

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60077-1

Première édition
First edition
1999-10

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

**Partie 1:
Conditions générales de service
et règles générales**

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

**Part 1:
General service conditions
and general rules**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60077-1:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60077-1

Première édition
First edition
1999-10

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

**Partie 1:
Conditions générales de service
et règles générales**

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

**Part 1:
General service conditions
and general rules**

© IEC 1999 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 photo-copie 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

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	12
2 Références normatives.....	12
3 Définitions (voir également l'annexe B).....	14
4 Classification	20
5 Caractéristiques de la catégorie d'emploi (voir également annexe B).....	20
5.1 Tensions assignées	22
5.1.1 Généralités	22
5.1.2 Tension assignée d'emploi (U_e)	22
5.1.3 Tension assignée d'isolement (U_i)	22
5.1.4 Tension assignée de tenue à fréquence industrielle (U_{50})	22
5.1.5 Tension assignée de tenue au choc (U_{imp})	22
5.2 Tensions assignées du matériel	22
5.2.1 Alimentation à partir de la ligne de contact.....	22
5.2.2 Alimentation à partir d'un transformateur	24
5.2.3 Alimentation à partir d'un générateur indépendant, alternateur ou convertisseur.....	24
5.2.4 Alimentation à partir d'une batterie en «floating».....	24
5.2.5 Alimentation à partir d'une batterie	24
5.3 Courants assignés du matériel	24
5.3.1 Courant assigné d'emploi (I_e)	24
5.3.2 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw})	24
5.4 Fréquence assignée d'emploi.....	24
5.5 Pression assignée.....	26
6 Informations sur le produit.....	26
6.1 Nature de l'information	26
6.2 Marquage.....	28
6.3 Instructions pour le stockage, l'installation, le fonctionnement et l'entretien.....	28
7 Conditions normales de service.....	28
7.1 Généralités	28
7.2 Altitude	28
7.3 Température	28
7.4 Humidité	30
7.5 Conditions biologiques	30
7.6 Substances actives chimiquement.....	30
7.7 Substances mécaniquement actives.....	30
7.8 Vibrations et chocs.....	30
7.9 Exposition à la pollution.....	30
7.10 Exposition aux surtensions.....	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
Clause	
1 Scope and object	13
2 Normative references	13
3 Definitions (see also annex B)	15
4 Classification	21
5 Characteristics of the utilization category (see also annex B)	21
5.1 Rated voltages	23
5.1.1 General	23
5.1.2 Rated operational voltage (U_e)	23
5.1.3 Rated insulation voltage (U_i)	23
5.1.4 Rated power-frequency withstand voltage (U_{50})	23
5.1.5 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})	23
5.2 Rated voltages for equipment	23
5.2.1 Supply from contact lines	23
5.2.2 Supply from a transformer	25
5.2.3 Supply from an independently driven generator/alternator or converter	25
5.2.4 Supply from a float charged battery	25
5.2.5 Supply from a battery	25
5.3 Rated currents for equipment	25
5.3.1 Rated operational current (I_e)	25
5.3.2 Rated short-time withstand current (I_{cw})	25
5.4 Rated operational frequency	25
5.5 Rated air pressure	27
6 Product information	27
6.1 Nature of information	27
6.2 Marking	29
6.3 Instructions for storage, installation, operation and maintenance	29
7 Normal service conditions	29
7.1 General	29
7.2 Altitude	29
7.3 Temperature	29
7.4 Humidity	31
7.5 Biological conditions	31
7.6 Chemically active substances	31
7.7 Mechanically active substances	31
7.8 Vibration and shock	31
7.9 Exposure to pollution	31
7.10 Exposure to overvoltages	33

