

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60077-3

Première édition
First edition
2001-12

**Applications ferroviaires –
Equipements électriques du matériel roulant –**

**Partie 3:
Composants électrotechniques –
Règles pour disjoncteurs à courant continu**

**Railway applications –
Electric equipment for rolling stock –**

**Part 3:
Electrotechnical components –
Rules for d.c. circuit-breakers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60077-3:2001

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60077-3

Première édition
First edition
2001-12

**Applications ferroviaires –
Equipements électriques du matériel roulant –**

**Partie 3:
Composants électrotechniques –
Règles pour disjoncteurs à courant continu**

**Railway applications –
Electric equipment for rolling stock –**

**Part 3:
Electrotechnical components –
Rules for d.c. circuit-breakers**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
3.1 Composants	14
3.2 Parties de composant	14
3.3 Caractéristiques de fonctionnement	16
3.4 Caractéristiques de coupure	18
4 Classification	22
5 Caractéristiques	22
5.1 Liste des caractéristiques	22
5.2 Type de disjoncteur	22
5.3 Valeurs limites et valeurs assignées du circuit principal	22
5.3.1 Généralités	22
5.3.2 Tensions assignées	24
5.3.3 Courants assignés	24
5.3.4 Constantes de temps assignées	24
5.3.5 Caractéristiques en court-circuit (voir aussi annexe B)	24
5.4 Fréquences de fonctionnement	26
5.5 Circuits de commande électriques et pneumatiques	26
5.6 Circuits auxiliaires électriques et pneumatiques	26
5.7 Déclencheur à maximum de courant	26
5.8 Valeurs crêtes de la tension d'arc	26
6 Information sur le produit	28
6.1 Documentation sur le composant	28
6.2 Marquage	28
7 Conditions normales de service	28
8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement	28
8.1 Dispositions constructives	28
8.2 Exigences relatives au fonctionnement	28
8.2.1 Conditions de fonctionnement	28
8.2.2 Echauffements	28
8.2.3 Fonctionnement à la mise en service	28
8.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)	28
8.2.5 Emission de bruit acoustique	30
8.2.6 Propriétés diélectriques	30
8.2.7 Surtensions de coupure	30
8.2.8 Aptitude au fonctionnement en service	30
8.2.9 Aptitude à supporter les vibrations et les chocs	32
8.2.10 Aptitude à l'établissement et à la coupure en court-circuit	32
9 Essais	32
9.1 Nature des essais	32
9.1.1 Généralités	32
9.1.2 Essais de type	32

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope and object.....	11
2 Normative references.....	13
3 Definitions	15
3.1 Components	15
3.2 Component parts	15
3.3 Operational features	17
3.4 Breaking characteristics.....	19
4 Classification	23
5 Characteristics.....	23
5.1 List of characteristics	23
5.2 Type of circuit-breaker	23
5.3 Rated values and limiting values for the main circuit.....	23
5.3.1 General	23
5.3.2 Rated voltages.....	25
5.3.3 Rated currents	25
5.3.4 Rated time constants	25
5.3.5 Short-circuit characteristics (see also annex B)	25
5.4 Operational frequencies	27
5.5 Electric and pneumatic control circuits	27
5.6 Electric and pneumatic auxiliary circuits	27
5.7 Over-current release	27
5.8 Peak arc voltages	27
6 Product information.....	29
6.1 Component documentation	29
6.2 Marking	29
7 Normal service conditions	29
8 Constructional and performance requirements	29
8.1 Constructional requirements	29
8.2 Performance requirements.....	29
8.2.1 Operating conditions	29
8.2.2 Temperature rise	29
8.2.3 Operation following inactivity	29
8.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC)	29
8.2.5 Acoustic noise emission.....	31
8.2.6 Dielectric properties	31
8.2.7 Switching overvoltages	31
8.2.8 Operational performance capability	31
8.2.9 Ability to withstand vibration and shock	33
8.2.10 Ability to make and break under short-circuit conditions.....	33
9 Tests	33
9.1 Kinds of tests.....	33
9.1.1 General	33
9.1.2 Type tests.....	33

9.1.3	Essais de série	32
9.1.4	Essais d'investigation.....	34
9.2	Vérification des dispositions constructives	34
9.2.1	Généralités	34
9.2.2	Essais de type	34
9.2.3	Essais de série	34
9.3	Essais de type pour la vérification des dispositions relatives au fonctionnement.....	34
9.3.1	Séquences d'essais	34
9.3.2	Conditions générales d'essais	36
9.3.3	Séquence d'essai I: caractéristiques générales de fonctionnement	38
9.3.4	Séquence d'essai II: établissement et coupure assignés en court-circuit	40
9.3.5	Séquence d'essai III: aptitude à supporter les vibrations et les chocs	44
9.3.6	Séquence d'essai IV: recherche des courants critiques	44
9.3.7	Séquence d'essai V: conditions climatiques	46
9.3.8	Séquence d'essai VI: autres essais	46
9.4	Essais de série pour la vérification des exigences relatives au fonctionnement.....	46
9.4.1	Généralités	46
9.4.2	Fonctionnement mécanique	46
9.4.3	Etalonnage des déclencheurs	46
9.4.4	Tenue diélectrique	46
9.4.5	Étanchéité (pour les disjoncteurs à air comprimé)	46
Annexe A (normative)	Circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure.....	48
Annexe B (informative)	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit.....	50
Figure A.1	– Schéma du circuit d'essai.....	26
Figure B.1	– Etalonnage du circuit pour obtenir la valeur crête du courant présumé	27
Figure B.2	– Oscillogramme correspondant à une coupure du courant après le passage de sa valeur maximale.....	52
Figure B.3	– Oscillogramme correspondant à la coupure du courant avant sa valeur maximale (courant limité par le disjoncteur).....	52
Tableau 1	– Constantes de temps assignées.....	24
Tableau 2	– Aptitude au fonctionnement.....	30
Tableau 3	– Liste des séquences d'essais de type pour les dispositions relatives au fonctionnement.....	36
Tableau 4	– Tolérances des grandeurs d'essai	38

9.1.3	Routine tests	33
9.1.4	Investigatory tests	35
9.2	Verification of constructional requirements	35
9.2.1	General	35
9.2.2	Type tests	35
9.2.3	Routine tests	35
9.3	Type tests for verification of performance requirements	35
9.3.1	Test sequences	35
9.3.2	General test conditions	37
9.3.3	Test sequence I: general performance characteristics	39
9.3.4	Test sequence II: rated short-circuit making and breaking capacities	41
9.3.5	Test sequence III: capability to withstand vibration and shock	45
9.3.6	Test sequence IV: searching for critical currents	45
9.3.7	Test sequence V: climatic conditions	47
9.3.8	Test sequence VI: other tests	47
9.4	Routine tests for verification of performance requirements	47
9.4.1	General	47
9.4.2	Mechanical operation	47
9.4.3	Calibration of releases	47
9.4.4	Dielectric withstand	47
9.4.5	Air-tightness (for pneumatic circuit-breaker)	47
Annex A (normative)	Test circuit to verify the making and breaking capacities	49
Annex B (informative)	Verification of short-circuit making and breaking capacities	51
Figure A.1	Diagram of the test circuit	26
Figure B.1	Calibration of the circuit to obtain the prospective peak making current	27
Figure B.2	Oscillogram corresponding to a break after the current has passed its maximum value	53
Figure B.3	Oscillogram corresponding to a break before the current has reached its maximum value (current limiting circuit-breaker)	53
Table 1	Rated time constants	25
Table 2	Operational performance capability	31
Table 3	List of type test sequences for performance requirements	37
Table 4	Tolerances on test values	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –

Partie 3: Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60077-3 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/651/FDIS	9/666/RVD

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

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

Elle doit être lue conjointement avec la CEI 60077-1 et la CEI 60077-2.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –****Part 3: Electrotechnical components –
Rules for d.c. circuit-breakers**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60077-3 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/651/FDIS	9/666/RVD

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

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

This standard should be read in conjunction with IEC 60077-1 and IEC 60077-2.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is given for information only.

La CEI 60077 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant*:

- Partie 1 – Conditions générales de service et règles générales
- Partie 2 – Composants électrotechniques – Règles générales
- Partie 3 – Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu
- Partie 4 – Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant mono-phasé¹⁾
- Partie 5 – Composants électrotechniques – Règles pour coupe-circuit à haute tension ¹⁾

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

¹⁾ En préparation.

