

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 269-4 A

1977

---

Premier complément à la Publication 269-4 (1974)

**Coupe-circuit à fusibles à basse tension**

Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement  
utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs

---

First supplement to Publication 269-4 (1974)

**Low-voltage fuses**

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection  
of semiconductor devices

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1-3, 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**
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), 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 V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

## Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

## Autres 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 autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## 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**
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), 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 I.E.V. will be supplied on request.

## Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other 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 269-4 A

1977

---

Premier complément à la Publication 269-4 (1974)

**Coupe-circuit à fusibles à basse tension**

Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement  
utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs

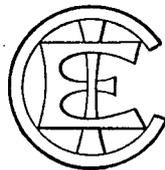
---

First supplement to Publication 269-4 (1974)

**Low-voltage fuses**

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection  
of semiconductor devices

---



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

1-3, rue de Varembé

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	4
PRÉFACE .....	4
INTRODUCTION .....	6
Articles	
5. Caractéristiques des coupe-circuit .....	6
5.6 Caractéristiques temps/courant, courants conventionnels et courbes de surcharge .....	6
8. Essais .....	8
8.1 Généralités .....	8
8.4 Vérification du fonctionnement .....	8
ANNEXE A — Guide pour la coordination entre les éléments de remplacement et les dispositifs à semi-conducteurs .....	12

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60269-4A:1977

Without watermark

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
INTRODUCTION .....	7
Clause	
5. Characteristics of fuses .....	7
5.6 Time/current characteristics, conventional currents and overload curves .....	7
8. Tests .....	9
8.1 General .....	9
8.4 Verification of operation .....	9
APPENDIX A — Guide for the co-ordination of fuse-links with semiconductor devices .....	13

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60269-4A:1977

Without watermark

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**Premier complément à la Publication 269-4 (1974)**

**COUPE-CIRCUIT À FUSIBLES À BASSE TENSION**

**Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement  
utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords 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

Le présent complément a été établi par le Sous-Comité 32B: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, du Comité d'Etudes N° 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

Lors de l'établissement de la Publication 269-4 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs, on ne disposait pas d'informations suffisantes sur les surcharges survenant dans des circuits à dispositifs à semi-conducteurs pour pouvoir fixer les règles et les essais correspondants. Le groupe de travail chargé d'étudier les coupe-circuit pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs a été invité à examiner cette question. La proposition établie par ce groupe de travail a été discutée lors de la réunion du Sous-Comité 32B tenue à La Haye en 1975. A la suite de cette réunion, un projet, document 32B(Bureau Central)29, a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1976.

D'autre part, sur proposition du Sous-Comité 22B: Convertisseurs à semi-conducteurs, le groupe de travail, en collaboration avec des représentants du Sous-Comité 22B, avait établi un projet de guide pratique pour l'emploi des éléments de remplacement pour la protection de dispositifs à semi-conducteurs. Lors de sa réunion tenue à La Haye en 1975, le Sous-Comité 32B a discuté cette proposition et a décidé de publier le guide pratique sous forme d'annexe à la Publication 269-4 de la CEI. A la suite de cette réunion, un projet de guide pratique, document 32B(Bureau Central)30, a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication du complément et du guide pratique sous forme d'annexe:

Afrique du Sud (République d')	Hongrie	Royaume-Uni
Belgique	Italie	Suède
Canada	Japon	Suisse
Danemark	Pays-Bas	Turquie
Espagne	Pologne	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Finlande	Portugal	Yougoslavie
France	Roumanie	

Un autre pays, en l'occurrence l'Allemagne, a également voté en faveur du complément sur les surcharges.

Le présent complément, qui comprend l'annexe A, fait partie de la Publication 269-4 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**First supplement to Publication 269-4 (1974)**

**LOW-VOLTAGE FUSES**

**Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection  
of semiconductor devices**

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 supplement has been prepared by Sub-Committee 32B, Low-voltage Fuses, of IEC Technical Committee No. 32, Fuses.

When IEC Publication 269-4, Low-voltage Fuses, Part 4: Supplementary Requirements for Fuse-links for the Protection of Semiconductor Devices, was prepared, the information available on overloads occurring in circuits with semiconductor devices was not sufficient to complete relevant requirements and tests. The Working Group dealing with fuses for the protection of semiconductor devices was asked to study the problem. The proposal which had been prepared by this Working Group was discussed at the meeting of the Sub-Committee 32B held in The Hague in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 32B(Central Office)29, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1976.

On a proposal of Sub-Committee 22B, Semiconductor Convertors, a draft Application Guide for fuse-links for the protection of semiconductor devices was prepared by the Working Group dealing with fuses for the protection of semiconductor devices with the assistance of representatives of Sub-Committee 22B. At the meeting of Sub-Committee 32B held in The Hague in September 1975, the proposal was discussed and it was decided that the Application Guide should become an Appendix of IEC Publication 269-4. As a result of this meeting, a draft Application Guide, Document 32B(Central Office)30, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1976.

The following countries voted explicitly in favour of the publication of the supplement including the Application Guide in the form of an Appendix:

Belgium	Japan	Sweden
Canada	Netherlands	Switzerland
Denmark	Poland	Turkey
Finland	Portugal	Union of Soviet Socialist Republics
France	Romania	United Kingdom
Hungary	South Africa (Republic of)	Yugoslavia
Italy	Spain	

As far as the supplement on overload was concerned, a further positive vote was received from Germany.

This supplement, including Appendix A, forms part of IEC Publication 269-4.

## Premier complément à la Publication 269-4 (1974)

### COUPE-CIRCUIT À FUSIBLES À BASSE TENSION

#### Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs

##### INTRODUCTION

Les paragraphes suivants constituent soit des modifications à des paragraphes de la Publication 269-4 de la CEI, Quatrième partie: Règles supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semi-conducteurs, soit des paragraphes supplémentaires.