Articles	Pages
8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement	34
8.1 Dispositions constructives	34
8.1.1 Risques électriques	34
8.1.2 Retour de courant et mise à la masse générale	36
8.1.3 Batteries	38
8.1.4 Champs électromagnétiques (CEM).....	38
8.1.5 Protection contre le feu	38
8.1.6 Autres risques	38
8.2 Dispositions relatives au fonctionnement	38
8.2.1 Conditions de fonctionnement.....	38
8.2.2 Echauffements	42
8.2.3 Fonctionnement à la mise en service	46
8.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)	50
8.2.5 Emission de bruit acoustique	50
8.2.6 Propriétés diélectriques (voir également annexe C)	50
8.2.7 Surtensions de manœuvre.....	62
8.2.8 Fonctionnement en service.....	62
8.2.9 Aptitude à supporter les vibrations et les chocs.....	62
9 Essais.....	64
9.1 Nature des essais	64
9.1.1 Généralités	64
9.1.2 Essais de type.....	64
9.1.3 Essais de série.....	66
9.1.4 Essais par prélèvements.....	66
9.1.5 Essais d'investigation	66
9.1.6 Conditions générales d'essai.....	66
9.2 Vérifications des dispositions constructives	68
9.2.1 Généralités	68
9.2.2 Essais de type.....	68
9.2.3 Essais de série.....	68
9.3 Vérification des dispositions relatives au fonctionnement	70
9.3.1 Limites de fonctionnement.....	70
9.3.2 Echauffements	70
9.3.3 Propriétés diélectriques	76
9.3.4 Aptitude au fonctionnement en service	86
9.3.5 Vibrations et chocs.....	90
9.3.6 Compatibilité électromagnétique.....	90
9.3.7 Emission de bruit acoustique	92
9.3.8 Essais climatiques.....	92
Annexe A (normative) Mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite	94
Annexe B (informative) Coordination entre les définitions.....	106
Annexe C (informative) Détermination des distances d'isolement et lignes de fuite.....	110

Clause	Page
8 Constructional and performance requirements	35
8.1 Constructional requirements	35
8.1.1 Electrical risks	35
8.1.2 Current return and protective bonding	37
8.1.3 Batteries	39
8.1.4 Electromagnetic fields (EMC)	39
8.1.5 Fire protection	39
8.1.6 Other risks	39
8.2 Performance requirements	39
8.2.1 Operating conditions	39
8.2.2 Temperature rise	43
8.2.3 Operation following inactivity	47
8.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC)	51
8.2.5 Acoustic noise emission	51
8.2.6 Dielectric properties (see also annex C)	51
8.2.7 Switching overvoltages	63
8.2.8 Operational performance	63
8.2.9 Ability to withstand vibration and shock	63
9 Tests	65
9.1 Kinds of tests	65
9.1.1 General	65
9.1.2 Type tests	65
9.1.3 Routine test	67
9.1.4 Sampling tests	67
9.1.5 Investigatory tests	67
9.1.6 General test condition	67
9.2 Verification of constructional requirements	69
9.2.1 General	69
9.2.2 Type tests	69
9.2.3 Routine tests	69
9.3 Verification of performance requirements	71
9.3.1 Operating limits	71
9.3.2 Temperature-rise	71
9.3.3 Dielectric properties	77
9.3.4 Operational performance capability	87
9.3.5 Vibration and shock	91
9.3.6 Electromagnetic compatibility	91
9.3.7 Acoustic noise emission	93
9.3.8 Climatic tests	93
Annex A (normative) Measurement of creepage distances and clearances	95
Annex B (informative) Coordination between definitions	107
Annex C (informative) Clearance and creepage determination	111

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –

Partie 1: Conditions générales de service et règles générales

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments 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 60077-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

La présente norme, avec la CEI 60077-2, remplace la CEI 60077, publiée en 1968.

La CEI 60077 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Équipements électrique 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 ¹⁾

Partie 4 – Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant monophasé ¹⁾

Partie 5 – Composants électrotechniques – Règles pour coupe-circuit à haute tension ¹⁾

¹⁾ A publier.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –****Part 1: General service conditions and general rules**

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 60077-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

This standard, together with IEC 60077-2, replaces IEC 60077, published in 1968.