IEC 60077 consists of the following parts under the general title *Railway applications – Electric equipment for rolling stock*:

- Part 1 – General service conditions and general rules
- Part 2 – Electrotechnical components – General rules
- Part 3 – Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit-breakers
- Part 4 – Electrotechnical components – Rules for a.c. circuit-breakers ¹⁾
- Part 5 – Electrotechnical components – Rules for HV fuses ¹⁾

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

¹⁾ In preparation.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –

Partie 3: Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60077 donne en complément des règles générales de la CEI 60077-2, les règles relatives aux disjoncteurs dont les contacts sont destinés à être connectés aux circuits à courant continu de traction et/ou aux circuits des auxiliaires. La tension continue nominale de ces circuits n'excède pas 3 000 V conformément à la CEI 60850.

En complément de la CEI 60077-2, cette partie de la CEI 60077 précise particulièrement

- a) les caractéristiques des disjoncteurs;
- b) les conditions de service que les disjoncteurs doivent supporter du point de vue
 - du fonctionnement et du comportement en service normal;
 - du fonctionnement et du comportement en cas de court-circuit;
 - des propriétés diélectriques;
- c) les essais de conformité des composants avec les caractéristiques dans les conditions de service ainsi que les méthodes d'essai correspondantes à utiliser;
- d) les informations à donner ou à marquer sur l'appareil.

NOTE 1 Les disjoncteurs qui font l'objet de cette partie de la CEI 60077 peuvent être équipés de dispositifs d'ouverture automatique dans des conditions prédéterminées autres que celles de la surcharge, comme une tension insuffisante ou l'inversion du courant par exemple. Cette partie de la CEI 60077 ne traite pas de la vérification de tels fonctionnements dans de telles conditions prédéterminées.

NOTE 2 L'incorporation de composants électroniques ou de sous-ensembles électroniques dans les composants électrotechniques est maintenant une pratique courante.

Bien que la présente norme ne soit pas applicable aux matériels électroniques, la présence de composants électroniques n'est pas une raison suffisante pour exclure ces composants électrotechniques du champ d'application de cette norme.

Il convient que les sous-ensembles électroniques inclus dans les disjoncteurs soient conformes à la norme correspondante applicable à l'électronique (CEI 60571).

NOTE 3 Après accord entre l'utilisateur et le fabricant, certaines de ces règles peuvent être utilisées pour l'appareillage électrique installé dans des véhicules autres que ceux du matériel roulant ferroviaire tels que les locomotives de mine, les trolleybus, etc. Dans ce cas particulier, des prescriptions complémentaires peuvent être nécessaires.

Cette norme ne couvre pas

- a) l'assemblage de composants électrotechniques destinés à des fonctions particulières;
- b) les disjoncteurs industriels spécifiés par la CEI 60947-2;
- c) les disjoncteurs à courant continu des installations fixes spécifiés par la CEI 61992-2.

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –

Part 3: Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit-breakers

1 Scope and object

In addition to the general requirements of IEC 60077-2, this part of IEC 60077 gives the rules for circuit-breakers, the main contacts of which are to be connected to d.c. power and/or auxiliary circuits. The nominal voltage of these circuits does not exceed 3 000 V d.c. according to IEC 60850.

This part of IEC 60077, together with IEC 60077-2, states specifically

- a) the characteristics of the circuit-breakers;
- b) the service conditions with which circuit-breakers have to comply with reference to
 - operation and behaviour in normal service;
 - operation and behaviour in the case of short circuit;
 - dielectric properties;
- c) the tests for confirming the compliance of the components with the characteristics under the service conditions and the methods to be adopted for these tests;
- d) the information to be marked on, or given with, the circuit breaker.

NOTE 1 Circuit-breakers which are dealt with in this part of IEC 60077 may be provided with devices for automatic opening under predetermined conditions other than those of over-current, for example, under-voltage and reversal of power current. This part of IEC 60077 does not deal with the verification of operation under such predetermined conditions.

NOTE 2 The incorporation of electronic components or electronic sub-assemblies into electrotechnical components is now common practice.

Although this standard is not applicable to electronic equipment, the presence of electronic components does not provide a reason to exclude such electrotechnical components from the scope.

Electronic sub-assemblies included in circuit-breakers should comply with the relevant standard for electronics (IEC 60571).

NOTE 3 Certain of these rules may, after agreement between the user and the manufacturer, be used for electro-technical components installed on vehicles other than rail rolling stock such as mine locomotives, trolleybuses, etc. In this case, particular additional requirements may be necessary.

This standard does not cover

- a) multi-connection of electro-technical components to achieve a particular duty;
- b) industrial circuit-breakers which have to comply with IEC 60947-2;
- c) d.c. circuit-breakers for fixed installations which have to comply with IEC 61992-2.

Pour b) et c) dans le but d'obtenir un fonctionnement satisfaisant, il convient d'employer la présente norme uniquement pour spécifier les prescriptions particulières relatives à l'application ferroviaire. Dans de tels cas, il convient d'indiquer dans un document spécifique les exigences complémentaires auxquelles il faut que les composants industriels ou les disjoncteurs pour installations fixes satisfassent, par exemple:

- pour être adaptés (tension de commande, conditions d'environnement, etc.);
- pour être installés et utilisés de sorte qu'ils n'aient pas à subir les conditions particulières du milieu ferroviaire;
- pour subir des essais complémentaires afin de prouver que ces composants peuvent supporter de façon satisfaisante les conditions du matériel roulant.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60077. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60077 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

CEI 60077-1:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

CEI 60077-2:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 2: Composants électrotechniques – Règles générales*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60571:1998, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires*

CEI 60850:2000, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

CEI/TR3 60943:1998, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

CEI 60947-2:1989, *Appareillage à basse tension – Deuxième partie: Disjoncteurs*

CEI 61373:1999, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

CEI 61992-2:2001, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage en courant continu – Partie 2: Disjoncteurs*

For b) and c), in order to ensure satisfactory operation, this standard should be used to specify only the particular requirements for rolling stock. In such cases, a specific document should state the additional requirements with which the industrial or fixed installations circuits breakers are to comply, for example:

- either to be adapted (for example, for control voltage, environmental conditions, etc.);
- or to be installed and used in such a way that they do not have to endure specific rolling stock conditions;
- or to be additionally tested to prove that these components can withstand satisfactorily the rolling stock conditions.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60077. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60077 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60077-2:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnical components – General rules*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60571:1998, *Electronic equipment used on rail vehicles*

IEC 60850:2000, *Railway applications – Supply voltage of traction systems*

IEC/TR3 60943:1998, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 60947-2:1989, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 61373:1999, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61992-2:2001, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 2: Circuit-breakers*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60077, les définitions données dans les articles 3 de la CEI 60077-1 et de la CEI 60077-2 sont applicables avec les définitions complémentaires ci-après.

3.1 Composants

3.1.1

disjoncteur polarisé

disjoncteur pour lequel les caractéristiques de coupure ne sont définies que pour une direction du courant dans le circuit principal

3.1.2

disjoncteur bidirectionnel

disjoncteur pour lequel les caractéristiques de coupure sont les mêmes dans les deux sens de circulation du courant dans le circuit principal

3.1.3

disjoncteur à air

disjoncteur dont les contacts s'ouvrent et se ferment dans l'air à la pression atmosphérique
[VEI 441-14-27]

3.1.4

disjoncteur à semi-conducteur

disjoncteur conçu pour établir et interrompre le courant dans un circuit au moyen de semi-conducteurs

3.1.5

disjoncteur hybride

disjoncteur muni de contacts mécaniques pour l'isolement associés à un semi-conducteur pour la coupure

NOTE Les disjoncteurs à semi-conducteur sans contact mécanique pour l'isolement ne sont pas utilisés sur le matériel roulant.

3.2 Parties de composant

3.2.1

déclencheur

dispositif raccordé mécaniquement à un appareil mécanique de connexion dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture ou la fermeture du disjoncteur.

[VEI 441-15-17 modifié]

NOTE 1 Un disjoncteur peut avoir plusieurs déclencheurs, chacun d'eux fonctionnant dans des conditions spécifiées.

NOTE 2 Un déclencheur peut être composé de parties mécaniques, électromagnétiques ou électroniques.

3.2.1.1

déclencheur à maximum de courant (instantané)

déclencheur qui provoque une manœuvre de déclenchement sans retard intentionnel lorsque le courant dans le déclencheur est supérieur à la valeur spécifiée

[VEI 441-16-32, modifiée]

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60077, the definitions given in clauses 3 of IEC 60077-1 and IEC 60077-2 are applicable together with the following additional definitions.

3.1 Components

3.1.1

polarized circuit-breaker

circuit-breaker for which the breaking characteristics are defined for only one prescribed direction of current in the main circuit

3.1.2

bi-directional circuit-breaker

circuit-breaker for which the breaking characteristics are the same for both directions of current in main circuit

3.1.3

air circuit-breaker

circuit-breaker in which the contacts open and close in air at atmospheric pressure

[IEV 441-14-27]

3.1.4

semiconductor circuit-breaker

circuit-breaker designed to make and break the current in a circuit by means of the controlled conductivity of a semiconductor

3.1.5

hybrid circuit-breaker

circuit-breaker with mechanical contacts for isolation associated with a semiconductor for switching

NOTE Semiconductor circuit-breakers without mechanical isolation are not used on rolling stock.

