par conséquent marqué de façon lisible et permanente avec les informations suivantes:

- nom du constructeur ou marque de fabrique;
- référence d'identification du constructeur permettant de retrouver ultérieurement toute information;
- tension assignée (voir Tableau 3);
- courant assigné;
- nature du courant (alternatif, continu);

7 Fuse selection and markings

Fuse selection needs to consider the equipment to be protected and the power supply that has to be interrupted. With respect to power supply, the following parameters shall be defined:

- system voltage (operational voltage);
- frequency (for d.c. applications, see Clause 17);
- prospective short-circuit current.

Fuse selection for a specific application involves consideration of the time-current characteristics and breaking range. The time-current characteristics determine the field of application, while the breaking range indicates whether fuses are to be used together with additional overcurrent protection devices.

"Full range" means that the fuse can break any current able to melt the fuse-element up to the rated breaking capacity. Full range fuses can be used as stand-alone protection devices.

Partial range, or back-up fuses, are designed to interrupt short-circuit currents only. They are generally used to increase the breaking capacity of other overcurrent protection devices, e.g. electronic controls or circuit-breakers.

IEC 60269-1 and IEC 60269-4 specify the types of time-current characteristics and the breaking range of the following fuses:

Table 2 – Fuse application

Type	Application (characteristic)	Breaking range
gG	General purpose mainly for conductor protection	Full range
gM	Motor circuit protection	Full range
aM	Short-circuit protection of motor circuits	Partial range (back-up)
gN	North American general purpose for conductor protection	Full range
gD	North American general purpose time-delay	Full range
aR	Semiconductor protection	Partial range (back-up)
gR, gS	Semiconductor protection	Full range
gL, gF, gI, gH	Former type of fuse for conductor protection (replaced by gG type)	Full range

Fuses for use by authorized persons are generally interchangeable. Each fuse-link, fuse-base or fuse-holder is therefore legibly and permanently marked with the following information:

- name of the manufacturer or trade name;
- manufacturer's identification reference enabling any further information to be found;
- rated voltage (see Table 3);
- rated current;
- type of current (a.c., d.c.);

- fréquence assignée si <45 Hz ou >62 Hz;
- taille ou référence.

De plus, chaque élément de remplacement porte les indications suivantes:

- pouvoir de coupure et catégorie d'utilisation (lettre de codification), si applicable (voir Tableau 2),
- pouvoir de coupure assigné (voir Tableau 4).

Les socles et les ensembles porteurs portant des marquages de caractéristiques assignées en courant alternatif peuvent être également utilisés en courant continu.

Des indications séparées sont portées sur les éléments de remplacement si ceux-ci sont prévus pour être utilisés en courant alternatif et en courant continu.

Les fusibles peuvent fonctionner jusqu'aux tensions maximales données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Tension maximale d'emploi d'éléments de remplacement

Type	Tension assignée V	Tension maximale d'emploi V
gG, gM, aR, aM, gR, gS	230	253
	400	440
	500	550
	690	725
gN, gD	600	600

Tableau 4 – Pouvoirs de coupure minimaux acceptables assignés selon la CEI 60269-2

Tension assignée V	Pouvoir de coupure selon la CEI 60269-2 kA
≤ 690 en courant alternatif	50
≤ 750 en courant continu	25

8 Protection des conducteurs

8.1 Type gG

Les éléments de remplacement de type gG sont capables d'interrompre toute surintensité dans les conducteurs avant qu'elle ne provoque un échauffement susceptible de détériorer l'isolation.

Le choix d'un élément de remplacement peut être effectué simplement selon les étapes suivantes:

- a) La tension maximale d'emploi (voir Tableau 3) d'un élément de remplacement doit être choisie supérieure ou égale à la tension maximale du réseau.
- b) Le courant d'emploi I_B du circuit est calculé.
- c) Le courant permanent admissible dans les conducteurs I_Z est choisi dans la CEI 60364-5-52.

- rated frequency if < 45 Hz or > 62 Hz;
- size or reference.

In addition, each fuse-link is marked with

- breaking range and utilization category (letter code), where applicable (see Table 2),
- rated breaking capacity (see Table 4).

Fuse-bases and fuse-holders marked with a.c. ratings may also be used for d.c.

Fuse-links are marked separately if they are provided for a.c. and d.c. applications.

Fuses may be operated up to the maximum voltage as given in Table 3.

Table 3 – Maximum operational voltage of fuse-links

Type	Rated voltage V	Maximum operational voltage V
gG, gM, aR, aM, gR, gS	230	253
	400	440
	500	550
	690	725
gN, gD	600	600

Table 4 – Minimum acceptable rated breaking capacities according to IEC 60269-2

Rated voltage V	Breaking capacity according to IEC 60269-2 kA
$\leq$ a.c. 690	50
$\leq$ d.c. 750	25

8 Conductor protection

8.1 Type gG

Fuse-links of type gG are able to break overcurrents in the conductors before such currents can cause a temperature rise detrimental to insulation.

Fuse-link selection can be easily made, taking the following steps:

- The maximum operational voltage (see Table 3) of the fuse-link is selected to be greater or equal to the maximum system voltage.
- The operational current I_B of the circuit is calculated.
- The continuous current-carrying capacity of the conductor I_Z is selected from IEC 60364-5-52.

- d) Le courant assigné I_n de l'élément de remplacement est choisi égal ou supérieur au courant d'emploi du circuit et égal ou inférieur au courant permanent admissible du conducteur:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

où

I_B est le courant d'emploi du circuit;

I_Z est le courant permanent admissible du conducteur (voir la CEI 60364-5-52);

I_n est le courant assigné de l'élément de remplacement.

8.2 Types gN et gD

Les prescriptions pour le choix des fusibles pour la protection des conducteurs sont données dans les règles d'installation nord-américaines.

- La tension assignée d'un fusible est choisie égale ou supérieure à la tension maximale du réseau.
- Le courant de charge est calculé et multiplié par 1,25 pour les charges permanentes (celles qui ont une durée égale ou supérieure à 3 h).
- La taille du conducteur est choisie dans le tableau du courant admissible (aptitude à transporter le courant) des règles d'installation.
- En règle générale, on choisit un fusible dont le courant assigné normalisé est compatible avec le courant admissible du conducteur. Pour les conducteurs dont le courant admissible est inférieur à 800 A, si le courant admissible du conducteur est compris entre deux courants assignés normalisés, le plus grand courant assigné est utilisé. Pour les conducteurs dont le courant admissible est égal ou supérieur à 800 A, si le courant admissible est compris entre deux courants assignés normalisés, alors le courant assigné le plus petit est utilisé.
- Le fusible est choisi pour protéger le conducteur dans les conditions de court-circuit. Dans la pratique, les normes nord-américaines des câbles ont été élaborées en concertation avec les constructeurs de fusibles afin de s'assurer que la protection contre les courts-circuits est réalisée. Pour les autres types de conducteurs, on compare la tenue assignée au court-circuit du conducteur aux caractéristiques du fusible pour s'assurer qu'aucun dommage ne peut arriver au conducteur.