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 ¹⁾

Part 4 – Electrotechnical components – Rules for a.c. circuit-breakers ¹⁾

Part 5 – Electrotechnical components – Rules for HV fuses ¹⁾

¹⁾ To be published.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/525/FDIS	9/535/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B et C sont uniquement données à titre d'information.

La présente norme générale doit être lue conjointement à la norme de matériel correspondante appelée dans la suite de cette publication «norme de produit correspondante» ou «norme de produit».

NOTE – Dans l'éventualité où une différence existerait entre les prescriptions de la présente norme générale et la norme de produit issue du comité d'études 9, les prescriptions de la norme de produit prévaudraient.

Pour qu'une règle générale s'applique à une norme de produit déterminée, cette dernière doit y faire explicitement référence en mentionnant le numéro de l'article ou du paragraphe correspondant de la présente norme, par exemple «article 7.7 de la norme CEI 60077-1».

Une norme spécifique de produit peut ne pas prescrire, et par conséquent, peut omettre, une règle générale (comme n'étant pas applicable), ou elle peut la compléter (si elle paraît inadaptée dans le cas particulier), mais elle ne peut pas s'en écarter, sauf s'il y a une réelle justification technique.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2009. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

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

FDIS	Report on voting
9/525/FDIS	9/535/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C are given for information only.

This general standard shall be read in conjunction with the relevant equipment standard hereafter referred to as "the relevant product standard" or "product standard".

NOTE – In the event of there being a variation of requirements between the basic standard and a product standard produced by technical committee 9 then the product standard requirements are to take precedence.

For a general rule to apply to a specific product standard, it shall be explicitly referred to in the latter, by quoting the relevant clauses of this standard, for example "see 7.7 of IEC 60077-1".

A specific product standard may not require, and hence may omit, a general rule (as being not applicable), or it may add to it (if deemed inadequate in the particular case), but it may not deviate from it, unless there is a substantial technical justification.

The committee has decided that this publication remains valid until 2009. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

Bien que la présente Norme internationale spécifie les conditions générales de service et les règles générales pour les équipements électriques, d'autres détails spéciaux particuliers à certains types d'équipements de traction peuvent être donnés dans d'autres normes CEI. Les normes de produit indiquant d'autres détails et la série des normes de produit propres à la traction sont en particulier:

CEI 60077: *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant*

- Partie 2 – *Composants électrotechniques – Règles générales*
- Partie 3 – *Règles pour disjoncteurs à courant continu*
- Partie 4 – *Règles pour disjoncteurs à courant monophasé*
- Partie 5 – *Règles pour coupe-circuits à haute tension*

Quoique l'ensemble des circuits de puissance, les équipements d'électronique de commande alimentés à partir des tensions de la batterie ou de la ligne de contact, et tous les circuits comprenant des appareils de coupure ou de commande soient couverts par la présente norme, leurs circuits internes peuvent être assujettis aux prescriptions des normes de produit correspondantes.

Pour les équipements électriques du matériel roulant, y compris les éléments de matériel industriel, qui répondent à une norme internationale propre, la présente norme et, le cas échéant, la norme de produit d'équipement ferroviaire spécifient seulement les prescriptions complémentaires pour assurer un service satisfaisant sur le matériel roulant.

INTRODUCTION

Although this International Standard specifies the general service conditions and general rules for electric equipment, further special details of certain types of traction equipment may be given in other IEC standards. In particular, product standards give further details and the product standards to be part of the traction series are:

IEC 60077: *Railway applications – Electric equipment for rolling stock*

- Part 2 – *Electrotechnical components – General rules*
- Part 3 – *Rules for d.c. circuit breakers*
- Part 4 – *Rules for a.c. circuit breakers*
- Part 5 – *Rules for HV fuses*

Although all circuits of power or control electronic equipments connected to battery or line voltages, and all circuits comprising switchgear or controlgear are covered by this standard, internal circuits of these may be subject to special requirements covered by relevant product standards.