3.2 Component parts

3.2.1

release

device, mechanically connected to a mechanical switching device, which releases the holding means and permits the opening or closing of the circuit-breaker

[IEV 441-15-17, modified]

NOTE 1 A circuit-breaker may have several releases each becoming operational according to specified conditions.

NOTE 2 A release may include mechanical, electromechanical or electronic parts.

3.2.1.1

over-current (instantaneous) release

device which causes a tripping operation without any intentional time delay when the current exceeds a specified value

[IEV 441-16-32, modified]

3.2.1.2

déclencheur direct à maximum de courant

déclencheur à maximum de courant alimenté directement par le courant dans le circuit principal d'un appareil de connexion

[VEI 441-16-36, modifiée]

3.2.1.3

déclencheur indirect à maximum de courant

déclencheur à maximum de courant activé par le courant dans le circuit principal par l'intermédiaire d'un capteur de courant (shunt ou transducteur de courant)

[VEI 441-16-37, modifiée]

3.2.2

dispositif antipompage

dispositif qui empêche une refermeture après une manœuvre de fermeture ouverture pendant toute la durée du maintien de l'ordre de fermeture

[VEI 441-16-48]

NOTE L'ouverture peut être une commande d'ouverture ou un déclenchement libre.

3.2.3

enveloppe

partie procurant un degré de protection spécifié du matériel contre certaines influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche ou le contact des parties actives ou contre le contact avec des pièces en mouvement. L'enveloppe peut également procurer une protection des parties environnantes contre l'influence du disjoncteur (par exemple l'arc)

[VEI 441-13-01, modifiée]

3.2.4

enveloppe intégrée

enveloppe faisant partie intégrante du disjoncteur

3.3 Caractéristiques de fonctionnement

3.3.1

disjoncteur limiteur de courant

disjoncteur dont la durée de coupure est particulièrement brève en vue d'obtenir que le courant de court-circuit ne puisse atteindre son amplitude maximale

[VEI 441-14-21]

3.3.2

disjoncteur à déclenchement libre

disjoncteur dont les contacts mobiles principaux reviennent en position d'ouverture et y demeurent quand la manœuvre (c'est-à-dire le déclenchement) d'ouverture est commandée après le début de la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu

[VEI 441-16-31, modifiée]

NOTE Afin d'assurer une interruption correcte du courant qui peut avoir été établi, il peut être nécessaire que les contacts atteignent momentanément la position fermeture.

3.2.1.2

direct over-current release

over-current release directly energized by the current in the main circuit of the circuit-breaker

[IEV 441-16-36, modified]

3.2.1.3

indirect over-current release

over-current release initiated by the current in the main circuit through a current sensor (shunt or current transducer)

[IEV 441-16-37, modified]

3.2.2

anti-pumping device

device which prevents reclosing after a close-open operation as long as the device initiating closing is maintained in the position for closing

[IEV 441-16-48]

NOTE The opening operation may be either an opening command or a tripping operation.

3.2.3

enclosure

part providing a specified degree of protection of the circuit-breaker against external pollution and a specified degree of protection against access to live parts and moving parts. The enclosure may also provide protection of adjacent parts against the influence of the circuit-breaker (for example, arcing)

[IEV 441-13-01, modified]

3.2.4

integral enclosure

enclosure forming an integral part of the circuit-breaker

3.3 Operational features

3.3.1

current-limiting circuit-breaker

circuit-breaker with a break-time short enough to prevent the short-circuit current reaching its otherwise attainable peak value

[IEV 441-14-21]

3.3.2

trip-free circuit-breaker

circuit-breaker, the moving main contacts of which return to and remain in the open position when the opening (i.e. tripping) operation is initiated after the initiation of the closing operation even if the closing command is maintained

[IEV 441-16-31, modified]

NOTE To ensure proper breaking of the current which may have been established, it may be necessary that the contacts momentarily reach the closed position.

3.3.3

courant de réglage

valeur de courant du circuit principal à laquelle se rapportent les caractéristiques du déclencheur à maximum de courant et pour laquelle le déclencheur est réglé

NOTE Un déclencheur peut avoir plusieurs courants de réglage.

3.3.4

domaine du courant de réglage

domaine limité par les valeurs minimale et maximale entre lesquelles la valeur du courant de réglage peut être choisie

[VEI 441-16-47, modifiée]

3.3.5

manœuvre de déclenchement

manœuvre d'ouverture d'un disjoncteur amorcée par un déclencheur

3.4 Caractéristiques de coupure

NOTE Certains termes définis dans cet article sont utilisés à titre d'exemple dans l'annexe B.

3.4.1

durée d'ouverture

intervalle de temps entre l'instant spécifié de début de manœuvre d'ouverture et l'instant de la séparation des contacts d'arc

[VEI 441-17-36, modifiée]

NOTE Pour chacune des commandes d'ouverture autres que celle à maximum de courant, l'instant de l'origine de la manœuvre d'ouverture sera précisé par le fabricant.

3.4.2

durée d'ouverture par maximum de courant

intervalle de temps entre l'instant où le courant atteint la valeur de réglage du déclencheur à maximum de courant et l'instant où les contacts de coupure sont séparés

3.4.3

courant présumé

courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle du disjoncteur était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

[VEI 441-17-01, modifiée]

3.4.4

valeur crête du courant présumé

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

[VEI 441-17-02]

3.4.5

courant coupé présumé

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

[VEI 441-17-06]

NOTE L'instant du début du phénomène de coupure est habituellement choisi comme le moment du début de l'arc.

3.3.3

current setting

value of the current in the main circuit to which the operating characteristics of the over-current release are referred and for which the release is set

NOTE A release may have more than one current setting.

3.3.4

current-setting range

range between the minimum and maximum values over which the current setting of the over-current release can be adjusted

[IEV 441-16-47, modified]

3.3.5

tripping operation

opening operation of a circuit-breaker initiated by a release

3.4 Breaking characteristics

NOTE Some of the terms defined in this clause are used in the examples of annex B.

3.4.1

opening time

interval of time between the specified instant of initiation of the opening operation and the instant when the arcing contacts have separated in all poles

[IEV 441-17-36, modified]

NOTE The instant of initiation of the opening operation is specified by the manufacturer for all the opening commands other than over-current.

3.4.2

over-current opening time

interval of time between the instant when the current in the main circuit reaches the current setting value of the over-current release and the instant when the arcing contacts have separated

3.4.3

prospective current

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

[IEV 441-17-01, modified]

3.4.4

prospective peak current

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

[IEV 441-17-02]

3.4.5

prospective breaking current

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

[IEV 441-17-06]

NOTE The instant of initiation of the breaking process is usually defined as the beginning of the arc.

3.4.6

courant coupé limité

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure

[VEI 441-17-12, modifiée]

3.4.7

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes de chacun des pôles d'un disjoncteur après l'interruption du courant

[VEI 441-17-25, modifiée]

3.4.8

durée d'arc

intervalle de temps entre l'instant du début de l'arc entre les contacts de coupure et l'instant de l'extinction finale de l'arc

[VEI 441-17-37, modifiée]

3.4.9

durée de coupure

intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture d'un disjoncteur et la fin de la durée d'arc

[VEI 441-17-39, modifiée]

3.4.10

intégrale de Joule (I^2t)

intégrale du carré de la valeur du courant dans un disjoncteur dans l'intervalle de la durée de coupure lors de la manœuvre d'ouverture

[VEI 441-18-23, modifiée]

$$I^2t = \int_{t_1}^{t_2} i^2 dt$$

t_1 = début de l'ouverture

t_2 = fin de la période d'arc

3.4.11

caractéristique I^2t

information (généralement une courbe) donnant la valeur de I^2t en fonction de la valeur crête du courant présumé dans des conditions spécifiées comme le courant de réglage du déclencheur, la constante de temps du circuit d'essai, etc.

3.4.12

caractéristique durée de coupure-courant

courbe donnant la durée de coupure en fonction du courant présumé dans les conditions spécifiées comme le réglage du déclencheur, la constante de temps du circuit d'essai, etc.

3.4.13

caractéristique de courant coupé

courbe donnant le courant coupé en fonction de la valeur crête du courant présumé dans les conditions spécifiées comme le réglage du déclencheur, la constante de temps du circuit d'essai, etc.