9 Coordination des dispositifs de protection

9.1 Généralités

La sélectivité des dispositifs de protection est un point majeur qui doit être étudié lors de la conception d'installations basse tension. Le but de la sélectivité est de minimiser les conséquences d'un défaut. Seul le circuit en défaut doit être sectionné tandis que les autres doivent rester opérationnels. La sélectivité est obtenue si un défaut est éliminé par le dispositif de protection situé immédiatement en amont du défaut sans intervention d'autres dispositifs de protection.

Les explications suivantes sont applicables à l'utilisation la plus universelle, le réseau en étoile.

La sélectivité peut être expliquée en utilisant le schéma de réseau de la Figure 4. Selon ce schéma, plusieurs cas de sélectivité peuvent être considérés:

entre F_2 et F_4 $\Rightarrow$ voir 9.2

entre F_1 et F_3 $\Rightarrow$ voir 9.2

entre C_1 et F_3 $\Rightarrow$ voir 9.3

- d) The rated current I_n of the fuse-link is selected to be equal or greater than the operational current of the circuit and equal or smaller than the continuous current-carrying capacity of the conductor:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

where

I_B is the operational current of the circuit;

I_Z is the continuous current-carrying capacity of the conductor (see IEC 60364-5-52);

I_n is the rated current of the fuse-link.

8.2 Types gN and gD

The requirements for the selection of fuses for the protection of conductors are found in the North American wiring regulations.

- The voltage rating of the fuse is selected to be equal or greater than the maximum system voltage.
- The load current is calculated and multiplied by 1,25 for continuous loads (continuous loads are those which are present for 3 h or more).
- The conductor size is selected from an ampacity (current-carrying capacity) table found in the wiring regulations.
- The general rule for selecting the fuse is to select a standard fuse current rating to coincide with the conductor ampacity. For conductor ampacity less than 800 A, if the conductor ampacity falls between two standard fuse-link current ratings, the larger fuse-link current rating is used. For conductor ampacities of 800 A and over, if the ampacity falls in between two standard fuse-link current ratings, then the smaller fuse-link current rating is used.
- The fuse is selected to protect the conductor under short-circuit conditions. In practice, North American cable standards have been coordinated with fuse standards so that short-circuit protection is achieved. For other types of conductors, short-circuit withstand ratings are compared with the fuse characteristics to make sure that conductor damage does not occur.

9 Coordination of protective devices

9.1 General

Discrimination of protective devices is a major point to be considered when designing low-voltage installations. The aim of discrimination is to minimize the effects of a fault. Only the faulted circuit shall be disconnected while the others shall remain in service. Discrimination is achieved if a fault is cleared by the protective device situated immediately upstream of the fault without operation of other protective devices.

The following explanation applies to the most widespread application, the radial network.

Discrimination may be explained using the network diagram in Figure 4. Using this diagram, several cases of discrimination may be considered:

- | | |
|-------------------------|-----------|
| between F_2 and F_4 | ⇒ see 9.2 |
| between F_1 and F_3 | ⇒ see 9.2 |
| between C_1 and F_3 | ⇒ see 9.3 |

- entre C_2 et F_5, F_6 $\Rightarrow$ voir 9.3
 entre F_2 et C_3 $\Rightarrow$ voir 9.4
 entre F_1 et C_1 $\Rightarrow$ voir l'Article 14

Les outils essentiels pour rechercher la sélectivité entre des dispositifs de protection sont les caractéristiques temps-courant et les valeurs de I^2t . La CEI 60269-2-1 donne les caractéristiques temps-courant pour un temps supérieur ou égal à 0,1 s seulement. Les valeurs de I^2t pour un temps inférieur à 0,1 s doivent être données par le constructeur.

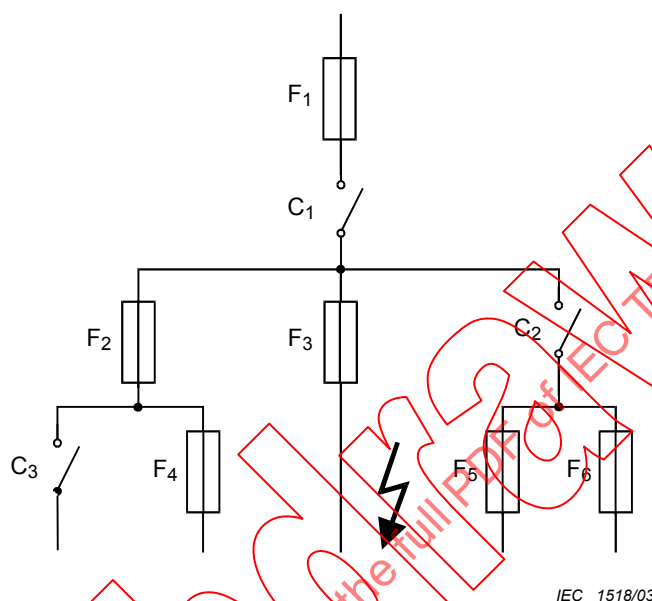


Figure 4 – Sélectivité – Schéma général du réseau

9.2 Sélectivité entre fusibles

La sélectivité entre des éléments de remplacement est vérifiée par les caractéristiques temps-courant pour des temps de fonctionnement supérieurs ou égaux à 0,1 s et les valeurs I^2t de préarc et de fonctionnement pour des temps de fonctionnement inférieurs à 0,1 s (voir Figures 4 et 5).

NOTE L' I^2t de fonctionnement dépend de la tension de fonctionnement tandis que l' I^2t de préarc n'en dépend pas. L' I^2t de fonctionnement sera vraisemblablement inférieur à la valeur publiée qui est donnée à la tension assignée du fusible.

9.3 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement supérieur ou égal à 0,1 s

Le temps maximal de fonctionnement du fusible F_4 doit être inférieur au temps minimal de préarc du fusible F_2 pour chaque valeur du courant présumé (voir Figure 5).

- between C_2 and F_5 , F_6 $\Rightarrow$ see 9.3
 between F_2 and C_3 $\Rightarrow$ see 9.4
 between F_1 and C_1 $\Rightarrow$ see Clause 14

The essential tools to investigate discrimination between protective devices are the time-current characteristics and I^2t values. IEC 60269-2-1 shows time-current characteristics for a time range of $\geq 0,1$ s only. The values of I^2t for a time range $< 0,1$ s shall be supplied by the manufacturer.