For electric equipment for rolling stock which conforms to an appropriate international standard, including items of industrial equipment, this standard, plus the relevant railway equipment product standard where appropriate, specifies only those additional requirements to ensure satisfactory operation on rolling stock.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT –

Partie 1: Conditions générales de service et règles générales

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale spécifie les conditions générales de service et les prescriptions pour l'ensemble de l'équipement électrique installé dans les circuits de traction, les circuits auxiliaires, les circuits de commande et de contrôle, etc., sur le matériel roulant.

NOTE – Après accord entre utilisateur et fabricant, certaines règles peuvent être utilisées pour l'équipement électrique installé sur d'autres véhicules tels que les locomotives de mine, trolleybus, etc.

Cette norme a pour objet d'harmoniser dans la mesure du possible l'ensemble des règles et des prescriptions de caractère général applicables aux équipements électriques du matériel roulant; cela de manière à uniformiser les prescriptions et des essais de la gamme complète des matériels correspondants et à éviter d'avoir à effectuer des essais suivant des normes différentes.

L'ensemble des prescriptions relatives

- aux contraintes dues à l'environnement sous les conditions normales d'utilisation;
- à la construction;
- aux performances et aux essais correspondants qui peuvent être considérés comme généraux,

ont donc été rassemblées dans la présente norme avec les sujets d'intérêt et d'application d'ordre général comme les échauffements, les propriétés diélectriques, etc.

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 Norme internationale. 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 Norme internationale 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(151):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

CEI 60050(811):1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60056:1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais A: Froid*

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTRIC EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK –

Part 1: General service conditions and general rules

1 Scope and object

This International Standard specifies the general service conditions and requirements for all electric equipment installed in power circuits, auxiliary circuits, control and indicating circuits etc., on rolling stock.

NOTE – Certain of these rules may, after agreement between the user and the manufacturer, be used for electrical equipment installed on other vehicles such as mine locomotives, trolley buses, etc.

The purpose of this standard is to harmonize as far as practicable all rules and requirements of a general nature applicable to electric equipment for rolling stock. This is in order to obtain uniformity of requirements and tests throughout the corresponding range of equipment to avoid the need for testing to different standards.

All requirements relating to

- the environmental stresses expected during the normal service conditions;
- the construction;
- the performance and the associated tests which can be considered as general;

have therefore been gathered in this standard together with specific subjects of wide interest and application, for example temperature rise, dielectric properties, etc.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard 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(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

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

IEC 60050(811):1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60056:1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests A: Cold*

CEI 60068-2-2:1974, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-3:1969, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

CEI 60068-2-52:1996, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60112:1979, *Méthode pour déterminer des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60364-4-41:1992, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

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

CEI/TR 60536:1976, *Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques*

CEI 60587:1984, *Méthode d'essai pour évaluer la résistance au cheminement et à l'érosion des matériaux isolants électriques utilisés dans des conditions ambiantes sévères*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60721-3-5:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 5: Installations des véhicules terrestres*

CEI 60850:1988, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 61133:1992, *Traction électrique – Matériel roulant – Méthodes d'essai des véhicules ferroviaires électriques et thermo-électriques après achèvement et avant mise en service*

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

3 Définitions (voir également l'annexe B)

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

3.1 Généralités

3.1.1

matériel roulant

ensemble des véhicules, motorisés ou non [VEI 811-02-01]

3.1.2

véhicule

terme général servant à désigner tout élément de matériel roulant, par exemple une locomotive, une voiture ou un wagon [VEI 811-02-02]

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-3:1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60364-4-41:1992, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

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

IEC/TR 60536:1976, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock*

IEC 60587:1984, *Test method for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-3-5:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 5: Ground vehicle installations*

IEC 60850:1988, *Supply voltages of traction systems*

IEC 61133:1992, *Electric traction – Rolling stock – Test methods for electric and thermal/electric rolling stock on completion of construction and before entry into service*