3.4.6**cut-off current**

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation

[IEV 441-17-12, modified]

3.4.7**recovery voltage**

voltage which appears across the terminals of each pole of a circuit-breaker after breaking of the current

[IEV 441-17-25, modified]

3.4.8**arcing time**

interval of time between the instant of the initiation of the arc between the arcing contacts and the instant of final arc extinction

[IEV 441-17-37, modified]

3.4.9**break time**

interval of time between the beginning of the opening time of a circuit-breaker and the end of the arcing time

[IEV 441-17-39, modified]

3.4.10**joule integral (I^2t)**

integral of the square of the current in a circuit-breaker during a breaking process, over the break time

[IEV 441-18-23, modified]

$$I^2t = \int_{t_1}^{t_2} i^2 dt$$

t_1 = beginning of the opening time

t_2 = end of the arcing time

3.4.11 **I^2t characteristic**

information (generally a curve) giving the value of I^2t as a function of the prospective peak current for specified conditions such as the current setting of the release, the time constant of the test circuit, etc.

3.4.12**break time – current characteristic**

curve giving the break time as a function of the prospective peak current for specified conditions such as the current setting of the release, the time constant of the test circuit, etc.

3.4.13**cut-off current characteristic**

curve giving the cut-off current as a function of the prospective peak current for specified conditions such as the current setting of the release, the time constant of the test circuit, etc.

4 Classification

Cet article est destiné à énumérer les caractéristiques d'un disjoncteur sur lequel le fabricant donne des informations, et qui doivent être vérifiées par des essais si nécessaire.

Les disjoncteurs sont classés

- selon leur fréquence de fonctionnement C1, C2 ou C3. Les caractéristiques de ces fréquences de fonctionnement sont données en 5.4;
- selon le type de construction:
 - construction ouverte;
 - construction sous enveloppe intégrale;
- selon le degré de protection procuré par l'enveloppe (voir CEI 60529).

5 Caractéristiques

5.1 Liste des caractéristiques

Les caractéristiques d'un disjoncteur doivent être celles de la liste suivante lorsqu'elles sont appropriées:

- type de disjoncteur (5.2);
- valeurs limites et valeurs assignées du circuit principal (5.3);
- fréquences de fonctionnement (5.4);
- circuits de commande électriques et pneumatiques (5.5);
- circuits auxiliaires électriques et pneumatiques (5.6);
- déclencheur à maximum de courant (5.7);
- valeur crête des tensions d'arc (5.8).

5.2 Type de disjoncteur

Il est nécessaire d'indiquer

- le genre d'appareil (par exemple disjoncteur à air comprimé, disjoncteur hybride, disjoncteur bidirectionnel ou polarisé);
- le type de conception (voir article 4);
- le degré de protection procuré par l'enveloppe (voir article 4);
- caractéristiques de fonctionnement (par exemple disjoncteur limiteur de courant, disjoncteur à déclenchement libre).

5.3 Valeurs limites et valeurs assignées du circuit principal

5.3.1 Généralités

Les valeurs assignées sont choisies par le fabricant; il n'est toutefois pas nécessaire d'établir toutes les valeurs caractéristiques énumérées.

4 Classification

This clause is intended to list the characteristics of a circuit-breaker on which information is given by the manufacturer and which shall be verified by testing where relevant.

The circuit breakers are classified

- according to their operational frequency C1, C2 or C3. The characteristics of these operational frequencies are given in 5.4;
- according to the type of design:
 - open construction;
 - construction with an integral enclosure;
- according to the degree of protection provided by the enclosure (see IEC 60529).

5 Characteristics

5.1 List of characteristics

The characteristics of a circuit-breaker shall be stated as applicable, among those of the following:

- type of circuit-breaker (5.2);
- rated values and limiting values of the main circuit (5.3);
- operational frequencies (5.4);
- electric and pneumatic control circuits (5.5);
- electric and pneumatic auxiliary circuits (5.6);
- over-current release (5.7);
- peak arc voltages (5.8).

5.2 Type of circuit-breaker

It is necessary to state

- the kind of device (for example, air circuit-breaker, hybrid circuit-breaker, bi-directional or polarized circuit-breaker);
- the type of design (see clause 4);
- the degree of protection provided by the enclosure (see clause 4);
- operational features (for example, current limiting circuit-breaker, trip-free circuit-breaker).

5.3 Rated values and limiting values for the main circuit

5.3.1 General

Rated values are assigned by the manufacturer but it is not necessary to establish all the ratings listed.

5.3.2 Tensions assignées

Les tensions assignées d'un disjoncteur sont les suivantes:

- tension assignée d'emploi (U_e) (voir 5.1.2 de la CEI 60077-1);

NOTE Certains types de disjoncteurs peuvent avoir plusieurs valeurs de tensions assignées d'emploi ou une plage assignée de tensions d'emploi.

- tension assignée d'isolement (U_i) (voir 5.1.3 de la CEI 60077-1);

NOTE Lorsque aucune tension d'isolement n'a été assignée à un disjoncteur, la tension assignée d'isolement est considérée comme étant égale à la valeur de tension assignée d'emploi la plus élevée.

- tension assignée de tenue au choc (U_{imp}) (voir 5.1.5 de la CEI 60077-1).

5.3.3 Courants assignés

Un disjoncteur est défini par les courants assignés suivants:

- courant assigné d'emploi (I_e) (voir 5.3.1 de la CEI 60077-1) à la constante de temps T_2 (voir 5.3.4);

NOTE Certains types de disjoncteurs peuvent avoir plusieurs valeurs de courants assignés d'emploi ou une plage assignée de courants d'emploi.

- courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th}) (voir 5.3.3 de la CEI 60077-2);

- courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (voir 5.3.2 de la CEI 60077-1).

5.3.4 Constantes de temps assignées

Les constantes de temps pour le disjoncteur dépendent des caractéristiques électriques de la sous-station et de la ligne.

Les quatre constantes de temps données dans le tableau 1 doivent être utilisées par le fabricant pour déterminer les pouvoirs de coupure et de fermeture en court-circuit mentionnés en 5.3.5.

Si nécessaire, les valeurs de constantes de temps peuvent être définies par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Tableau 1 – Constantes de temps assignées

Tension assignée d'emploi U_e V	900	1 800	3 600
Constante de temps T_1 (minimum) (ms)	0	0	0
Constante de temps T_2 (ms)	15	15	15
Constante de temps T_3 (ms)	50	40	30
Constante de temps T_4 (ms)	150	100	50
NOTE Une constante de temps de 0 ms signifie que pour les essais la charge est constituée de résistances sans addition volontaire d'inductances.			

5.3.5 Caractéristiques en court-circuit (voir aussi annexe B)

5.3.5.1 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit d'un disjoncteur est la valeur de pouvoir de fermeture correspondant à la tension assignée d'emploi, et est assigné par le fabricant. Le disjoncteur doit satisfaire aux conditions d'essais de court-circuit assignées spécifiées en 9.3.4 et doit être capable de fonctionner ultérieurement.

5.3.2 Rated voltages

The rated voltages for a circuit-breaker are the following:

- rated operational voltage (U_e) (see 5.1.2 of IEC 60077-1);

NOTE Certain types of circuit-breakers may have several rated operational voltages or may have a rated operational voltage range.

- rated insulation voltage (U_i) (see 5.1.3 of IEC 60077-1);

NOTE When no rated insulation voltage has been assigned to a circuit-breaker, the rated insulation voltage is considered to be equal to the highest value of the rated operational voltage.

- rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (see 5.1.5 of IEC 60077-1).

5.3.3 Rated currents

The rated currents for a circuit-breaker are the following:

- rated operational current (I_e) (see 5.3.1 of IEC 60077-1) at the rated time constant T_2 (see 5.3.4);

NOTE Certain types of circuit-breakers may have several rated operational currents or may have a rated operational current range.

- conventional free air thermal current (I_{th}) (see 5.3.3 of IEC 60077-2);

- rated short-time withstand current (I_{cw}) (see 5.3.2 of IEC 60077-1).

5.3.4 Rated time constants

The time constants for the circuit-breaker are dependent on the electrical characteristics of the substation, the line and the load.

The four time constants given in table 1 shall be used by the manufacturer to determine the short-circuit breaking and making capacities stated in 5.3.5.

If necessary the time constant values may be defined by agreement between manufacturer and user.

Table 1 – Rated time constants

Rated operational voltage U_e V		900	1 800	3 600
Time constant T_1 (minimum)	(ms)	0	0	0
Time constant T_2	(ms)	15	15	15
Time constant T_3	(ms)	50	40	30
Time constant T_4	(ms)	150	100	50
NOTE A time constant of 0 ms signifies that for the tests the load is made up of resistors without any voluntary adding of inductance.				