##### 5. Caractéristiques des coupe-circuit

##### 5.6 Caractéristiques temps/courant, courants conventionnels et courbes de surcharge

##### 5.6.3 Courbes de surcharge des éléments de remplacement pour semi-conducteurs

##### 5.6.3.1 Capacité de surcharge vérifiée

Le constructeur doit indiquer les coordonnées des points le long de la caractéristique temps/courant (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphe 5.6.1) pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée en accord avec la procédure indiquée au paragraphe 8.4.3.4.

Le nombre et la position des points pour lesquels la capacité de surcharge sera vérifiée sont laissés à la discrétion du constructeur. Les ordonnées de temps pour la vérification de la capacité de surcharge doivent être choisies dans l'intervalle 0,01s à 60s. D'autres points pourront être ajoutés après accord entre constructeur et utilisateur.

##### 5.6.3.2 Courbe conventionnelle de surcharge

La courbe conventionnelle de surcharge est composée de segments de droites passant par les points pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée. A partir de chacun de ces points, deux demi-droites sont tracées:

- l'une dirigée dans le sens des temps décroissants et parallèle à l'axe des ordonnées;
- l'autre dirigée dans le sens des temps croissants et passant par les points à valeur de  $I^2t$  constante.

Cette suite de segments de droites se terminant sur la demi-droite représentant le courant nominal constitue la courbe conventionnelle de surcharge (voir la figure 1, page 11).

*Note.* — Pour des applications pratiques, quelques points à capacité de surcharge vérifiée suffisent. Lorsque le nombre de points à capacité de surcharge vérifiée augmente, la courbe conventionnelle de surcharge devient plus précise.

## First supplement to Publication 269-4 (1974)

### LOW-VOLTAGE FUSES

#### Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

##### INTRODUCTION

The following sub-clauses are either modifications of sub-clauses of IEC Publication 269-4, Part 4: Supplementary Requirements for Fuse-links for the Protection of Semiconductor Devices, or additional sub-clauses:

##### 5. Characteristics of fuses

##### 5.6 *Time/current characteristics, conventional currents and overload curves*

##### 5.6.3 *Overload curves for semiconductor fuse-links*

##### 5.6.3.1 *Verified overload capability*

The manufacturer shall indicate sets of co-ordinate points along the time/current characteristic (see Publication 269-4, Sub-clause 5.6.1) for which the overload capability has been verified in accordance with the procedure indicated in Sub-clause 8.4.3.4.

The number and the location of the sets of co-ordinate points for which the overload capability shall be verified are to be selected at the discretion of the manufacturer. The time co-ordinates for the verification of the overload capability shall be selected within the range of 0.01 s to 60 s. Further sets of the co-ordinate points may be added according to agreement between manufacturer and user.

##### 5.6.3.2 *Conventional overload curve*

The conventional overload curve is formed of straight-line sections emanating from the co-ordinate points of verified overload capability. From each set of co-ordinate points, two lines are drawn:

- one from the verified point and following points of constant values of current towards shorter times;
- the other from the verified point and following points of constant values of  $I^2t$  towards longer times.

These line sections, ending at the line representing rated current, form the conventional overload curve (see Figure 1, page 11).

*Note.* — For practical applications, a few points of verified overload capability are sufficient. As the number of points of verified overload capability increases, the conventional overload curve becomes more precise.

## 8. Essais

### 8.1 Généralités

#### 8.1.5 Essais des éléments de remplacement

##### 8.1.5.1 Essais de type

Les essais de type à effectuer sur les éléments de remplacement sont énumérés au tableau IVA. La résistance interne de tous les éléments de remplacement doit être déterminée et consignée dans le ou les rapports d'essais.

TABLEAU IVA

Liste des essais complets des éléments de remplacement pour semi-conducteurs

Essai selon le paragraphe	Nombre d'éléments de remplacement à essayer
8.3 Echauffement et puissance dissipée	1
8.4.3.4 Vérification de la capacité de surcharge	1
8.4.3.5 Vérification du courant nominal	1
8.5 N° 2a pouvoir de coupure <sup>1)</sup>	1
N° 2 pouvoir de coupure <sup>1)</sup>	3
N° 1 pouvoir de coupure <sup>1)</sup>	3
8.6 N° 10 caractéristiques de fonctionnement <sup>2)</sup>	2
N° 9 caractéristiques de fonctionnement <sup>2)</sup>	2
N° 8 caractéristiques de fonctionnement <sup>2)</sup>	2
N° 7 caractéristiques de fonctionnement <sup>2)</sup>	2
N° 6 caractéristiques de fonctionnement <sup>2)</sup>	2

<sup>1)</sup> S'applique également à la caractéristique de préarc si la température de l'air ambiant est comprise entre 20 °C et 25 °C.  
<sup>2)</sup> Les essais s'appliquent aux caractéristiques d'amplitude du courant coupé.  $I_t$  et de préarc.

### 8.4 Vérification du fonctionnement

#### 8.4.3 Méthode d'essai et résultats à obtenir

##### 8.4.3.4 Vérification de la capacité de surcharge

Un élément de remplacement est essayé dans les conditions indiquées au paragraphe 8.3.1 de la Publication 269-4 de la CEI.

Il est soumis à 100 cycles de charge, chaque cycle ayant une durée totale égale à 0,2 fois le temps conventionnel, la partie du cycle pendant laquelle le courant passe ayant une valeur de courant et une durée correspondant aux coordonnées du point de capacité de surcharge à vérifier, le courant étant interrompu pendant le reste du cycle; le temps conventionnel est égal au temps indiqué au tableau VII de la première partie pour les coupe-circuit à usage général.