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

3 Definitions (see also annex B)

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

3.1 General

3.1.1

rolling stock

general term covering all vehicles with or without motors [IEV 811-02-01]

3.1.2

vehicle

general term denoting any single item of rolling stock, e.g. a locomotive, a coach or a wagon [IEV 811-02-02]

3.2 Circuits

3.2.1

circuit de traction

circuit parcouru par le courant des machines et appareils, tels que les convertisseurs et les moteurs de traction, qui transmet la puissance de traction [VEI 811-25-03]

3.2.2

circuit principal

ensemble des parties conductrices d'un équipement parcouru par le courant de la fonction à laquelle cet équipement est destiné

3.2.3

circuit des auxiliaires

circuit parcouru par le courant des appareils auxiliaires tels que les compresseurs et les ventilateurs [VEI 811-25-05]

3.2.4

circuit de commande

circuit servant à mettre en action des équipements de puissance ou des auxiliaires [VEI 811-25-12]

3.2.5

circuit de signalisation et de surveillance

circuit transmettant un signal indiquant si certaines conditions de fonctionnement existent ou non, ou les enregistrant, par exemple un signal indiquant la défaillance de l'équipement électrique [VEI 811-25-14]

3.3

accumulateur (électrique)

système électrochimique capable d'accumuler, sous forme chimique, l'énergie électrique reçue et de la restituer par transformation inverse [VEI 811-20-01]

3.4 Catégories d'essais

3.4.1

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée, pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications [VEI 811-10-04]

3.4.2

essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication, pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis [VEI 811-10-05]

3.4.3

essai (de série) sur prélèvement

essai effectué sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot [VEI 811-10-06]

3.4.4

essai d'investigation

essai spécial de caractère facultatif qui est effectué en vue d'obtenir des informations complémentaires [VEI 811-10-07]

3.2 Circuits

3.2.1

power circuit

circuit carrying the current of the machines and equipment, such as the convertors and traction motors, which transmit the traction output [IEV 811-25-03]

3.2.2

main circuit

all the conductive parts of a device carrying the current for the function to which this device has been applied

3.2.3

auxiliary circuit

circuit carrying the current of the auxiliaries such as compressors and fans [IEV 811-25-05]

3.2.4

control circuit

circuit used to actuate the power or auxiliary equipment [IEV 811-25-12]

3.2.5

indicating circuit

circuit transmitting a signal indicating or recording whether a particular operating condition exists or not, for example a signal indicating failure in the electrical equipment [IEV 811-25-14]

3.3

battery

electrochemical system capable of storing in chemical form the electric energy received and which can give it back by reconversion [IEV 811-20-01]

3.4 Test categories

3.4.1

type test

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications [IEV 811-10-04]

3.4.2

routine test

a test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria [IEV 811-10-05]

3.4.3

sampling test

test on a number of devices taken at random from a batch [IEV 811-10-06]

3.4.4

investigation test

special test of an optional character carried out in order to obtain additional information [IEV 811-10-07]

3.5

partie conductrice accessible

partie conductrice, susceptible d'être touchée directement, qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut [VEI 441-11-10]

3.6 Grandeurs caractéristiques

3.6.1

valeur limite

pour une grandeur figurant dans une spécification, la plus grande ou la plus petite valeur admissible [VEI 151-04-02]

3.6.2

valeur nominale (valeur de dénomination)

valeur approchée appropriée d'une grandeur, utilisée pour dénommer ou identifier un composant, un dispositif ou un matériel [VEI 811-11-01]

NOTE – Dans la présente norme, l'expression «valeur nominale» n'est utilisée, conformément à la pratique, que pour désigner les circuits de la tension d'alimentation du réseau de traction et des batteries.