5.3.5 Short-circuit characteristics (see also annex B)

5.3.5.1 Rated short-circuit making capacity

The rated short-circuit making capacity of a circuit-breaker is the value of the making current corresponding to the rated operational voltage and is assigned by the manufacturer. The circuit-breaker shall satisfy the rated short-circuit test conditions specified in 9.3.4 and shall be capable of subsequent operation.

5.3.5.2 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit d'un disjoncteur est la valeur de pouvoir de coupure correspondant à la tension assignée d'emploi, et est assigné par le fabricant. Le disjoncteur doit satisfaire aux conditions d'essais de court-circuit assignées spécifiées en 9.3.4 et doit être capable de fonctionner ultérieurement.

5.4 Fréquences de fonctionnement

Les fréquences de fonctionnement C1, C2 et C3 sont définies comme suit:

- C1: faible fréquence de fonctionnement (par exemple le disjoncteur s'ouvre uniquement lorsqu'un court-circuit est détecté);
- C2: fréquence moyenne de fonctionnement (par exemple en plus du cas C1, le disjoncteur s'ouvre par une commande émise lors du dépassement de la valeur limite prédéterminée d'une variable (par exemple surtension, surcharge, etc.);
- C3: régime fréquence élevée de fonctionnement (par exemple en plus du cas C2, le disjoncteur s'ouvre pour d'autres raisons, par exemple à chaque section de séparation, chaque sectionnement, chaque gare terminus, etc.).

Les fréquences de fonctionnement sont utilisées pour caractériser l'aptitude au fonctionnement selon le tableau 2.

5.5 Circuits de commande électriques et pneumatiques

Les caractéristiques des circuits de commande électriques et pneumatiques sont données en 5.6 et 5.7 de la CEI 60077-2.

5.6 Circuits auxiliaires électriques et pneumatiques

Les caractéristiques des circuits auxiliaires sont le nombre et la nature des contacts (contact «a», contact «b», etc.) de chacun de ces circuits et leurs caractéristiques assignées. Ces caractéristiques sont données en 5.9 et 5.10 de la CEI 60077-2.

5.7 Déclencheur à maximum de courant

Le fabricant doit déclarer les caractéristiques suivantes pour chacun des déclencheurs:

- type de déclencheur à maximum de courant (par exemple direct et/ou indirect, intégration d'un dispositif d'antipompage);
- courant de réglage (ou plage de réglage) pour chacun des sens de circulation du courant dans le circuit principal;
- caractéristiques de durée d'ouverture en fonction des grandeurs qui influencent le déclencheur (par exemple en fonction de la vitesse de variation du courant).

5.8 Valeurs crêtes de la tension d'arc

Le fabricant doit spécifier la valeur maximale de la crête des tensions d'arc provoquées par la manœuvre du disjoncteur lorsqu'il est essayé selon les dispositions des essais de fermeture et d'ouverture des séquences I, II et IV du tableau 3.

5.3.5.2 Rated short-circuit breaking capacity

The rated short-circuit breaking capacity of a circuit-breaker is the value of the breaking current corresponding to the rated operational voltage and is assigned by the manufacturer. The circuit-breaker shall satisfy the rated short-circuit test conditions specified in 9.3.4 and shall be capable of subsequent operation.

5.4 Operational frequencies

The operational frequencies C1, C2 and C3 are defined as:

- C1: light operational frequency (for example, the circuit-breaker opens only when a short circuit is detected);
- C2: medium operational frequency (for example, in addition to C1, the circuit-breaker opens by a command produced by exceeding a predetermined limiting value for example, due to over-voltage and overload conditions, etc);
- C3: heavy operational frequency for example, in addition to C2, the circuit-breaker opens for other reasons (for example, at each gap section, each sectioning point, each terminal station etc.).

The operational frequencies are used to characterize the performance capability as given in table 2.

5.5 Electric and pneumatic control circuits

The characteristics of the electric and pneumatic control circuits are given in 5.6 and 5.7 of IEC 60077-2.

5.6 Electric and pneumatic auxiliary circuits

The characteristics of the auxiliary circuits are the number and nature of the contacts ("a" contact, "b" contact, etc.) of each of these circuits and their rated characteristics. These characteristics are given in 5.9 and 5.10 of IEC 60077-2.

5.7 Over-current release

The following characteristics shall be declared by the manufacturer for each over-current release:

- type of over-current release (for example, direct and/or indirect, with or without an anti-pumping device);
- current setting (or setting range) for each direction of the current in the main circuit;
- characteristics of the opening time as a function of the quantities which influence the release (for example, as a function of the rate of rise of current).

5.8 Peak arc voltages

The manufacturer shall specify the maximum value of the peak arc voltages caused by operation of the circuit-breaker when it is tested in accordance with the provisions of the making and breaking tests of sequences I, II and IV of table 3.

6 Information sur le produit

6.1 Documentation sur le composant

L'information doit être donnée dans le catalogue ou dans la documentation du fabricant.

L'article 6.1 de la CEI 60077-2 s'applique avec les informations complémentaires suivantes:

- tension assignée d'emploi du circuit de commande du déclencheur indirect à maximum de courant et/ou du déclencheur à tension minimale (ou déclencheur à manque de tension), et fréquence assignée le cas échéant;
- courant de réglage ou la plage de courant de réglage des déclencheurs à maximum de courant;
- durée d'ouverture, caractéristiques de durée de coupure du courant;
- caractéristiques de courant coupé;
- caractéristique I^2t .

6.2 Marquage

Les données techniques ou les identifications doivent être marquées conformément à 6.2 de la CEI 60077-2.

7 Conditions normales de service

Ces conditions sont données à l'article 7 de la CEI 60077-1.

8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement

8.1 Dispositions constructives

Ces dispositions sont données en 8.1 de la CEI 60077-2.

8.2 Exigences relatives au fonctionnement

8.2.1 Conditions de fonctionnement

Ces exigences sont données en 8.2.1 de la CEI 60077-2.

8.2.2 Echauffements

Ces exigences sont données en 8.2.2. de la CEI 60077-2.

8.2.3 Fonctionnement à la mise en service

Ces exigences sont données en 8.2.3. de la CEI 60077-1.

8.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Ces exigences sont données en 8.2.4 de la CEI 60077-1.

6 Product information

6.1 Component documentation

This information shall be given in the manufacturer's catalogue or manual.

Subclause 6.1 of IEC 60077-2 applies and is supplemented by the following:

- rated operational voltage of the control circuit of the indirect over-current release and/or under-voltage release (or no voltage release) and its rated frequency, if applicable;
- current setting or current setting range of over-current releases;
- opening time, break time-current characteristics;
- cut off current characteristics;
- I^2t characteristic.

6.2 Marking

The data or identification shall be marked in accordance with 6.2 of IEC 60077-2.

7 Normal service conditions

These conditions are given in clause 7 of IEC 60077-1.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

These requirements are given in 8.1 of IEC 60077-2.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

These requirements are given in 8.2.1 of IEC 60077-2.

8.2.2 Temperature rise

These requirements are given in 8.2.2 of IEC 60077-2.

8.2.3 Operation following inactivity

These requirements are given in 8.2.3 of IEC 60077-1.

8.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC)

These requirements are given in 8.2.4 of IEC 60077-1.

8.2.5 Emission de bruit acoustique

Ces exigences sont données en 8.2.5 de la CEI 60077-1.

8.2.6 Propriétés diélectriques

Ces exigences sont données en 8.2.6 de la CEI 60077-1.

8.2.7 Surtensions de coupure

Le paragraphe 8.2.7 de la CEI 60077-1 s'applique avec le complément suivant:

- la coupure des disjoncteurs à courant continu dont la tension assignée d'isolement (U_i) est comprise entre 660 V et 4 800 V ne doit pas engendrer de valeurs de la tension d'arc supérieures à 3 U_i .

8.2.8 Aptitude au fonctionnement en service

Le disjoncteur doit satisfaire (en fonction de la fréquence de fonctionnement) aux dispositions du tableau 2 dans les conditions d'essai données en 9.3.3.4.

Chaque cycle de manœuvres doit comprendre soit une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture (cycle sans courant), soit une manœuvre d'établissement suivie d'une manœuvre de coupure (cycle avec courant).

Chaque séquence doit consister à accomplir le nombre de manœuvres sans courant spécifié au tableau 2, colonne 3, puis le nombre de manœuvres avec courant spécifié au tableau 2, colonne 4.

Chaque séquence est répétée le nombre de fois précisé au tableau 2, colonne 2 pour obtenir le nombre total de manœuvres spécifié au tableau 2, colonnes 5 et 6.