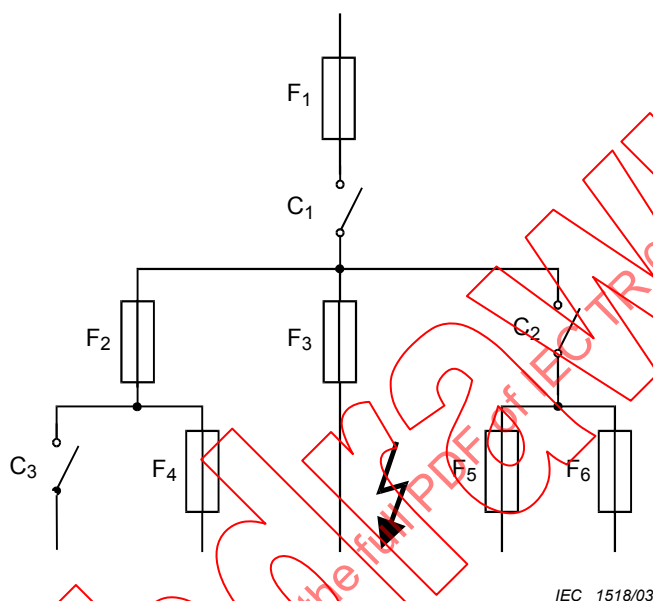


Figure 4 – Discrimination – General network diagram

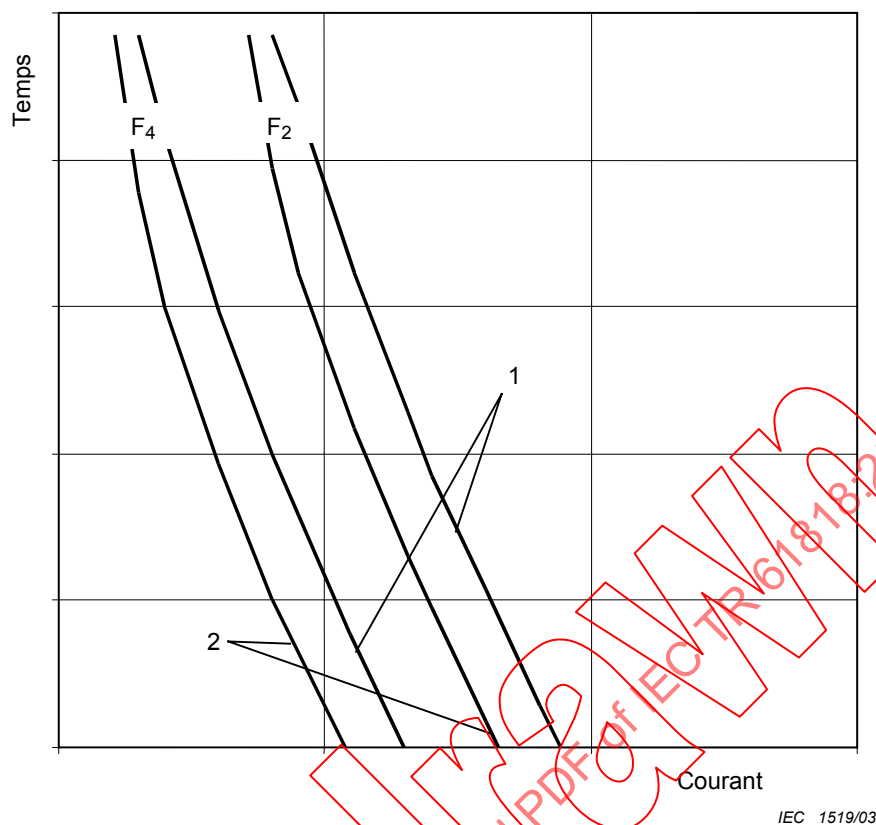
9.2 Discrimination between fuses

The discrimination between fuse-links is verified by means of the time-current characteristics for operating times $\geq 0,1$ s and the pre-arcing and operating I^2t values for operating times $< 0,1$ s (see Figures 4 and 5).

NOTE The operating I^2t is dependant on the operating voltage while the pre-arcing I^2t is not. The operating I^2t will likely be lower than the published value that is given to the rated fuse voltage.

9.3 Verification of discrimination for operating time $\geq 0,1$ s

The maximum operating time or the tripping characteristic of F_4 shall be less than the minimum pre-arcing time of F_2 for each value of prospective current (see Figure 5).



Légende

- 1 Temps maximal de fonctionnement
- 2 Temps minimal de préarc

Figure 5 – Vérification de la sélectivité entre les fusibles F_2 et F_4 pour un temps de fonctionnement $t \geq 0,1$ s

9.4 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement inférieur à 0,1 s

Pour ces temps de fonctionnement, on doit considérer les valeurs de I^2t . La valeur du I^2t maximal de fonctionnement du fusible F_4 doit être inférieure à la valeur du I^2t minimale de préarc du fusible F_2 .

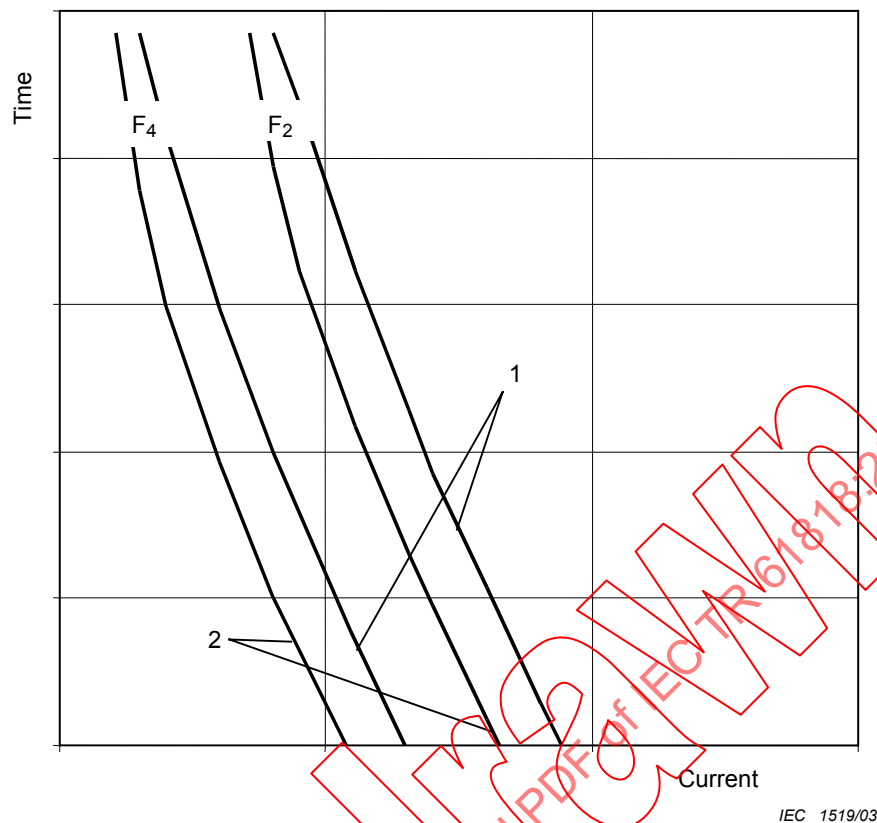
9.5 Vérification de la sélectivité totale

Les prescriptions de 9.3 et de 9.4 doivent être respectées pour satisfaire à la sélectivité totale entre les fusibles F_2 et F_4 . Ces vérifications sont effectuées en examinant les caractéristiques temps-courant et les valeurs de I^2t du constructeur.