A la suite de cet essai, les caractéristiques de l'élément de remplacement ne doivent pas avoir subi de changements sensibles (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphe 8.3.5).

8. Tests

8.1 General

8.1.5 Testing of fuse-links

8.1.5.1 Type tests

The type tests on fuse-links are listed in Table IVA. The internal resistance of all fuse-links shall be determined and recorded in the test report(s).

TABLE IVA

List of complete tests for fuse-links for semiconductors

Test according to sub-clause	Number of fuse-links to be tested
8.3 Temperature rise and power loss	1
8.4.3.4 Verification of overload capability	1
8.4.3.5 Verification of rated current	1
8.5 No. 2a breaking capacity <sup>1)</sup>	1
No. 2 breaking capacity <sup>1)</sup>	3
No. 1 breaking capacity <sup>1)</sup>	3
8.6 No. 10 operating characteristic tests <sup>2)</sup>	2
No. 9 operating characteristic tests <sup>2)</sup>	2
No. 8 operating characteristic tests <sup>2)</sup>	2
No. 7 operating characteristic tests <sup>2)</sup>	2
No. 6 operating characteristic tests <sup>2)</sup>	2

<sup>1)</sup> Valid also for prearcing characteristics if ambient air temperature is between 20 °C and 25 °C.  
<sup>2)</sup> The tests are valid for cut-off  $I^2t$ , switching voltage and prearcing characteristics.

8.4 Verification of operation

8.4.3 Test method and acceptability of test results

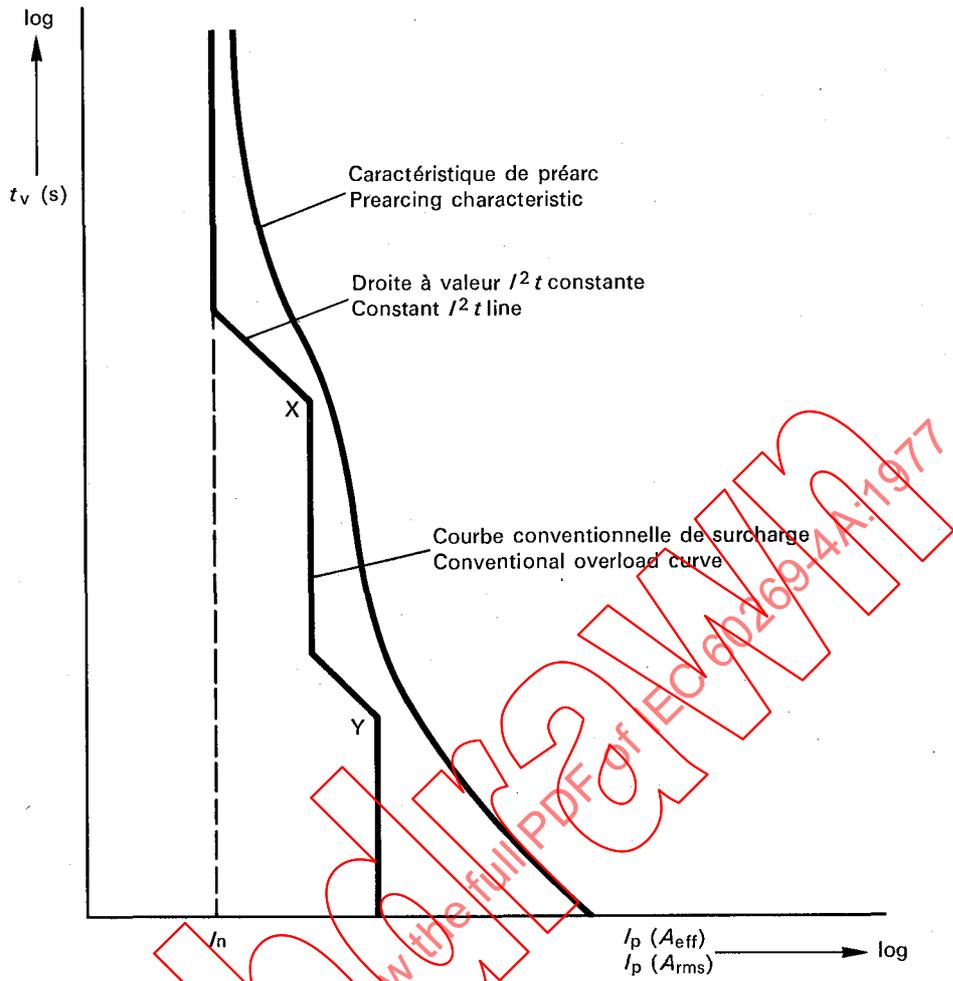
8.4.3.4 Verification of overload capability

One fuse-link is tested under the same test conditions as indicated in Sub-clause 8.3.1 of IEC Publication 269-4.

It is subjected to 100 load cycles, each cycle having a total duration of 0.2 times the conventional time, the “on” period with a current value and a duration corresponding to the co-ordinates of the overload capability to be verified, the “off” period forming the rest of the cycle. The conventional time is that specified for general-purpose fuse-links in Table VII of Part 1.

After this test, the fuse-link shall not have significantly changed its characteristics (see IEC Publication 269-4, Sub-clause 8.3.5).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60269-4A:1977  
**Withdrawn**



119/77

FIG. 1. — Courbe conventionnelle de surcharge (exemple)  
(X et Y sont des points correspondant à une capacité de surcharge vérifiée).

Conventional overload curve (example)  
(X and Y are points of verified overload capability).