Tableau 2 – Aptitude au fonctionnement

Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4	Colonne 5	Colonne 6
Fréquence de fonctionnement	Nombre de séquences	Nombre de manœuvres par séquence		Nombre total de manœuvres	
		Sans courant	Avec courant	Sans courant	Avec courant
C1	1	20 000	100	20 000	100
C2	2	50 000	200	100 000	400
C3	4	50 000	200	200 000	800

NOTE 1 La fréquence de manœuvre est choisie de façon que l'échauffement de toutes les parties du disjoncteur reste dans des limites acceptables.

NOTE 2 Il convient que la fréquence de manœuvre choisie après accord mutuel entre le fabricant et l'utilisateur soit mentionnée dans le rapport d'essai.

NOTE 3 Les cycles de manœuvres avec courant sont applicables à la fin de chaque séquence et les fréquences de manœuvre suivantes sont recommandées:

- 30 cycles par heure lorsque le courant assigné est inférieur ou égal à 2 000 A;
- 15 cycles par heure lorsque le courant assigné est supérieur à 2 000 A.

NOTE 4 A chaque cycle de manœuvres le disjoncteur reste fermé pendant une durée suffisante, sans excéder 2 s, pour que le courant s'établisse totalement.

NOTE 5 Un nombre de séquences différent peut être utilisé sous réserve que

- la proportion des cycles de manœuvres avec et sans courant de chacun des cycles soit égale à celle spécifiée dans ce tableau;
- le nombre total des cycles de manœuvres avec et sans courant soit égal à celui spécifié dans les colonnes 5 et 6 de ce tableau.

8.2.5 Acoustic noise emission

These requirements are given in 8.2.5 of IEC 60077-1.

8.2.6 Dielectric properties

These requirements are given in 8.2.6 of IEC 60077-1.

8.2.7 Switching overvoltages

Subclause 8.2.7 of IEC 60077-1 applies with the following additional requirement:

- the switching of d.c. circuit-breakers for which the rated insulation voltage (U_i) is between 660 V and 4 800 V shall not generate peak arc voltages higher than 3 times U_i .

8.2.8 Operational performance capability

The circuit-breaker shall be capable of complying (as a function of the operational frequency) with the provisions of table 2 under the test conditions stated in 9.3.3.4.

Each operating cycle shall consist either of a closing operation followed by an opening operation (cycle without current), or a making operation followed by a breaking operation (cycle with current).

Each sequence shall consist of performing a number of operating cycles without current, specified in table 2 column 3, followed by a number of operating cycles with current, specified in table 2 column 4.

Each sequence shall be repeated a number of times as specified in table 2 column 2 to obtain the total number of operating cycles stated in table 2, columns 5 and 6.

Table 2 – Operational performance capability

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Operational frequency	Number of sequences	Number of operating cycles per sequence		Total number of operating cycles	
		Without current	With current	Without current	With current
C1	1	20 000	100	20 000	100
C2	2	50 000	200	100 000	400
C3	4	50 000	200	200 000	800

NOTE 1 The rate of operating cycles is chosen to keep all parts of the circuit-breaker within acceptable limits of temperature-rise.

NOTE 2 The rate of operating cycles selected by mutual agreement between the manufacturer and the user should be mentioned in the test report.

NOTE 3 The operating cycles with current are applicable at the end of each sequence and the following rates are recommended:

- 30 cycles per hour for rated operational current less than or equal to 2 000 A;
- 15 cycles per hour for rated operational current greater than 2 000 A.

NOTE 4 During each operating cycle, the circuit-breaker remains in the closed position for a sufficient time to ensure that the current is fully established, but not exceeding 2 s.

NOTE 5 A different number of sequences may be adopted under the following conditions:

- the proportion of operating cycles with and without current in each cycle is equal to that specified in this table;
- the total number of operating cycles with and without current is equal to those specified in columns 5 and 6 of this table.

8.2.9 Aptitude à supporter les vibrations et les chocs

Le disjoncteur doit être capable de tenir les vibrations et chocs donnés par les prescriptions d'essai (voir 9.3.5.1 et 9.3.5.2).

8.2.10 Aptitude à l'établissement et à la coupure en court-circuit

Le disjoncteur doit satisfaire aux essais de court-circuit effectués dans les conditions ci-après:

- le courant de réglage du déclencheur à maximum de courant égal à la valeur maximum du domaine de courant de réglage;
- les courants de service assignés en court-circuit à la tension assignée d'emploi et pour la constante de temps assignée en court-circuit correspondante;
- la tension de rétablissement égale à la tension assignée d'emploi;
- les quatre constantes de temps selon 5.3.4;
- une séquence de manœuvres O – t_1 – CO – t_2 – CO pour chaque constante de temps;

O représente une manœuvre de coupure;

CO représente une manœuvre d'établissement, suivie d'une manœuvre de coupure, après la durée d'ouverture appropriée;

t_1 est l'intervalle de temps entre la première ouverture et la première fermeture et est égal à 20 s;

t_2 est l'intervalle de temps entre la seconde ouverture et la seconde fermeture et est égal à 60 s.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le paragraphe 9.1.1 de la CEI 60077-1 s'applique sauf les essais sur prélèvement qui ne sont pas acceptables pour les disjoncteurs.

Les essais destinés à vérifier les caractéristiques du disjoncteur sont:

- les essais de type (voir 9.1.2);
- les essais de série (voir 9.1.3);
- les essais d'investigation (voir 9.1.4).

9.1.2 Essais de type

Les essais de type comprennent les essais suivants:

- vérification des dispositions relatives à la construction (voir 9.2.2);
- vérification des dispositions relatives au fonctionnement (voir 9.3).

9.1.3 Essais de série

Les essais de série comprennent les essais suivants:

- vérification des dispositions relatives à la construction (voir 9.2.3);
- vérification des dispositions relatives au fonctionnement (voir 9.4).

8.2.9 Ability to withstand vibration and shock

The circuit-breaker shall be capable of withstanding the vibration and shocks given by test requirements (see 9.3.5.1 and 9.3.5.2).

8.2.10 Ability to make and break under short-circuit conditions

The circuit-breaker shall be capable of satisfying the short-circuit tests under the following conditions:

- current setting of the over-current release equal to the maximum value of the current setting range;
- rated short-circuit currents at the rated operational voltage for the corresponding rated short-circuit time constant;
- recovery voltage equal to the rated operational voltage;
- four time constants in accordance with the values of 5.3.4;
- a sequence of operations $O - t_1 - CO - t_2 - CO$ for each time constant;

O represents a breaking operation;

CO represents a making operation followed by a breaking operation after the appropriate opening time;

t_1 is the time interval between the first opening and the first closing and is equal to 20 s;

t_2 is the time interval between the second opening and the second closing and is equal to 60 s.

9 Tests

9.1 Kinds of tests

9.1.1 General

Subclause 9.1.1 of IEC 60077-1 applies except that sampling tests are not permissible for circuit-breakers.

The tests to verify the characteristics of the circuit-breakers are:

- type tests (see 9.1.2);
- routine tests (see 9.1.3);
- investigatory tests (see 9.1.4).

9.1.2 Type tests

The type tests comprise the following:

- verification of constructional requirements (see 9.2.2);
- verification of performance requirements (see 9.3).

9.1.3 Routine tests

The routine tests comprise the following:

- verification of constructional requirements (see 9.2.3);
- verification of performance requirements (see 9.4).

9.1.4 Essais d'investigation

En complément aux essais de type, les essais d'investigation sont justifiés par une application spécifique. Ils font l'objet d'un programme agréé entre le fabricant et l'utilisateur et peuvent porter sur

- l'influence des harmoniques sur l'échauffement et les caractéristiques de coupure;
- l'échauffement en surcharge temporaire.

9.2 Vérification des dispositions constructives

9.2.1 Généralités

La conformité du disjoncteur aux dispositions relatives à la construction décrites dans les parties appropriées de 8.1 de la CEI 60077-1 doit être prouvée avant la vérification des dispositions relatives à la construction détaillées en 9.3 et 9.4. La conformité de certaines propriétés doit être vérifiée par examen visuel, mesures, etc., quand un essai n'est pas approprié.

9.2.2 Essais de type

La vérification de la conformité aux dispositions relatives à la construction par un essai de type concerne

- les propriétés physiques: la conformité du disjoncteur aux dessins doit être contrôlée (par exemple les dimensions, la nature des matériaux, les risques électriques, la mise à la masse, etc.);
- les distances d'isolement et lignes de fuite (voir 9.3.3.2.1 et 9.3.3.2.4 de la CEI 60077-1);
- le calibre des bornes et connexions (les essais font partie des dispositions relatives au fonctionnement et sont conformes à 9.3.3.6).

9.2.3 Essais de série

La vérification de la conformité aux dispositions relatives à la construction concerne

- l'examen visuel (conformité par rapport aux dessins des pièces et assemblages);
- la mesure de la résistance. Les essais prescrits en 9.2.3 de la CEI 60077-1 doivent être appliqués. Les valeurs mesurées sur les circuits principaux et auxiliaires doivent être enregistrées dans le rapport d'essai de série.