Les fusibles de même type, par exemple gG, de courant assigné supérieur ou égal à 16 A, selon la CEI 60269-2-1, satisfont par définition aux prescriptions de sélectivité totale si le rapport des courants assignés est égal ou supérieur à 1,6:1. Il n'est pas nécessaire que l'utilisateur effectue de vérification supplémentaire.

9.6 Sélectivité de disjoncteurs en amont de fusibles

La sélectivité est vérifiée par les caractéristiques temps-courant, les valeurs de I^2t ou par des essais.



IEC 1519/03

Key

- 1 Maximum operating time
- 2 Minimum pre-arcing time

Figure 5 – Verification of discrimination between fuses F_2 and F_4 for operating time $t \geq 0,1$ s

9.4 Verification of discrimination for operating time $< 0,1$ s

For these operating times, the I^2t values shall be considered. The maximum operating I^2t value of F_4 must be lower than the minimum pre-arcing I^2t of F_2 .

9.5 Verification of total discrimination

Both above requirements set out in 9.3 and 9.4 shall be met to achieve total discrimination between F_2 and F_4 . These verifications are made by examination of the manufacturer's time-current characteristics and I^2t values.

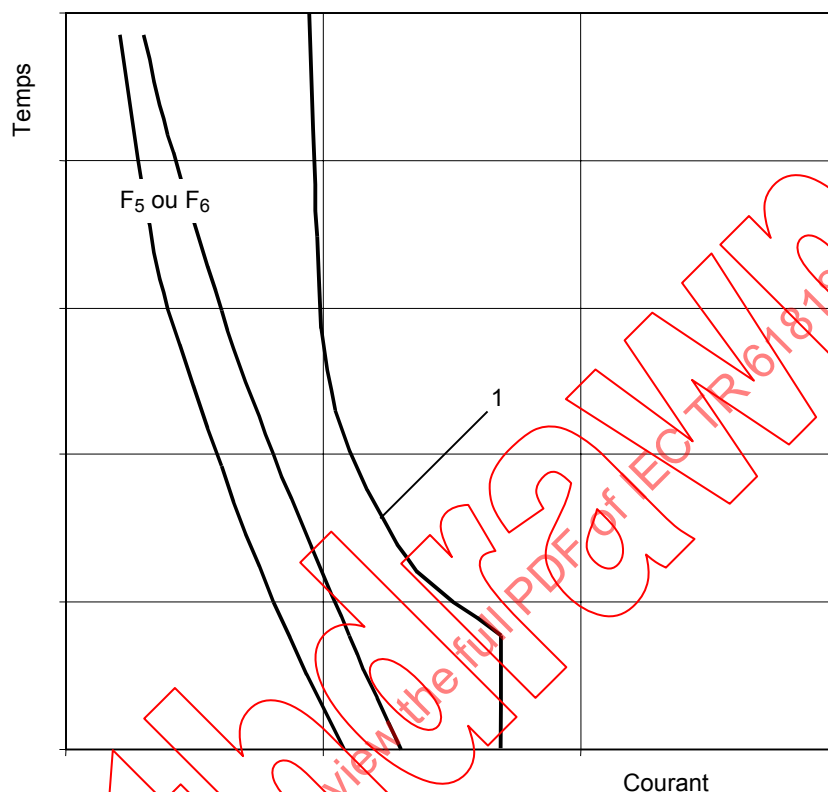
Fuses according to IEC 60269-2-1 of the same type, e.g. gG, with rated currents ≥ 16 A, meet these total discrimination requirements by definition if the ratio of rated currents is 1,6:1 or higher. No additional verification by the user is therefore needed.

9.6 Discrimination of circuit-breakers upstream of fuses

The discrimination is verified by using time-current characteristics, I^2t values or by testing.

9.6.1 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement supérieur ou égal à 0,1 s

Le temps maximal de fonctionnement des fusibles F_5 ou F_6 doit être inférieur au temps minimal de non-déclenchement du disjoncteur C_2 (voir Figure 6).



IEC 1520/03

Légende

1 Caractéristique minimale de non-déclenchement du disjoncteur C_2

Figure 6 – Vérification de la sélectivité entre le disjoncteur C_2 et les fusibles F_5 ou F_6 .

9.6.2 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement inférieur à 0,1 s

La sélectivité peut être déterminée par les valeurs de I^2t ou par un essai du fusible en conjonction avec le disjoncteur.

9.6.3 Vérification de la sélectivité totale

Les prescriptions de 9.6.1 et de 9.6.2 doivent être respectées pour satisfaire à la sélectivité totale entre le disjoncteur C_2 et les fusibles F_5 ou F_6 .

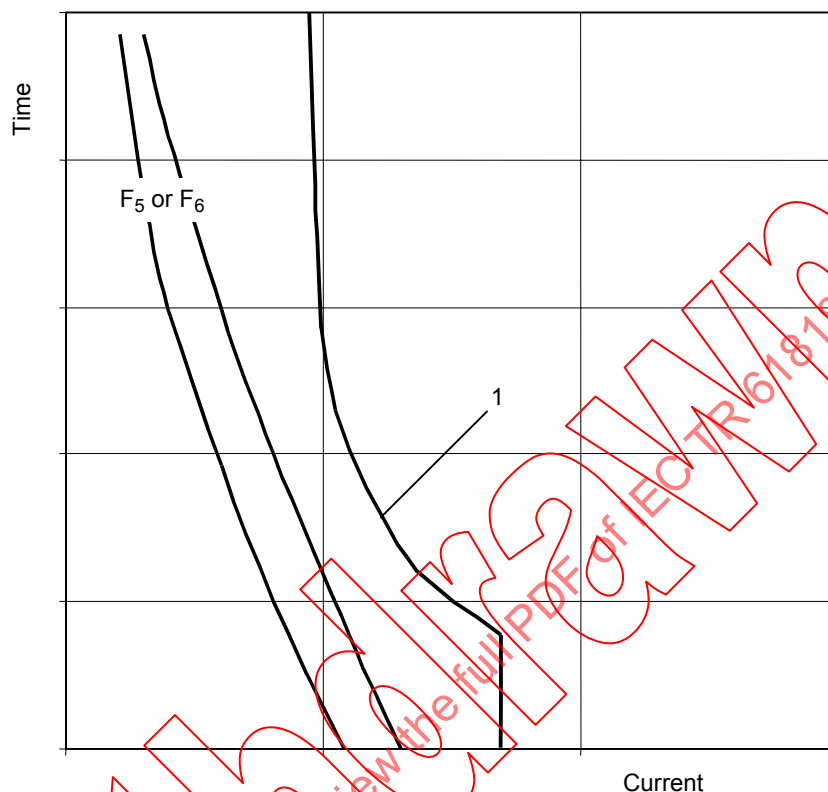
En pratique, les constructeurs de disjoncteurs donnent des tableaux de sélectivité entre les disjoncteurs et les fusibles choisis. De tels choix sont aussi valables pour des fusibles de courant assigné inférieur ou équivalent.

9.7 Sélectivité de fusibles en amont de disjoncteurs

La sélectivité est vérifiée par les caractéristiques temps-courant et les valeurs de I^2t ou par des essais.