## ANNEXE A

### GUIDE POUR LA COORDINATION ENTRE LES ÉLÉMENTS DE REMPLACEMENT ET LES DISPOSITIFS À SEMI-CONDUCTEURS

(La numérotation des articles et paragraphes suivants ne correspond pas à celle des prescriptions contenues dans le texte principal)

#### A1. Généralités

##### A1.1 *Domaine d'application*

Le présent guide n'est valable que lorsque les éléments de remplacement susmentionnés sont utilisés dans des circuits ayant les caractéristiques généralement attribuées aux convertisseurs à semi-conducteurs.

Il traite du fonctionnement des éléments de remplacement dans les conditions examinées, mais ne fournit pas d'indications quant à savoir si un élément de remplacement particulier convient ou non à un convertisseur donné.

*Note.* — L'attention est attirée sur le fait que les éléments de remplacement destinés à être utilisés en courant alternatif ne conviennent pas nécessairement à l'utilisation en courant continu. Dans tous les cas d'utilisation en courant continu, il y a lieu de prendre l'avis du constructeur. En particulier, il convient de remarquer que la relation entre tension nominale en courant alternatif et tension nominale en courant continu ne peut être exprimée par une formule générale valable. Les quelques références au fonctionnement en courant continu que comporte le présent guide ne couvrent pas tous les facteurs à prendre en considération lors de telles utilisations.

##### A1.2 *Objet*

Le présent guide a pour objet de définir le fonctionnement présumé des éléments de remplacement sur la base de leurs valeurs nominales et des caractéristiques du circuit dont ils font partie, de manière à permettre de choisir l'élément de remplacement qui convient à ses besoins.

#### A2. Définitions (voir aussi les définitions de l'article 2 de la Publication 269-4 de la CEI)

*Courant pulsé* (dans un élément de remplacement pour semi-conducteurs)

Courant unidirectionnel dont la valeur instantanée varie de façon cyclique et comprend des intervalles importants de valeurs de courant nulles ou insignifiantes, par rapport à la durée de la période totale.

*Note.* — Un courant pulsé typique est le courant circulant dans un seul bras d'un redresseur en pont.

*Charge pulsée* (dans un élément de remplacement pour semi-conducteurs)

Charge de courant dont la valeur efficace varie de façon cyclique et comprend des intervalles importants de valeurs de courant nulles ou insignifiantes, par rapport à la durée totale de la période de charge.

*Note.* — Dans un circuit de redresseur, une charge pulsée peut se produire par l'établissement et la coupure périodiques du courant continu, par exemple le démarrage et l'arrêt d'un moteur.

## APPENDIX A

### GUIDE FOR THE CO-ORDINATION OF FUSE-LINKS WITH SEMICONDUCTOR DEVICES

(The numbering of the following clauses and sub-clauses is not related to that of the requirements in the main text)

#### A1. General

##### A1.1 Scope

This Guide is limited to the use of fuse-links in circuits having the characteristics generally found in converters based on semiconductors.

It deals with the performance of fuse-links under the conditions covered, but it does not deal with the adequacy of fuse-links with respect to converters.

*Note.* — Particular attention is directed to the fact that fuse-links intended for use on a.c. are not necessarily suitable for use on d.c. The manufacturer should be consulted on all cases of d.c. applications. It should be noted in particular that the relationship between rated voltage a.c. versus rated voltage d.c. cannot be stated in a general form. The few references in this Guide to d.c. operations are not complete and do not cover all of the important factors related to such use.

##### A1.2 Object

It is the object of this Guide to explain the performance to be expected from the fuse-links in terms of their ratings and in terms of the characteristics of the circuits of which they form a part, in such a manner that this may form the basis for the selection of the fuse-links.

#### A2. Definitions (see also the definitions of Clause 2 of IEC Publication 269-4).

##### *Pulsed current* (in a semiconductor fuse-link)

A unidirectional current the instantaneous value of which varies in a cyclic manner and includes intervals of zero or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total cycle.

*Note.* — A typical pulsed current is the current in a single arm of a bridge-connected rectifier.

##### *Pulsed load* (in a semiconductor fuse-link)

A load where the r.m.s. value of the current varies in a cyclic manner and includes intervals of zero current or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total load cycle.

*Note.* — In a rectifier circuit, a pulsed load may be caused by cyclic making and breaking of the d.c. circuit current, for instance by the starting and stopping of a motor.

### A3. Courants admissibles

#### A3.1 Courant nominal

Le courant nominal d'un élément de remplacement pour semi-conducteurs est désigné par le constructeur et contrôlé en particulier par l'essai de vérification des limites d'échauffement (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphe 8.3) et par un essai de service répétitif tel que celui décrit au paragraphe 8.4.3.5 de la Publication 269-4 de la CEI.

*Note.* — La capacité de supporter le courant sans détérioration est étroitement liée aux variations de température. Les indications fournies par le constructeur se rapportent aux conditions d'essai (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphes 8.1.4 et 8.3). Les conditions de refroidissement dépendent des propriétés physiques des éléments de remplacement, de la circulation du fluide de refroidissement, du type et de la température des connexions et des corps chauds se trouvant au voisinage. Des indications sur l'influence de ces facteurs peuvent être obtenues auprès du constructeur.

#### A3.2 Courant en service continu

Pour la plupart des éléments de remplacement pour dispositifs à semi-conducteurs, le courant en service continu est identique au courant nominal (voir le paragraphe A3.1). Toutefois, il convient d'appliquer aux éléments de remplacement conçus pour des applications ne nécessitant pas une circulation du courant nominal de manière continue, un facteur de réduction lorsqu'ils sont utilisés en service continu.

#### A3.3 Courant en service répétitif

Les essais de vérification du courant permettent de vérifier que dans les conditions d'essai, l'élément de remplacement est capable de supporter l'application du courant nominal au moins 100 fois. La durée de vie présumée, exprimée en nombres de cycles, augmentera au fur et à mesure de la réduction de la charge réelle par rapport au courant nominal.