9.3 Essais de type pour la vérification des dispositions relatives au fonctionnement

9.3.1 Séquences d'essais

Les essais de type sont groupés en un nombre de séquences d'essais comme indiqué au tableau 3.

Pour chaque séquence, les essais doivent être effectués dans l'ordre de leur énumération.

Un appareil neuf peut être utilisé pour chacune des séquences.

Un essai de série (voir 9.1.3) doit être exécuté sur chaque appareil avant l'essai de type.

9.1.4 Investigatory tests

These are supplementary tests to the type tests for a special application. They form the subject of a programme agreed between the manufacturer and the user, and may concern

- the influence of harmonics on the temperature-rise and breaking characteristics;
- temperature rise for temporary overload conditions.

9.2 Verification of constructional requirements

9.2.1 General

The compliance of the circuit-breaker with the constructional requirements given in the appropriate parts of 8.1 of IEC 60077-1 shall be proven prior to verification of performance requirements as detailed in 9.3 and 9.4. The compliance of properties where testing is not appropriate shall be by visual examination, measurements, etc.

9.2.2 Type tests

Verification of compliance with the constructional requirements for the type test concerns

- physical properties: a check shall be made that the circuit-breaker conforms to the drawings (for example, dimensions, materials, electrical risks, protective bonding, etc);
- clearance and creepage distances (see 9.3.3.2.1 and 9.3.3.2.4 of IEC 60077-1);
- terminals and connecting capacity (tested as part of performance requirements in accordance with 9.3.3.6).

9.2.3 Routine tests

Verification of compliance with the constructional requirements for the routine test concerns

- visual examination (compliance of the manufacture and assembly with the drawings);
- measurement of resistance. The tests required in 9.2.3 of IEC 60077-1 shall be applied. The measured values for main and control circuits shall be recorded in the routine test report.

9.3 Type tests for verification of performance requirements

9.3.1 Test sequences

Type tests are grouped together in a number of test sequences as shown in table 3.

For each sequence, the tests shall be carried out in the order listed.

A new sample may be used for each sequence.

A routine test (see 9.1.3) shall be carried out on every sample before the type test.

Tableau 3 – Liste des séquences d'essais de type pour les dispositions relatives au fonctionnement

Séquences d'essais	Essais	Article
I – Caractéristiques générales de fonctionnement	Limites de fonctionnement Echauffement Propriétés diélectriques Aptitude au fonctionnement Vérification de la tenue diélectrique Vérification de l'échauffement Vérification de la manœuvre de déclenchement	9.3.3
II – Pouvoir de fermeture et de coupure de service assigné en court-circuit	Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_2 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_3 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_4 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_1 Vérification de la tenue diélectrique Vérification de l'échauffement Vérification de la manœuvre de déclenchement	9.3.4
III – Tenue aux vibrations et aux chocs	Vibrations Chocs Vérification du fonctionnement mécanique Vérification de la manœuvre de déclenchement Vérification de la tenue diélectrique	9.3.5
IV – Courants critiques	Recherche des courants critiques	9.3.6
V – Conditions climatiques (sur prescription)	Essais d'environnement (chaleur sèche, chaleur humide, froid, etc.)	9.3.7
VI – Autres essais (sur prescription)	Compatibilité électromagnétique (CEM) Emission sonore	9.3.8

9.3.2 Conditions générales d'essais

Les disjoncteurs à essayer doivent être conformes dans tous leurs détails aux dessins du type auquel ils appartiennent.

Pendant une séquence d'essais aucune opération de maintenance ou réparation n'est autorisée sauf celles spécifiées lors de l'aptitude au fonctionnement (voir 9.3.3.4).

Chaque séquence décrite au tableau 3 doit être exécutée sur un disjoncteur neuf et propre (ou considéré comme tel après remise en état). Pour les disjoncteurs bidirectionnels, les essais doivent être effectués dans les deux directions du courant si nécessaire.

Les essais doivent être exécutés aux valeurs assignées (courant, tension, pression d'air) des circuits (principaux, de commande et auxiliaires) et conformément aux valeurs indiquées en 5.3, 5.5 et 5.6.

Les grandeurs d'essais doivent être dans les tolérances indiquées au tableau 4.

Table 3 – List of type test sequences for performance requirements

Test sequences	Tests	Clause
I – General performance characteristics	Operating limits Temperature rise Dielectric properties Operational performance capability Verification of dielectric withstand Verification of temperature rise Verification of tripping operation	9.3.3
II – Rated short-circuit making and breaking capacities	Ability to make and break under short-circuit conditions at time constant T_2 Ability to make and break under short-circuit conditions at time constant T_3 Ability to make and break under short-circuit conditions at time constant T_4 Ability to make and break under short-circuit conditions at minimum time constant T_1 Verification of dielectric withstand Verification of temperature rise Verification of tripping operation	9.3.4
III – Capability to withstand vibration and shock	Vibration Shock Verification of mechanical operation Verification of tripping operation Verification of dielectric withstand	9.3.5
IV – Critical currents	Searching for critical currents	9.3.6
V – Climatic conditions (if required)	Environmental tests (dry heat, damp heat, cold, etc.)	9.3.7
VI – Other tests (if required)	Electromagnetic compatibility (EMC) Acoustic noise emission	9.3.8

9.3.2 General test conditions

The circuit-breakers to be tested shall comply in all details with the drawings of the type which they represent.

During a test sequence no maintenance or repair is permissible except for that specified for operational performance capability (see 9.3.3.4).

Each of the sequences (described in table 3) shall be made on a circuit-breaker in a clean and new condition (or considered as such after a repair). For bi-directional circuit-breakers, testing shall be carried out with both directions of current if necessary.

The tests shall be performed at the rated operational values (current, voltage, air pressure) for the circuits (main, control and auxiliary) and in accordance with the values indicated in 5.3, 5.5 and 5.6.

The test values shall be within the tolerances indicated in table 4.

Tableau 4 – Tolérances des grandeurs d'essai

Ensemble des essais	Essais dans les conditions normales	Essais en conditions de court-circuit
Circuit principal Tension: $+5\%$ 0%	Circuit principal Courant: $+5\%$ 0% Constante de temps: $+15\%$ 0%	Circuit principal Courant: $+10\%$ 0% Constante de temps: $+25\%$ 0%
Circuits de commande et auxiliaires Courant: $\pm 5\%$ Tension: $\pm 5\%$ Pression d'air: $\pm 5\%$		
NOTE 1 Pour la constante de temps T1, voir tableau 1. NOTE 2 Pour les limites de déclenchement la tolérance sur le courant est aussi de 5 %.		

Pour tous les essais, la température de l'air ambiant est mesurée et consignée dans le rapport d'essais.

Le disjoncteur en essai doit être complet, et installé

- soit dans son enveloppe s'il elle existe;
- soit dans une enceinte représentant les conditions d'installation, lorsqu'elles sont prescrites par le fabricant;
- soit dans les conditions d'installation envisagées sur le matériel roulant considéré.

9.3.3 Séquence d'essai I: caractéristiques générales de fonctionnement

Cette séquence doit comprendre les essais et vérifications énumérés au tableau 3.

9.3.3.1 Limites de fonctionnement

Les essais prescrits en 9.3.3.1 de la CEI 60077-2 doivent être effectués.

9.3.3.2 Echauffement

Les essais prescrits en 9.3.3.2 de la CEI 60077-2 doivent être effectués au courant thermique conventionnel à l'air libre.

9.3.3.3 Propriétés diélectriques

Les essais prescrits en 9.3.3.3 de la CEI 60077-2 doivent être effectués.

9.3.3.4 Aptitude au fonctionnement

L'essai doit être effectué conformément à 8.2.8, avec les séquences correspondant à la fréquence de fonctionnement.

Les manœuvres d'établissement et de coupure doivent être effectuées au courant assigné d'emploi, à la tension assignée d'emploi et avec une constante de temps T2 (15 ms) en utilisant le circuit de l'annexe A.

Entre les séquences du tableau 2, un examen et des opérations de maintenance conformes aux instructions spécifiées dans les documents d'entretien (voir 6.3 de la CEI 60077-1) sont admis. Pendant ces opérations, le remplacement des pièces doit être limité aux contacts (et autres parties soumises à l'arc électrique) du circuit principal.

NOTE Une séquence du tableau 2 comprend les essais avec et sans courant.