9.6.1 Verification of discrimination for operating time $\geq 0,1$ s

The maximum operating time of F_5 or F_6 shall be lower than the minimum unlatching time of C_2 (see Figure 6).



IEC 1520/03

Key

1 Minimum unlatching characteristic of C_2

Figure 6 – Verification of discrimination between circuit-breaker C_2 and fuses F_5 and F_6

9.6.2 Verification of discrimination for operating time $< 0,1$ s

Discrimination may be determined using the I^2t values or by testing the fuse in conjunction with circuit-breaker.

9.6.3 Verification of total discrimination

The requirements of both 9.6.1 and 9.6.2 shall be fulfilled to obtain total discrimination between C_2 and F_5 or F_6 .

In practice, circuit-breaker manufacturers give discrimination tables between circuit-breakers and selected fuses. Such choices are also valid for equivalent or lower rated current fuses.

9.7 Discrimination of fuses upstream of circuit-breakers

The discrimination is verified by means of time-current characteristics and I^2t values or by testing.

9.7.1 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement supérieur ou égal à 0,1 s

Le temps maximal de fonctionnement ou caractéristique de déclenchement du disjoncteur C_3 doit être inférieur au temps minimal de préarc du fusible F_2 (voir Figure 7).

9.7.2 Vérification de la sélectivité pour un temps de fonctionnement inférieur à 0,1 s

Pour ces temps de fonctionnement, les caractéristiques I^2t doivent être utilisées (voir Figure 8).

La valeur maximale de I^2t de fonctionnement du disjoncteur C_3 doit être inférieure à la valeur minimale de I^2t de préarc du fusible F_2 .

9.7.3 Vérification de la sélectivité totale

Les prescriptions de 9.7.1 et de 9.7.2 doivent être respectées pour satisfaire à la sélectivité totale entre le disjoncteur C_3 et le fusible F_2 . Pour les courants présumés inférieurs à I_D (voir Figure 8), la sélectivité est réalisée. Pour les courants présumés supérieurs à I_D , la sélectivité n'est pas réalisée.



IEC 1521/03

Légende

- 1 Caractéristique de déclenchement du disjoncteur C_3 .

Figure 7 – Vérification de la sélectivité entre le fusible F_2 et le disjoncteur C_3 pour un temps de fonctionnement $t \geq 0,1$ s

9.7.1 Verification of discrimination for operating time $\geq 0,1$ s

The maximum operating time of the circuit-breaker C_3 shall be lower than the minimum pre-arcing time of the fuse F_2 (see Figure 7).

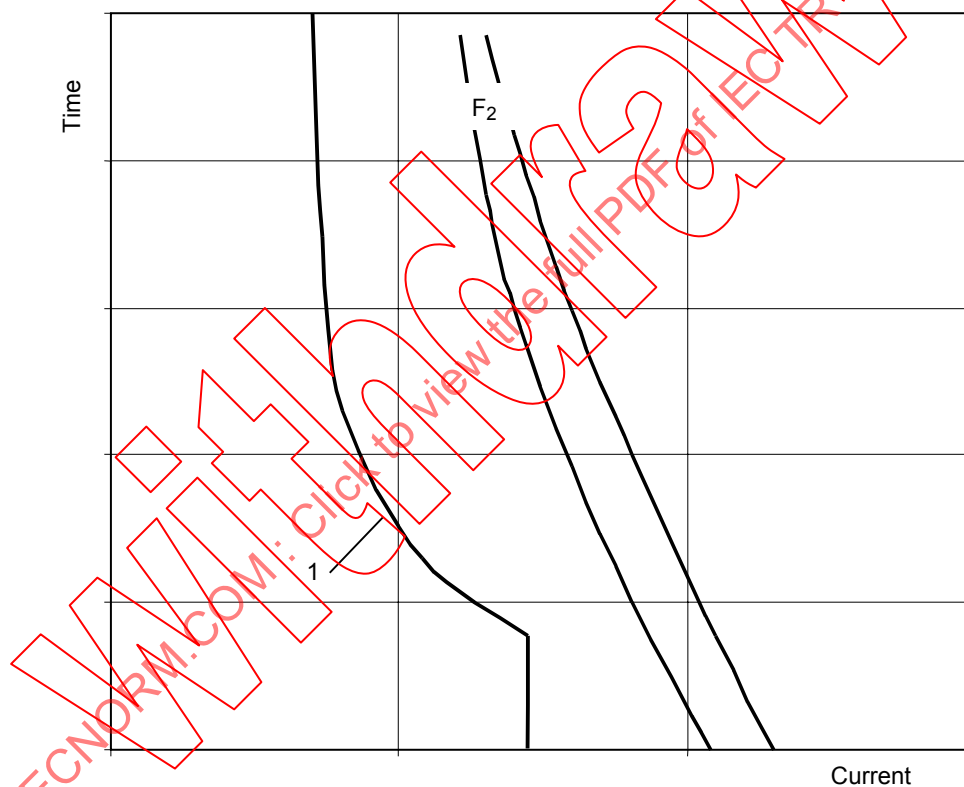
9.7.2 Verification of discrimination for operating time $< 0,1$ s

For these operating times, the I^2t characteristics shall be used (see Figure 8).

The maximum operating I^2t values of the circuit-breaker C_3 shall be lower than the minimum pre-arcing I^2t values of the fuse F_2 .

9.7.3 Verification of total discrimination

The requirements of both 9.7.1 and 9.7.2 shall be met to achieve total discrimination between C_3 and F_2 . For prospective currents below I_D (see Figure 8) discrimination is achieved. For prospective currents above I_D , discrimination is not achieved.

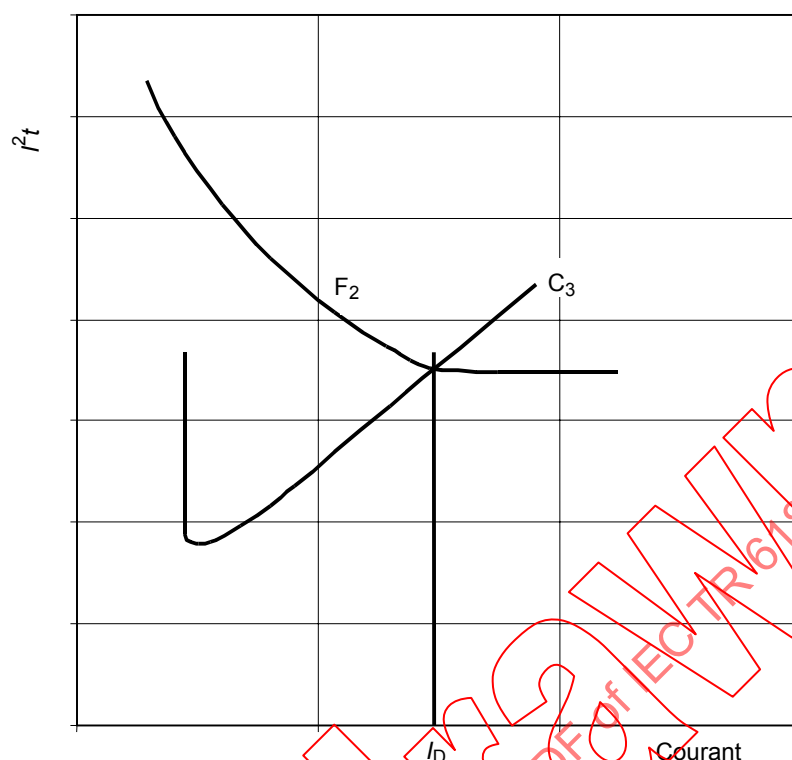


IEC 1521/03

Key

- 1 Tripping characteristic of C_3

Figure 7 – Verification of discrimination between fuse F_2 and circuit-breaker C_3 for operating time $t \geq 0,1$ s



IEC 1522/03

NOTE I_D est le courant limite de la sélectivité.