On demandera l'avis du constructeur sur la capacité, pour un élément de remplacement déterminé, de satisfaire ou non aux exigences d'un service répétitif déterminé, étant donné que les essais spécifiés vérifient seulement que les exigences minimales sont satisfaites.

#### A3.4 Courant de surcharge

La capacité de surcharge (voir le paragraphe 5.6.3.1) indiquée par le constructeur est basée sur les coordonnées d'un ou plusieurs points le long de la caractéristique temps/courant, pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée dans des conditions identiques à celles indiquées pour le courant nominal (voir le paragraphe 8.4.3.4). La caractéristique conventionnelle de surcharge issue de ces points vérifiés est une évaluation prudente de la capacité de surcharge (voir le paragraphe 5.6.3.2 et la figure 1, page 11).

Étant donné que la surcharge réelle ne présente que rarement la même fonction de temps que la surcharge conventionnelle, elle doit être transformée en une surcharge conventionnelle équivalente comme suit:

- la valeur de crête de la surcharge réelle est prise égale à la valeur de crête d'une surcharge conventionnelle équivalente;
- la durée de la surcharge conventionnelle équivalente doit être telle que son  $I^2t$  devienne égal à  $I'^2t$  de la charge réelle intégrée sur un temps égal à 0,2 fois le temps conventionnel de l'élément de remplacement.

Toute valeur de charge de durée voisine de 0,2 fois le temps conventionnel doit être considérée comme une charge continue en ce qui concerne l'élément de remplacement.

### A3. Current-carrying capabilities

#### A3.1 Rated current

The rated current of a semiconductor fuse-link is assigned by the manufacturer and verified in particular by the temperature-rise test (see IEC Publication 269-4, Sub-clause 8.3) and by the repetitive duty test as described in Sub-clause 8.4.3.5 of IEC Publication 269-4.

*Note.* — The ability to carry current without deterioration is closely related to the temperature variations. The data given by the manufacturer relate to the test conditions (see IEC Publication 269-4, Sub-clauses 8.1.4 and 8.3). The cooling conditions depend on the physical properties of the fuse-link, the flow of the cooling medium, the type and temperature of the connections and of adjacent hot bodies.

Guidance on the influence of these factors may be obtained from the manufacturer.

#### A3.2 Continuous duty current

For most kinds of fuse-links for semiconductor devices, the continuous duty current is identical with the rated current (see Sub-clause A3.1). However, fuse-links designed for applications not requiring the carrying of rated current continuously are to be de-rated for continuous duty.

#### A3.3 Repetitive duty current

The tests for rated current verify that the fuse-link is able to withstand under the test conditions, repetition of the rated current load at least 100 times. The expected life in number of repetitions will increase as the value of the actual load current is reduced in relation to the rated current.

The manufacturer's advice should be sought on the suitability of a given fuse-link for a required repetitive duty, since the specified tests establish minimum life expectancy requirements only.

#### A3.4 Overload current

The overload capability (see Sub-clause 5.6.3.1) indicated by the manufacturer is based on one or more co-ordinates of time and current for which the overload capability has been verified under conditions identical with those indicated for the rated current (see Sub-clause 8.4.3.4). The conventional overload characteristic based on these verified points is a conservative estimate of the overload capability (see Sub-clause 5.6.3.2 and Figure 1, page 11).

As the actual overload rarely shows the same function of time as the conventional overload, it has to be transformed into an equivalent conventional one as follows:

- the maximum value of the actual overload is equated to the maximum value of an equivalent conventional overload;
- the duration of the equivalent conventional overload shall be such that its  $I^2t$  becomes equal to the  $I^2t$  of the actual load, integrated over a time of 0.2 times the conventional time of the fuse-link.

Any value of load which approaches 0.2 times the conventional time shall be considered to be a continuous load with respect to the fuse-link.

Cependant, puisque la vérification de la capacité de surcharge est fondée sur 100 cycles de surcharge, les cas de surcharge répétitive qui se rencontrent dans la pratique nécessitent, le cas échéant, l'application d'un facteur de réduction. Il y a lieu de demander l'avis du constructeur.

#### A3.5 Valeur de crête du courant (courant coupé limité)

Les valeurs de crête maximales du courant sont obtenues lorsque le coupe-circuit fonctionne dans des conditions adiabatiques.

Dans des conditions où le taux d'augmentation du courant est essentiellement constant, la valeur instantanée du courant, atteinte à la fin de la période de préarc, augmente en fonction de la racine cubique du taux d'accroissement. Pour beaucoup d'éléments de remplacement, ceci correspond essentiellement à la valeur de crête. Pour des éléments de remplacement dont la valeur de crête est atteinte considérablement plus tard (pendant la durée d'arc), il n'est pas possible de fournir des informations générales et il convient de consulter le constructeur.

### A4. Caractéristiques de tension

#### A4.1 Tension nominale

La tension nominale (voir la Publication 269-4 de la CEE, paragraphe 5.2) d'un élément de remplacement pour la protection de dispositifs à semi-conducteurs est simplement une valeur de tension sinusoïdale appliquée à une fréquence nominale (ou dans quelques cas, à une tension en courant continu) déterminée par le constructeur. Toute information sur l'élément de remplacement se rapporte à la tension nominale. La comparaison des éléments de remplacement de fabrication différente sur la seule base de la tension nominale est insuffisante.

#### A4.2 Tension appliquée en service

La tension appliquée est la tension dans le circuit de défaut qui donne lieu au courant de défaut. Dans la plupart des cas, il est possible de considérer la tension à vide dans le circuit de défaut comme égale à la tension appliquée car l'influence de la chute de tension peut être habituellement négligée.

*Note.* — La tension appliquée peut être modifiée par toute commutation lors du fonctionnement de l'élément de remplacement ou par la tension d'arc d'un autre élément de remplacement.