3.6.3

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel [VEI 811-11-02]

3.6.4

tension locale («working voltage»)

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou valeur la plus élevée de la tension en courant continu qui peut apparaître (localement) à travers n'importe quelle isolation à la tension assignée d'alimentation, les surtensions transitoires étant négligées, en circuit ouvert ou dans les conditions normales de fonctionnement

NOTE – La tension locale d'une partie interne d'un matériel peut être différente de la tension d'alimentation, par exemple si:

- une partie d'un matériel est considérée (derrière un transformateur, un convertisseur);
- aucune polarité n'est directement reliée à la structure du véhicule;
- la tension n'est qu'une fraction de la tension d'alimentation (composants en série);
- il y a une seconde isolation ou un double isolement.

3.6.5

régime permanent équivalent

régime du matériel électrique du matériel roulant, généralement caractérisé par des valeurs de courant, de tension, de pression d'air comprimé, etc. qui varient dans le temps. Les différentes parties du matériel sont définies par l'énoncé complet des conditions à satisfaire. Cependant, il est parfois suffisant de spécifier le régime permanent équivalent qui correspond du point de vue des contraintes électrique, mécanique ou thermique au service considéré et qui est reconnu comme étant équivalent au service réel. C'est le régime permanent équivalent auquel les essais se réfèrent

3.6.6

courant permanent équivalent assigné

courant correspondant au régime permanent équivalent

3.6.7

tension permanente équivalente assignée

tension correspondant au régime permanent équivalent

3.5

exposed conductive part

conductive part which can readily be touched and which is not normally alive, but which may become alive under fault conditions [IEV 441-11-10]

3.6 Characteristic quantities

3.6.1

limiting value

in a specification, the greatest or smallest admissible value of one of the quantities [IEV 151-04-02]

3.6.2

nominal value

suitable approximate quantity value used to designate or identify a characteristic of a component, device or equipment [IEV 811-11-01]

NOTE – In this standard, the term "nominal" is used only as common practice to designate contact line and battery voltage circuits.

3.6.3

rated value

quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment [IEV 811-11-02]

3.6.4

working voltage

highest r.m.s. value of the a.c. voltage or the highest value of the d.c. voltage which may occur (locally) across any insulation at rated supply voltage, transients being disregarded, in open-circuit conditions or under normal operating conditions

NOTE – The working voltage of an internal part of an equipment may be different from the supply voltage, for example if:

- a part of an equipment is considered (after transformer, converter);
- the circuit conductor is not directly connected to the vehicle structure;
- the voltage is a part of supply voltage (components in series);
- secondary insulation or double insulation is considered.

3.6.5

equivalent continuous duty

duty of electrical equipment on rolling stock, generally characterized by values of current, voltage, compressed air pressure, etc. which vary with time. The various parts of the equipment are defined by a complete statement of the conditions to be fulfilled. However, it is sometimes sufficient to specify an equivalent duty which corresponds from the point of view of either electrical, mechanical or thermal stresses to the service considered, and is known as being equivalent to the actual service. It is the equivalent continuous duty to which the relevant tests are referred

3.6.6

equivalent continuous rated current

current corresponding to the equivalent continuous duty

3.6.7

equivalent continuous rated voltage

voltage corresponding to the equivalent continuous duty

3.7 Isolations

3.7.1

isolation fonctionnelle

isolation entre pièces conductrices qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement du matériel

3.7.2

isolation principale

isolation des parties actives, destinée à assurer la protection principale contre les chocs électriques (sécurité des personnes)

NOTE – L'isolation principale ne comprend pas nécessairement l'isolation utilisée pour les besoins fonctionnels (voir 2.1 de la CEI 60536).

3.7.3

isolation supplémentaire

isolation indépendante prévue en plus de l'isolation principale en vue d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale [CEI 60536, 2.2]

3.7.4

isolation renforcée

système d'isolation unique des parties sous tension, assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une double isolation dans les conditions spécifiées dans la norme de la CEI correspondante [CEI 60536, 2.4]

NOTE – Un système d'isolation unique n'implique pas que l'isolation soit une pièce homogène. Elle peut comprendre plusieurs couches qui ne peuvent pas être essayées séparément comme une isolation principale ou supplémentaire.