Figure 8 – Vérification de la sélectivité entre le fusible F_2 et le disjoncteur C_3 pour un temps de fonctionnement $t < 0,1$ s

10 Protection contre les dommages dus au court-circuit

A l'étude.

11 Protection des condensateurs de correction de facteur de puissance

La CEI 60269-1, la CEI 60269-2 et la CEI 60269-2-1 n'ont pas de prescriptions ou d'essais de vérification de service pour les fusibles utilisés dans des circuits comportant principalement des condensateurs. L'utilisation de fusibles de types gG et gN pour la protection contre les courts-circuits des condensateurs de correction de facteur de puissance selon la CEI 60269-2-1, a été cependant une pratique bien établie de l'ingénierie depuis de nombreuses années. Le fonctionnement fiable des fusibles de types gG et gN dans de telles applications requiert le choix d'éléments de remplacement satisfaisant aux considérations suivantes:

- courants d'appel élevés jusqu'à 100 fois le courant assigné du condensateur;
- courant permanent de fonctionnement jusqu'à 1,5 fois le courant assigné du condensateur (ceci inclut les harmoniques);
- augmentation de la tension de service de 1,2 fois durant 5 min pendant les périodes de faible charge;
- tolérances de charge du condensateur (et par conséquent du courant de fonctionnement) de +15 %;
- variation normale de la tension de service de 1,1 fois pendant 8 h.



NOTE I_D is the discrimination limit current.

Figure 8 – Verification of discrimination between fuse F_2 and circuit-breaker C_3 for operating time $t < 0,1$ s

10 Short-circuit damage protection

Under consideration.

11 Protection of power factor correction capacitors

IEC 60269-1, IEC 60269-2 and IEC 60269-2-1 do not contain any requirements or verification test duties for fuses in circuits containing primarily capacitors. The use of fuses according to IEC 60269-2-1, gG and gN types for short-circuit protection of power factor correction capacitors has, however, been well-established engineering practice for many years. Reliable function of gG and gN fuses in such applications requires selection of fuse-links with respect to the following considerations:

- high inrush currents up to 100 times rated current of the capacitor;
- continuous operating current up to 1,5 times rated current of the capacitor (this includes harmonics);
- increasing service voltage up to 1,2 times during low-load periods for 5 min;
- capacitance (and subsequently operating current) tolerances of +15 %;
- ordinary fluctuation of the service voltage up to 1,1 times for 8 h.

Le courant assigné de l'élément de remplacement est choisi de telle façon que:

- les courants d'appel ne fondent pas ou ne détériorent pas l'élément fusible,
- les surintensités potentielles ne conduisent pas à un fonctionnement prématuré des éléments de remplacement.

Le courant assigné d'un fusible de types gG et gN est choisi de 1,6 à 1,8 fois le courant assigné du condensateur seul ou du banc de condensateurs. Sous cette condition, le fusible donne une protection fiable des condensateurs contre les courts-circuits. La protection contre les surcharges – le cas échéant – nécessite d'être fournie par des moyens supplémentaires appropriés. En règle générale, les fusibles pour les condensateurs de correction de facteur de puissance doivent être surcalibrés en fonction de leur courant et tension assignés. Cela est particulièrement vrai en ce qui concerne les unités de petits condensateurs ayant un courant d'appel important par rapport à leur courant assigné.

NOTE Les sections des câbles de connexion sont choisies en fonction du courant assigné du fusible (voir 8.1).

Le choix du fusible recommandé pour les tailles et les tensions des condensateurs de correction de facteur de puissance les plus courantes est indiqué dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Choix du fusible pour les condensateurs de correction de facteur de puissance (fusibles selon la CEI 60269-2-1, section I)

Condensateur de correction de facteur de puissance	Tension assignée (réseau triphasé 50 Hz)		
	400 V k = 2,5	525 V k = 2	690 V k = 1,5
Fusible	500 V	690 V	1 000 V ^a
Taille du condensateur Q_N	Courant assigné I_N du fusible		
Jusqu'à 5 kVAR	16 A		
Jusqu'à 7,5 kVAR	20 A		
Jusqu'à 12,5 kVAR	32 A (35 A)	32 A (35 A)	
Jusqu'à 20 kVAR	50 A		32 A (35 A)
Jusqu'à 25 kVAR	63 A	50 A	
Jusqu'à 30 kVAR	80 A	63 A	50 A
Jusqu'à 40 kVAR	100 A	80 A	63 A
Jusqu'à 50 kVAR	125 A	100 A	80 A
Jusqu'à 60 kVAR	160 A	125 A	100 A
Jusqu'à 80 kVAR	200 A	160 A	125 A
Jusqu'à 100 kVAR	250 A	200 A	160 A
Jusqu'à 125 kVAR	315 A	250 A	200 A
Jusqu'à 160 kVAR	400 A	315 A	250 A
Jusqu'à 200 kVAR	500 A	400 A	315 A
Jusqu'à 250 kVAR	630 A	500 A	400 A

^a 690 V est également possible avec des fusibles de taille 1 minimum.

Le courant assigné du fusible peut être calculé selon la méthode empirique suivante:

$$I_N / A = k Q_N / \text{kVAR}$$

12 Protection de transformateur

A l'étude.

The rated current of the fuse-link is selected so that

- the inrush currents do not melt or deteriorate the fuse-element,
- potential over-currents do not lead to premature operation of the fuse-links.

The rated current of the gG and gN fuses is selected to be 1,6 to 1,8 times the rated current of the capacitor unit or capacitor bank. Under this condition, the fuse provides reliable short-circuit protection to the capacitors. Overload protection, if necessary, needs to be provided by additional suitable means. As a general rule, fuses for power factor correction capacitors have to be oversized with respect to rated current and rated voltage. This is especially true as regards small capacitor units having a higher inrush current related to their rated current.

NOTE Cross-sections of the connecting cables are selected according to the fuse current rating (see 8.1).

Recommended fuse selection for the most common sizes and voltages of power factor correction capacitors is shown in Table 5.