Pendant la période de préarc, la tension appliquée et l'inductance propre du circuit déterminent le taux d'accroissement du courant de défaut (en général son accroissement de zéro à presque sa valeur de crête). Dans un circuit donné, c'est-à-dire pour une inductance propre donnée, c'est la valeur de  $I^2t$  qui détermine la fin de la période de préarc, et c'est l'intégrale de la tension appliquée pendant cette période qui détermine la valeur instantanée du courant à la fin de la période de préarc.

Pendant la période d'arc, la différence entre la tension d'arc et la tension appliquée détermine le taux de variation du courant. En général, il s'agit d'une diminution de la valeur de crête à zéro. La valeur zéro est atteinte au moment où l'intégrale de cette différence devient égale à l'intégrale de la tension appliquée sur la période de préarc. Pendant le temps au cours duquel la tension d'arc est inférieure à la tension appliquée, le courant continue d'augmenter; cependant, dans la plupart des cas, ce temps est court et l'augmentation correspondante du courant peut être négligée.

However, as the verification of the overload capability is based on 100 overload cycles, the practical cases of repetitive overload may necessitate a de-rating. The manufacturer's advice should be sought.

#### A3.5 *Peak current (cut-off current)*

The highest value of peak current is obtained when the fuse-link operates under adiabatic conditions.

Under conditions where the rate-of-rise of the current is essentially constant, the instantaneous value of the current reached at the end of the prearcing period increases as the cube root of the rate-of-rise. For many fuse-links, this is essentially the peak value. For fuse-links reaching the peak value of current significantly later (in the arcing period), no general statement can be made and information should be obtained from the manufacturer.

### A4. **Voltage characteristics**

#### A4.1 *Rated voltage*

The rated voltage (see IEC Publication 269-4, Sub-clause 5.2) of the fuse-link for the protection of semiconductor devices is a value of sinusoidal applied voltage of rated frequency (or, in some cases, d.c.) assigned by the manufacturer. Information on the fuse-link is related to the rated voltage. Comparison between fuse-links of different manufacture on the basis of the voltage rating alone is insufficient.

#### A4.2 *Applied voltage in service*

The applied voltage is the voltage in the fault circuit that causes the fault current to flow. In most cases it is possible to consider the no-load voltage in the fault circuit as the applied voltage, since the influence of the voltage drop can usually be neglected.

*Note.* — The applied voltage may be affected by any commutation which takes place during the operation of the fuse-link or by the arc voltage of another fuse-link.

During the *prearcing period*, the applied voltage and the self-inductance of the circuit determine the rate-of-rise of the fault current (in general, its increase from zero to almost its peak value). In a given circuit, i.e. for a given self-inductance, it is the value of  $I^2t$  that determines the end of the prearcing period, and it is the integral of the applied voltage during that period that determines the instantaneous value of the current reached by the end of the prearcing period.

During the *arcing period*, the difference between the arc voltage and the applied voltage determines the rate-of-change of the current. Generally, it is a decrease from the peak value to zero. The zero value is reached in that instant where the integral of this difference becomes equal to the integral of the applied voltage over the prearcing period. For the time in which the arc voltage is less than the applied voltage, the current continues to increase, but in most cases this time is short and the associated current increase negligible.

Pour un élément de remplacement fonctionnant dans une *zone adiabatique* ou *presque adiabatique*, le  $I^2t$  de préarc est une quantité bien définie. Même pour des périodes d'arc égales, le  $I^2t$  d'arc peut présenter des valeurs très différentes. Il atteint son maximum lorsque l'excédent de la tension d'arc atteint son maximum au cours de la première partie de la durée d'arc.

#### A4.3 Tension de coupure

La valeur de crête de la tension de coupure indiquée par le constructeur est celle qui est obtenue dans les conditions les plus défavorables. La caractéristique de tension de coupure est indiquée en fonction de la tension appliquée. Il est généralement souhaitable de limiter la valeur de crête de la tension de coupure à une valeur qui peut être supportée par les dispositifs à semi-conducteurs.

#### A5. Puissance dissipée

##### A5.1 Puissance dissipée nominale

La puissance dissipée nominale dépend du courant nominal et des conditions d'essais normalisées (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphes 8.1.4 et 8.3.1). Le coefficient de température de la résistance de l'élément de remplacement provoque une augmentation de la puissance dissipée plus rapide que celle du carré du courant.

Pour cette raison, le constructeur fournit des renseignements sur la relation entre le courant et la puissance dissipée, sous forme soit de caractéristique de la puissance dissipée, soit de points isolés.

La caractéristique de la puissance dissipée peut s'écarter de la valeur nominale en raison de conditions d'installation différentes de celles de l'essai (voir la Publication 269-4 de la CEI, paragraphe 8.3).

##### A5.2 Facteurs influant sur la puissance dissipée

La puissance dissipée étant considérablement influencée par le rapport entre le courant réel et le courant nominal, il peut être souhaitable d'utiliser des éléments de remplacement de courant nominal plus élevé qu'il ne serait nécessaire pour des raisons de service répétitif et de surcharge. Cependant, des courants nominaux plus élevés impliquent des valeurs plus élevées des  $I^2t$ . L'utilisation d'un élément de remplacement de courant nominal le plus élevé, assurant une protection suffisante, peut en même temps réduire la puissance dissipée et résoudre les problèmes de service répétitif et de surcharge.

L'utilisation d'un élément de remplacement de tension nominale plus élevée conduit à des puissances dissipées plus élevées. Si son utilisation est possible en dépit de valeurs plus élevées de tension de coupure, on obtiendra une réduction du  $I^2t$  d'arc qui peut permettre le choix d'un élément de remplacement ayant un courant nominal plus élevé, avec, comme conséquence, une réduction de la puissance dissipée.