Table 4 – Tolerances on test values

All tests	Tests under normal load conditions	Tests under short-circuit conditions
Main circuit Voltage: $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$	Main circuit Current: $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ Time constant: $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$	Main circuit Current: $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ Time constant: $\begin{smallmatrix} +25 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
Control and auxiliary circuit Current: $\pm 5 \%$ Voltage: $\pm 5 \%$ Air pressure: $\pm 5 \%$		
NOTE 1 For T_1 time constant refer to note table 1. NOTE 2 For tripping limits, the current tolerance is also 5 %.		

For all the tests, the ambient air temperature shall be measured and recorded in the test report.

The complete circuit-breaker under test shall be mounted

- either in its integral enclosure if it has one;
- or in an enclosure representing the conditions of installation when these are prescribed by the manufacturer;
- or under the conditions of installation envisaged on the rolling stock.

9.3.3 Test sequence I: general performance characteristics

This sequence shall include the tests and verifications listed in table 3.

9.3.3.1 Operating limits

The tests required in 9.3.3.1 of IEC 60077-2 shall be carried out.

9.3.3.2 Temperature rise

The tests required in 9.3.3.2 of IEC 60077-2 shall be carried out at the conventional free air thermal current.

9.3.3.3 Dielectric properties

The tests required in 9.3.3.3 of IEC 60077-2 shall be carried out.

9.3.3.4 Operational performance capability

The tests shall be performed to verify compliance with the requirements of 8.2.8, with the sequences corresponding to the operational frequency.

The operations of making and breaking shall be carried out at the rated operational current, the rated operational voltage and for time constant T_2 (15 ms) using a test circuit as in annex A.

Between the sequences of table 2, inspection and maintenance operations are permitted in accordance with instructions specified in the maintenance documents (see 6.3 of IEC 60077-1). During these operations, the parts replaced shall be limited to the contacts (and other parts exposed to arcing) of the main circuit.

NOTE A single sequence of table 2 includes operation both without and with current.

A l'issue de chaque séquence, aucune opération de maintenance n'est permise avant les vérifications prescrites en 9.3.3.5, 9.3.3.6 et 9.3.3.7.

9.3.3.5 Vérification de la tenue diélectrique

A l'issue de l'essai décrit en 9.3.3.4, le disjoncteur doit pouvoir supporter la tension diélectrique réduite à 75 % des valeurs prescrites en 9.3.3.3.

9.3.3.6 Vérification de l'échauffement

Après la vérification décrite en 9.3.3.5, un essai d'échauffement doit être effectué sur le circuit principal conformément à 9.3.3.2.

A l'issue de l'essai, les échauffements ne doivent pas être supérieurs aux valeurs spécifiées en 8.2.2. de la CEI 60077-2, et ne doivent pas dépasser de plus de 20 K ceux mesurés pendant l'essai prescrit à 9.3.3.2.

9.3.3.7 Vérification de la manœuvre de déclenchement

Cet essai est applicable uniquement lorsque le déclencheur est intégré au disjoncteur.

Après la vérification décrite en 9.3.3.6, les réglages de courant des déclencheurs doivent être contrôlés.

Chaque réglage ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la valeur mesurée précédemment pendant les essais de série.

9.3.4 Séquence d'essai II: établissement et coupure assignés en court-circuit

Cette séquence doit comprendre les essais et vérifications énumérés dans le tableau 3.

9.3.4.1 Conditions générales d'essai

Le schéma du circuit d'essai doit être conforme à celui de l'annexe A.

9.3.4.1.1 Règles générales pour l'étalonnage du circuit d'essai

L'étalonnage du circuit d'essai est effectué en plaçant des connexions provisoires C d'impédance négligeable aussi près que possible des bornes destinées au raccordement du disjoncteur en essai.

La résistance R et l'inductance X doivent être ajustées de façon à obtenir, pour la tension assignée d'emploi, les valeurs des pouvoirs de fermeture et de coupure de service assignés en court-circuit définis en 5.3.5.1 et 5.3.5.2, pour les différentes constantes de temps assignées en court-circuit définies en 5.3.4.

NOTE La saturation de l'inductance peut être évitée, en utilisant une inductance à air.

Un essai d'étalonnage doit alors être effectué pour mesurer ces valeurs et contrôler qu'elles sont dans les tolérances indiquées au tableau 4.

9.3.4.1.2 Règles générales pour les essais d'établissement et de coupure

Les déclencheurs sont réglés à leur valeur la plus élevée.

Toutes les parties normalement reliées à la caisse du véhicule, y compris l'enveloppe ou les écrans, doivent être isolées de la terre et raccordées en un point comme indiqué à l'annexe A.

At the end of the last sequence, no maintenance operation shall be carried out before the verifications required in 9.3.3.5, 9.3.3.6 and 9.3.3.7.

9.3.3.5 Verification of dielectric withstand

After the test described in 9.3.3.4, the circuit-breaker shall be capable of withstanding the dielectric test voltages reduced to 75 % of the values required in 9.3.3.3.

9.3.3.6 Verification of temperature rise

After the verification described in 9.3.3.5 a temperature rise test shall be carried out on the main circuit in accordance with 9.3.3.2.

At the end of the test, the temperature-rise values shall not exceed the values specified in 8.2.2 of IEC 60077-2 and they shall not exceed those recorded in 9.3.3.2 by more than 20 K.

9.3.3.7 Verification of tripping operation

This test is only applicable when the circuit breaker has built-in releases.

After the verification described in 9.3.3.6, the current settings of the releases shall be checked.

Each setting shall not differ by more than 10 % of its previous value measured during the routine test.

9.3.4 Test sequence II: rated short-circuit making and breaking capacities

This sequence shall include the tests and verifications listed in table 3.

9.3.4.1 General test conditions

The schematic diagram of the test circuit shall be as given in annex A.

9.3.4.1.1 General rules for the calibration of the test circuit

The calibration of the test circuit shall be carried out by placing temporary connection C of negligible impedance as close as reasonably possible to the terminals provided for connecting the circuit-breaker under test.

The resistor R and inductor X shall be adjusted to obtain at the rated operational voltage the values of the rated short-circuit making and breaking capacities defined in 5.3.5.1 and 5.3.5.2 at the different rated short-circuit time constants defined in 5.3.4.

NOTE Saturation of the inductor may be avoided by the use of an air cored inductor.

A calibration test shall then be carried out to measure these values and to check that they are within the tolerances indicated in table 4.

9.3.4.1.2 General rules for the making and breaking tests

The releases shall be set to their highest value.

All parts of the circuit-breaker normally connected to the vehicle body, including the enclosure or the screens, shall be insulated from earth and connected to a point as indicated in annex A.

Ce raccordement doit comprendre un élément fusible F d'une valeur recommandée de 10 A pour la détection d'un courant de défaut.

Le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément peut être limité par une résistance R_L .

NOTE De plus, une mesure de courant peut être effectuée.

9.3.4.1.3 Interprétation générale des essais

Durant les essais,

- aucune pièce du disjoncteur ne doit être cassée;
- l'élément fusible F doit être intact.

Les mesures effectuées durant chaque manœuvre doivent pouvoir prouver le fonctionnement correct du disjoncteur et doivent permettre de vérifier les caractéristiques d'établissement et de coupure:

- durée d'ouverture par maximum de courant;
- courant coupé limité;
- durée d'arc;
- tension d'arc.

Chaque manœuvre de coupure doit faire l'objet (dans la mesure du possible) d'un calcul de contrainte thermique en vue d'établir la caractéristique I^2t (intégrale de Joule).

9.3.4.1.4 Règles générale d'entretien durant les essais

Un entretien limité au nettoyage et au remplacement des contacts principaux (et autres parties soumises à l'arc) ne peut être réalisé qu'avant la dernière séquence de manœuvres $O - t_1 - CO - t_2 - CO$ à la constante de temps minimum T_1 .

9.3.4.2 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_2

Après l'étalonnage du circuit d'essai, la séquence d'essai de court-circuit doit être effectuée conformément aux exigences de 8.2.10, dans les conditions générales de 9.3.2.

9.3.4.3 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_3

Après l'étalonnage du circuit d'essai, la séquence d'essai de court-circuit doit être effectuée conformément aux exigences de 8.2.10, dans les conditions générales de 9.3.2.

9.3.4.4 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_4

Après l'étalonnage du circuit d'essai, la séquence d'essai de court-circuit doit être effectuée conformément aux exigences de 8.2.10, dans les conditions générales de 9.3.2.

9.3.4.5 Aptitude à établir et à couper en court-circuit avec la constante de temps T_1

Après l'étalonnage du circuit d'essai, la séquence d'essai de court-circuit doit être effectuée conformément aux exigences de 8.2.10, dans les conditions générales de 9.3.2.

9.3.4.6 Vérification de la tenue diélectrique

A l'issue de l'essai décrit en 9.3.4.5, le disjoncteur doit pouvoir supporter la tension diélectrique réduite à 75 % des valeurs prescrites en 9.3.3.3.