3.7.5

double isolement

isolement à deux étages, le premier entre les pièces métalliques sous tension et une masse intermédiaire, et le second entre la masse intermédiaire et la masse du véhicule [VEI 811-27-15]

4 Classification

Cet article est destiné à énumérer les caractéristiques d'un matériel sur lesquelles le fabricant peut donner des informations et qui peuvent ne pas être nécessairement vérifiées par des essais.

Cet article n'est pas obligatoire dans les normes de matériel, pour lesquelles il est néanmoins recommandé de le prévoir afin de pouvoir donner, s'il le faut, la liste des critères de classification.

5 Caractéristiques de la catégorie d'emploi (voir également annexe B)

La catégorie d'emploi d'un matériel définit l'application à laquelle il est destiné et doit être spécifiée dans la norme de produit correspondante; elle est caractérisée par une ou plusieurs des grandeurs suivantes:

- courant(s);
- tension(s);
- fréquence(s);
- pression d'air.

NOTE – Cette liste n'est pas exhaustive et, le cas échéant, peut inclure d'autres grandeurs applicables.

3.7 Insulations

3.7.1

functional insulation

insulation between conductive parts which is necessary only for the proper functioning of the equipment

3.7.2

basic insulation

insulation of live parts to provide basic protection against electric shock (human safety)

NOTE – Basic insulation does not necessarily include insulation used exclusively for functional purposes (see 2.1 of IEC 60536).

3.7.3

supplementary insulation

independent insulation applied in addition to basic insulation, in order to provide protection against electric shock in the event of a failure of basic insulation [IEC 60536, 2.2]

3.7.4

reinforced insulation

single insulation system applied to live parts, which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation under the conditions specified in the relevant IEC standard [IEC 60536, 2.4]

NOTE – A single insulation system does not imply that the insulation must be one homogeneous piece. It may comprise several layers which cannot be tested singly as basic or supplementary insulation.

3.7.5

double insulation

two-stage insulation, the first being between the live conductors and an intermediate frame and the second between the intermediate frame and the body of the vehicle [IEV 811-27-15]

4 Classification

This clause is intended to list the characteristics of an equipment on which information may be given by the manufacturer and which may not necessarily have to be verified by testing.

This clause is not mandatory in product standards which should however leave space for it in order to list, where necessary, classification criteria.

5 Characteristics of the utilization category (see also annex B)

The utilization category of equipment defines the intended application and shall be specified in the relevant product standard; it is characterized by one or more of the following parameters:

- current(s);
- voltage(s);
- frequency(ies);
- air pressure(s).

NOTE – This list is not exhaustive and can include other parameters as applicable.

5.1 Tensions assignées

5.1.1 Généralités

Généralement, le terme de tension assignée peut être affecté à la valeur d'entrée comme à celle de sortie d'un matériel. La valeur est généralement fixée par le fabricant.

5.1.2 Tension assignée d'emploi (U_e)

La tension assignée d'emploi d'un matériel est une valeur qui, combinée avec un courant assigné d'emploi et une fréquence assignée d'emploi, détermine l'emploi du matériel, et à laquelle se rapportent les essais correspondants et la catégorie d'emploi.

5.1.3 Tension assignée d'isolement (U_i)

La tension assignée d'isolement d'un matériel est la valeur de tension à laquelle on se réfère pour les essais diélectriques et pour les lignes de fuite.

En aucun cas la valeur maximale de la tension locale ou la tension assignée d'emploi ne doit dépasser celle de la tension assignée d'isolement.

La tension assignée d'isolement est au moins égale à la tension efficace la plus élevée existant entre électrodes et le long de la ligne de fuite pendant une durée suffisante par exemple supérieure à 5 mm pour une ligne de contact. Il n'est pas tenu compte des tensions transitoires répétitives.