Les éléments de remplacement comportant des parties en fer peuvent présenter des augmentations sensibles de la puissance dissipée lorsqu'ils sont utilisés à des fréquences supérieures à la fréquence nominale.

For the fuse-link operating in the *adiabatic*, or *near adiabatic zone*, the prearcing  $I^2t$  is a well-defined quantity. The arcing  $I^2t$  can assume very different values, even for the same arcing time. It becomes a minimum when the excess arc voltage is most pronounced in the early part of the arcing period.

#### A4.3 *Switching voltage*

The peak value of the switching voltage indicated by the manufacturer is that obtained under the most unfavourable conditions. The switching voltage characteristic is given as a function of the applied voltage. The peak value of the switching voltage should be limited to that which can be withstood by the semiconductor device.

### A5. **Power loss characteristics**

#### A5.1 *Rated power loss*

The rated power loss is based on rated current and on the standard test conditions (see IEC Publication 269-4, Sub-clauses 8.1.4 and 8.3.1). The temperature coefficient of the resistance of the fuse-link causes an increase in the power loss at a higher rate than the square of the current.

For this reason, the manufacturer provides information about the relation between current and power loss, either in the form of a power loss characteristic or in the form of discrete points.

The power loss characteristic may deviate from the rated value because of installation conditions different from those of the test (see IEC Publication 269-4, Sub-clause 8.3).

#### A5.2 *Factors influencing the power loss*

Because of the significant influence on the power losses of the relation between the actual current and the rated current, it may be desirable to use fuse-links of larger current ratings than those determined by repetitive duty and overload. However, the higher current rating does imply a larger value of  $I^2t$ . The use of a fuse-link of the highest current rating consistent with a reasonable protection may at the same time reduce the power losses and solve the problems of repetitive duty and overloads.

The use of a fuse-link of a higher voltage rating inherently leads to higher values of power losses. If its use is possible in spite of higher values of switching voltage, a reduction of the arcing  $I^2t$  will be obtained which may permit the selection of a fuse-link having a higher current rating, resulting in a reduction of the power loss.

Fuse-links having iron parts may show a significant increase of power loss when used at frequencies higher than rated frequency.

### A5.3 Influence mutuelle

Une connexion électrique très courte entre l'élément de remplacement et le dispositif à semi-conducteurs correspondant produit un couplage thermique très important entre ces deux composants.

Par conséquent, toute réduction de la puissance dissipée de l'élément de remplacement peut améliorer la charge de courant dans le dispositif à semi-conducteurs.

## A6. Caractéristiques temps/courant

### A6.1 Caractéristique de préarc

Dans la région où la caractéristique de préarc quitte la zone adiabatique mais reste inférieure à 0,1s à 0,2s, le courant s'écarte souvent, dans la pratique, de sa forme symétrique sinusoïdale. Cela peut être important du fait que l'échauffement n'est pas adiabatique et que le temps réel (et par conséquent le refroidissement) est différent de celui sur lequel la caractéristique est basée.

Un *courant pulsé*, tel qu'il apparaît dans les branches d'un redresseur ou d'un onduleur, ne peut être considéré sur la seule base de sa valeur efficace. Dans des cas marginaux, il est nécessaire de s'assurer qu'une seule impulsion ne peut pas endommager l'élément fusible. Si, par exemple, on considère une surcharge de courte durée (par exemple inférieure à 0,1 s) en accord avec le paragraphe 8.4.3.4 de la Publication 269-4 de la CEI, la crête de la surcharge réelle n'est pas la valeur maximale de la valeur efficace, mais la crête de l'impulsion ayant l'amplitude la plus élevée.

Un courant quelconque de *fréquence supérieure à la fréquence nominale* n'influe pratiquement pas sur la caractéristique de préarc, sauf dans la zone mentionnée au paragraphe ci-dessus. Pour des valeurs de courant présumé pour lesquelles la durée de préarc virtuelle à fréquence nominale est inférieure à un quart de cycle, la tendance à des fréquences supérieures s'oriente vers des durées de préarc inférieures à celles indiquées sur la caractéristique. Pour des fréquences inférieures à la fréquence nominale, c'est l'effet inverse qui se produit. Cependant, l'attention est attirée sur le fait que l'augmentation de la durée de préarc peut être plus prononcée encore, particulièrement vers les valeurs plus élevées du courant présumé.

Pour les valeurs peu élevées du courant présumé, le seul effet d'un *courant asymétrique* (courant alternatif à composante continue transitoire) est une légère augmentation de la valeur efficace du courant.

Dans la zone adiabatique cette influence peut se traduire par une augmentation ou une diminution du taux d'accroissement, le courant réel étant remplacé par le courant symétrique ayant le même taux d'accroissement (ou un taux similaire) pendant la durée de préarc.

Dans la zone critique où la caractéristique de préarc s'éloigne de la zone adiabatique, il faut distinguer entre une asymétrie débutant par une onde de forte amplitude et une asymétrie débutant par une onde de faible amplitude. L'onde de forte amplitude donne lieu à une réduction, l'onde de faible amplitude à une augmentation de la durée de préarc virtuelle.

Lorsqu'on considère la capacité d'un élément de remplacement à supporter un courant asymétrique, la crête de l'asymétrie doit être prise en considération.

En cas de fonctionnement en courant continu, la caractéristique de préarc fondée sur le courant alternatif peut ne pas s'appliquer du tout, ou ne s'appliquer que partiellement, suivant les paramètres du circuit.

### A5.3 *Mutual influence*

A very short electrical connection between the fuse-link and the associated semiconductor device provides a significant thermal coupling between the two.

Thus any reduction in the power loss of the fuse-link may improve the current loading of the semiconductor device.