**Table 5 – Fuse selection for power factor correction capacitors
(fuses according to IEC 60269-2-1, section I)**

Power factor correction capacitor	Rated voltage (three-phase 50 Hz system)		
	400 V k = 2,5	525 V k = 2	690 V k = 1,5
Fuse	500 V	690 V	1 000 V ^a
Capacitor size Q_N	Rated current I_N of the fuse		
Up to 5 kVAR	16 A		
Up to 7,5 kVAR	20 A		
Up to 12,5 kVAR	32 A (35 A)	32 A (35 A)	
Up to 20 kVAR	50 A		32 A (35 A)
Up to 25 kVAR	63 A	50 A	
Up to 30 kVAR	80 A	63 A	50 A
Up to 40 kVAR	100 A	80 A	63 A
Up to 50 kVAR	125 A	100 A	80 A
Up to 60 kVAR	160 A	125 A	100 A
Up to 80 kVAR	200 A	160 A	125 A
Up to 100 kVAR	250 A	200 A	160 A
Up to 125 kVAR	315 A	250 A	200 A
Up to 160 kVAR	400 A	315 A	250 A
Up to 200 kVAR	500 A	400 A	315 A
Up to 250 kVAR	630 A	500 A	400 A

^a 690 V is also possible with fuses of size 1, minimum.

The rated current of the fuse may be calculated from the following rule of thumb:

$$I_N / A = k Q_N / \text{kVAR}$$

12 Transformer protection

Under consideration.

13 Protection de circuit moteur

13.1 Protection moteur

Les fusibles sont couramment utilisés pour la protection des moteurs et des démarreurs de moteur. Les fusibles d'usage général tels que les types gG et gN peuvent être utilisés à ce propos. Leur courant assigné doit être choisi afin de supporter le courant de démarrage du moteur, dépendant de la méthode de démarrage utilisée, par exemple:

- 6 à 8 fois le courant assigné du moteur alimenté en ligne directe,
- 3 à 4 fois le courant assigné du moteur alimenté en étoile-triangle ou par un auto-transformateur.

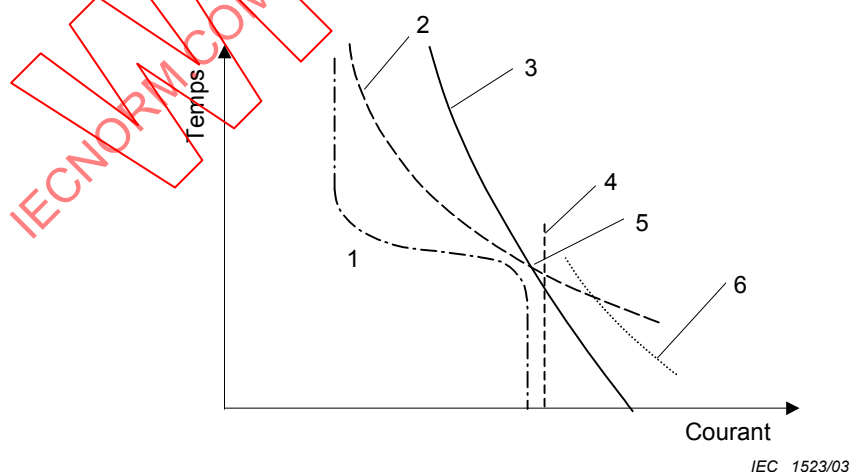
Le courant assigné du fusible peut donc être significativement plus élevé que le courant assigné du moteur.

Des types particuliers de fusibles existent pour cette application, par exemple des fusibles de type gD et gM qui sont des fusibles pouvant fonctionner à toutes les surcharges, et les fusibles d'accompagnement aM conçus pour protéger uniquement contre les courts-circuits. Ces types particuliers de fusibles sont conçus pour supporter des courants de démarrage élevés des moteurs sans nécessiter une augmentation du courant assigné comme c'est le cas pour les fusibles d'usage général. Les caractéristiques de ces fusibles peuvent être trouvées dans la CEI 60269-2 et la CEI 60269-2-1.

Les constructeurs de fusibles fournissent des données pour les fusibles d'application moteur. Les fusibles pour la protection des circuits moteur sont choisis afin d'assurer la discrimination avec la protection des moteurs donnée par un relais de surcharge associé au démarreur de moteur.

13.2 Coordination entre fusible et démarreur de moteur

Le but d'une coordination réussie est d'assurer une protection appropriée contre les courants de court-circuit et la sélectivité entre le démarreur et le fusible. Une sélectivité satisfaisante évitera la détérioration du contacteur et une ouverture intempestive du circuit moteur. Le point d'intersection des courbes caractéristiques du fusible et du démarreur doit être compris dans les limites du pouvoir de coupure du contacteur et le fusible est choisi de façon qu'il ne fonctionne pas lorsqu'il supporte le courant de démarrage du moteur (voir Figure 9).



Légende

- | | |
|--|---|
| 1 Courant du moteur | 4 Pouvoir de coupure du contacteur |
| 2 Caractéristique temps-courant du relais de surcharge | 5 Courant d'intersection I_c |
| 3 Caractéristique temps-courant de l'élément de remplacement | 6 Limites thermiques du relais de surcharge |

Figure 9 – Coordination entre fusible et démarreur

13 Motor circuit protection

13.1 Motor protection

Fuses are commonly used for the protection of motors and motor-starters. General-purpose fuses (gG and gN types) can be used for this purpose. Their current rating shall be chosen to withstand the starting current of the motor, which is dependent on the method of starting used, e.g.

- 6 to 8 times the rated motor current for direct on line,
- 3 to 4 times the rated motor current for star delta or autotransformer.

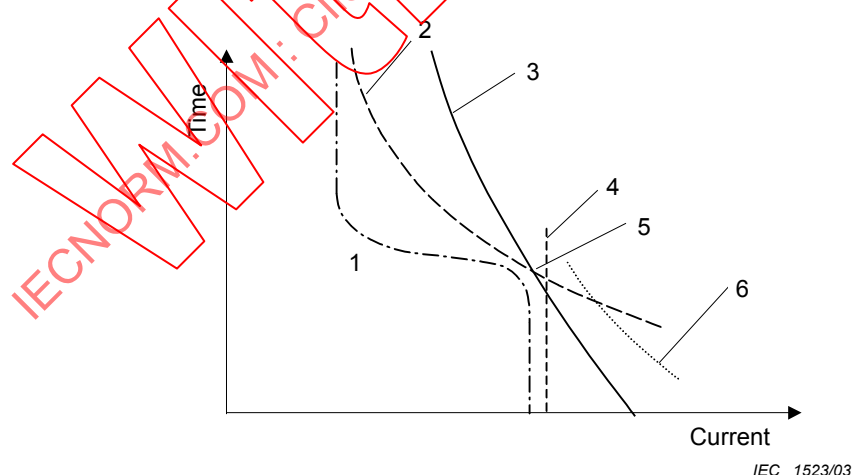
The rated current of the fuse may therefore be significantly higher than the rated current of the motor.

Special types of fuses exist for this application, such as gD and gM type fuses which are full range breaking capacity fuses and aM type back-up fuses designed to provide short-circuit protection only. These special types of fuses are designed to withstand high motor starting currents without the need for increasing the current rating as required for general purpose types. Characteristics for these types can be found in IEC 60269-2 and IEC 60269-2-1.