## A6. **Time/current characteristics**

### A6.1 *Prearcing characteristic*

In the region where the prearcing characteristic leaves the adiabatic zone but is still less than 0.1 s to 0.2 s, the deviation from a symmetrical sinusoidal current is often encountered in practice. This may be significant, because the heating is not adiabatic and because the real time (and thereby the cooling) is different from that on which the characteristic is based.

A *pulsed current* as it appears in the arms of rectifiers or invertors cannot be dealt with solely on the basis of its r.m.s. value. In marginal cases, it is necessary to make sure that a single pulse alone cannot damage the fuse element. For instance, if a short time overload (e.g. below 0.1 s) is considered in accordance with Sub-clause 8.4.3.4 of IEC Publication 269-4, the peak of the actual overload is not the maximum value of the r.m.s. value but the peak of the highest pulse.

Any current of *frequency higher than rated frequency* has practically no influence on the prearcing characteristic except in the region mentioned above. For values of prospective current where the virtual prearcing time at rated frequency is less than one quarter-cycle, the tendency at higher frequencies is towards prearcing times shorter than indicated on the characteristic. For frequencies lower than rated frequency, the effect is the opposite of that mentioned above, but attention is drawn to the fact that the increase in prearcing time can be even more significant, particularly towards the higher values of prospective current.

For lower values of prospective current, the only influence of an *asymmetrical current* (a.c. with a transient d.c. component) is to give a slight increase in the r.m.s. value of the current.

In the adiabatic zone, the influence is best considered as an increase or decrease in the rate-of-rise, replacing the actual current by that symmetrical current that has the same (or similar) rate-of-rise during the prearcing period.

In the critical zone, where the prearcing characteristic leaves the adiabatic zone, a distinction has to be made between an asymmetry beginning with a major loop and one beginning with a minor loop. The major loop will give a decrease in the virtual prearcing time, the minor loop will give an increase.

When considering the ability of the fuse-link to withstand an asymmetrical current, the peak of the asymmetry has to be taken into account.

In case of operation with d.c. the prearcing characteristic based on a.c. may not be applicable at all, or only partly applicable, depending on the circuit parameters.

Si la constante de temps du circuit est plus faible que la durée la plus courte considérée, la durée virtuelle est pratiquement identique à la durée réelle, et la tension appliquée est pratiquement le produit du courant présumé par la résistance.

Si le circuit présente une inductance propre importante, la zone adiabatique de la caractéristique de préarc peut être utilisée pourvu que l'abscisse corresponde au «taux d'accroissement» au lieu du «courant présumé», c'est-à-dire que le taux d'accroissement du courant continu est déterminé en tant que tension appliquée divisée par l'inductance propre. De plus, il faut supposer que la valeur du courant présumé (tension appliquée divisée par la résistance) soit considérablement plus élevée (trois fois ou davantage) que celle du courant coupé limité au taux d'accroissement considéré.

Pour le reste des cas de fonctionnement en courant continu, il est très difficile de formuler des conclusions significatives en ce qui concerne la durée de préarc que l'on peut attendre de la caractéristique normale de préarc basée sur le courant alternatif, et le constructeur doit être consulté. Cependant, la majorité des cas est couverte par la méthode de l'équivalence du taux d'accroissement.

La caractéristique de préarc normale n'apporte que peu d'indications sur le comportement en cas de *courant non sinusoïdal*, à moins qu'on ait affaire soit à un taux d'accroissement prédominant (pour courants très élevés), soit à un courant de valeur tellement faible que les durées longues qui s'ensuivent permettent l'utilisation de la valeur efficace.

#### A6.2 Caractéristique de fonctionnement

Pour un courant présumé donné, la différence de temps entre la caractéristique de préarc et la caractéristique de fonctionnement est la valeur maximale de la durée d'arc possible dans les conditions pour lesquelles la caractéristique de fonctionnement est établie. Les données fournies par le constructeur sont fondées sur un facteur de puissance peu élevé (c'est-à-dire inférieur à 0,3) et sur la valeur efficace de la tension appliquée.

Les conditions les plus défavorables se présentent lorsque la valeur instantanée de la tension appliquée est aussi élevée que possible, tant pendant la période de préarc que pendant la période d'arc. Comme cette situation est rare, on peut en tirer profit.

Pour la même tension appliquée et le même courant de court-circuit présumé, une *fréquence plus élevée* implique une valeur moins élevée de l'inductance propre, de sorte que la durée d'arc diminue et, dans les limites pratiques, est inversement proportionnelle à la fréquence.

Pour la même tension appliquée et le même courant de court-circuit présumé, une *fréquence moins élevée* implique une valeur plus élevée de l'inductance propre, de sorte que la durée d'arc augmente et, dans les limites pratiques, est inversement proportionnelle à la fréquence.

*Note.* — En raison des durées d'arc plus longues et du dégagement d'énergie correspondant, il n'est pas garanti que les éléments de remplacement peuvent être utilisés à des fréquences inférieures à la fréquence nominale. Dans les cas où des fréquences de service inférieures aux fréquences nominales sont envisagées, le constructeur doit être consulté.

L'influence du *courant asymétrique* doit être prise en considération lors du choix de la valeur maximale de la durée d'arc.

Pour le *courant continu* (voir la note du paragraphe A1.1), chaque fois que la durée de préarc est évaluée sur la base du taux d'accroissement (voir le paragraphe A6.1) et à condition que le courant coupé limité soit atteint à la fin de la durée de préarc, la caractéristique de fonctionnement est également valable pourvu que le paramètre de tension (qui est basé sur les valeurs efficaces) soit choisi de manière que la tension continue appliquée soit inférieure à la tension alternative moyenne (90% de la valeur efficace). Les autres cas doivent être considérés séparément ou faire l'objet d'indications supplémentaires de la part du constructeur.