Fuse manufacturers provide motor fuse application data. Fuses for motor circuit protection are selected to discriminate with the motor protection provided by the overload-relay associated with the motor-starter.

13.2 Fuse and motor-starter coordination

The aim of successful coordination is to ensure adequate protection against short-circuit current and discrimination between starter and fuses. Satisfactory discrimination will avoid damage to the contactor and unexpected opening of the motor circuit. The cross-over point of the fuse and the starter characteristics shall be within the breaking capacity of the contactor and the fuse is selected so that it does not operate while carrying the starting current of the motor (see Figure 9).



Key

- | | |
|---|--|
| 1 Motor current | 4 Breaking capacity of the contactor |
| 2 Time-current characteristic of the overload relay | 5 Cross-over current I_c |
| 3 Time-current characteristic of the fuse-link | 6 Thermal limits of the overload relay |

Figure 9 – Fuse and motor-starter coordination

$L'/2t$ limité ne doit pas dépasser les valeurs que peut supporter le relais de surcharge du démarreur ou du contacteur ou les composants du circuit moteur.

Le courant de crête limité ne doit pas dépasser la valeur maximale du démarreur ou du contacteur.

Des informations complémentaires pour cette application de fusible peuvent être trouvées dans la CEI 61459.

14 Protection des disjoncteurs

Les disjoncteurs ayant des pouvoirs de coupure inférieurs au courant présumé de court-circuit doivent être protégés par un autre dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) ayant un pouvoir de coupure suffisamment élevé. Les éléments de remplacement offrent une solution économique efficace pour cette application (voir Figure 4, F_1 et C_1).

Le fusible peut être d'usage général (types gG et gN), d'accompagnement (aM), ou toutes surcharges (types gD et gM) pour les circuits moteur.

15 Protection des semiconducteurs

Voir la CEI 60146-6.

16 Fusibles sous enveloppes

Quand les fusibles sont installés dans des enveloppes ayant une dissipation de chaleur restreinte, leur température de fonctionnement peut atteindre un niveau qui modifie les caractéristiques normalisées. Les conditions de fonctionnement en service selon la CEI 60269-1 considèrent une ventilation naturelle avec une température ambiante inférieure ou égale à 40 °C.

Il n'y a pas de règle générale pour définir les limites de l'utilisation des fusibles dans les installations existantes, avec des espaces confinés dont la température ambiante est supérieure à 40 °C. Dans de tels cas, les fabricants du fusible et du matériel doivent être consultés.

16.1 Éléments de remplacement gG selon la CEI 60269-2-1, section I

Des recherches préliminaires montrent que la température limite des couteaux de 130 °C est appropriée. Il est suggéré d'utiliser cette température limite pour vérifier l'essai d'échauffement dans les ensembles d'appareillage à fusibles.

Cela donne des résultats satisfaisants pour les éléments de remplacement gG selon la CEI 60269-2-1, section I. Les avantages de mesurer la température du couteau plutôt que la température de l'air ambiant ou des bornes sont les suivants:

- facilité d'accès du point d'essai de l'élément fusible;
- mesure fiable de la température sur les contacts en matériau solide;
- applicable à toutes les conceptions d'appareillage à fusibles.

La durée de vie du fusible peut être réduite si les couteaux fonctionnent constamment à 130 °C. Si cette température de contact devait être maintenue en permanence, une valeur limite de température de 100 °C est recommandée.

The I^2t let-through shall not exceed the withstand values of the starter or contactor overload-relay or motor circuit components.

The peak let-through current shall not exceed the maximum withstand of the starter or its elements.

Additional fuse application information can be found in IEC 61459.

14 Circuit-breaker protection

Circuit-breakers with breaking capacities lower than the prospective short-circuit current shall be protected by another short-circuit protective device (SCPD) having a sufficiently high breaking capacity. Fuse-links offer a cost-effective solution for this application (see Figure 4, F_1 and C_1).

The fuse can be of the general purpose type (gG and gN), the back-up (aM), or full range (gD and gM) motor circuit type.

15 Semiconductor protection

See IEC 60146-6.

16 Fuses in enclosures

When fuses are installed in enclosures having restricted heat dissipation, their operating temperature may reach a level that changes their standardized characteristics. The conditions for operation in service according to IEC 60269-1 consider free air with ambient temperature up to 40 °C.

There is no general rule to determine the limits for the use of fuses in practical installations, with a confined space and whose fluid environment temperature is above 40 °C. In such cases, consult the fuse and equipment manufacturers.

16.1 Fuse-links of type gG according to IEC 60269-2-1, section I

Preliminary investigations show that the limiting blade temperature of 130 °C is appropriate. It is suggested to use this temperature limit to verify the temperature rise test in fuse gear assemblies.

This gives satisfactory results for gG fuse-links according to IEC 60269-2-1, section I. The advantages of measuring the blade contact temperature against ambient air or terminal temperature are as follows:

- closest accessible test point to fuse-element;
- dependable temperature measurement on solid metal contacts;
- applicable to all fuse gear designs.

Fuse life may be reduced if blades are operating continuously at 130 °C. If this blade temperature is expected to occur continuously, a temperature limit of 100 °C is recommended.

16.2 Autres éléments de remplacement

Pour d'autres éléments de remplacement ou des conditions d'utilisation inhabituelles, l'utilisateur devrait consulter le constructeur de fusibles.

17 Applications en courant continu

17.1 Protection contre les courts-circuits

Les fusibles limiteurs de courant sont généralement appropriés dans des applications en courant alternatif ou continu. Le fonctionnement en courant continu des éléments de remplacement est cependant différent et les caractéristiques assignées pour les applications en courant alternatif ne peuvent s'appliquer pour le courant continu. Il n'existe pas de règle simple pour convertir de façon sûre des caractéristiques assignées de tension en courant alternatif en caractéristiques assignées de tension en courant continu. Tandis que dans les circuits en courant alternatif le facteur de puissance est le principal paramètre à considérer, la constante de temps $T = L/R$ (voir Figure 10) est le facteur prépondérant pour les circuits en courant continu. Quand la constante de temps augmente, la caractéristique en tension assignée continue diminue. Le pouvoir de coupure en courant continu d'un élément de remplacement est obtenu à partir d'un essai dans un circuit représentatif.

Dans des conditions de court-circuit en courant continu, le fonctionnement du fusible est semblable à celui en courant alternatif (voir Figure 3). Les courants coupés-limités ne peuvent pas être pris dans les courbes de courant coupé-limité disponibles en alternatif, car elles dépendent de la constante de temps du circuit. Les valeurs en courant continu peuvent être prises dans la documentation du constructeur ou déterminées par des essais.



Figure 10 – Circuit en courant continu dans des conditions transitoires

17.2 Protection contre les surcharges

Dans des conditions de surcharge, c'est-à-dire un fonctionnement sans limitation de courant, le fonctionnement du fusible est différent dans des circuits en courant alternatif et en courant continu (voir Figure 11). Etant donné qu'il n'y a pas de passage à zéro périodique du courant, la caractéristique assignée de tension continue est inférieure à la caractéristique assignée de tension alternative.