Lorsque la tension n'est pas strictement sinusoïdale ou continue, la valeur efficace ou moyenne seule ne peut pas suffire pour prescrire la tension assignée d'isolement.

En l'absence de connaissances de l'influence possible sur la contrainte diélectrique

- du rapport entre la durée des impulsions périodiques et leur occurrence;
- du nombre d'impulsions durant la période;
- du front de l'impulsion (dv/dt);

il est recommandé de choisir cette tension comme étant égale à la valeur efficace réelle sans être inférieure à 70 % de la valeur crête.

5.1.4 Tension assignée de tenue à fréquence industrielle (U_{50})

La tension assignée de tenue à fréquence industrielle est la valeur efficace d'une tension sinusoïdale qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées.

5.1.5 Tension assignée de tenue au choc (U_{imp})

La tension assignée de tenue au choc est la valeur de crête maximale d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, que le matériel est susceptible de supporter sans claquage, dans des conditions d'essai spécifiées, et à laquelle on se réfère pour les valeurs des distances d'isolement ($U_{1,2/50}$ μs).

La tension assignée de tenue au choc d'un matériel doit être égale ou supérieure aux valeurs fixées pour les surtensions transitoires apparaissant dans le circuit où est placé ce matériel.

5.2 Tensions assignées du matériel

5.2.1 Alimentation à partir de la ligne de contact

La tension assignée d'emploi U_e pour un matériel alimenté par la ligne de contact est la valeur limite permanente la plus élevée de la tension de la ligne de contact, définie par la CEI 60850.

5.1 Rated voltages

5.1.1 General

The term rated voltage can generally be related to both the input and output values of equipment. The quantity is assigned generally by the manufacturer.

5.1.2 Rated operational voltage (U_e)

The rated operational voltage of an equipment is a value of voltage which combined with a rated operational current and rated operational frequency, determines the application of the equipment and to which the relevant tests and the utilization categories are referred.

5.1.3 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage is the value of voltage to which dielectric tests voltage and creepage distances are referred.

In no case shall the maximum value of the working voltage or the rated operational voltage exceed that of the rated insulation voltage.

The rated insulation voltage is at least equal to the highest r.m.s. value of the voltage existing between electrodes and across the creepage distance for an extended period of time e.g. for a contact line greater than 5 mm. Non-repetitive transient voltages are neglected.

When the voltage is not purely of sinusoidal or of continuous form, the r.m.s. or mean value alone cannot be considered to prescribe the rated insulation voltage of the components.

In the absence of any knowledge of the influence on dielectric strength of

- the ratio between the duration of periodic impulses and their occurrence;
- the number of impulses during each occurrence;
- the voltage rate of rise of the impulse (dv/dt),

it is recommended that this voltage be considered as being equal to the real r.m.s. value, but not less than 70 % of the peak value.

5.1.4 Rated power-frequency withstand voltage (U_{50})

The rated power-frequency withstand voltage is the r.m.s. value of power-frequency sinusoidal voltage which does not cause an insulation failure under specified conditions of test.

5.1.5 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage is the highest peak value of an impulse voltage, of prescribed form and polarity, the equipment is capable of withstanding without failure under specified conditions of test and to which the values of the clearances are referred ($U_{1,2/50}$ μ s).

The rated impulse withstand voltage of the equipment shall be equal to or higher than the values stated for the transient overvoltages occurring in the circuit in which the equipment is fitted.

5.2 Rated voltages for equipment

5.2.1 Supply from contact lines

The rated operational voltage U_e for an equipment supplied from the contact line is the greatest permanent value of the contact line voltage as defined by IEC 60850.

5.2.2 Alimentation à partir d'un transformateur

La tension assignée d'emploi U_e pour un matériel alimenté par un enroulement de transformateur est égale à la tension efficace aux bornes de l'enroulement alors que l'enroulement primaire est alimenté à la tension assignée d'emploi. Si un second transformateur est interposé entre le transformateur et le matériel, la tension assignée d'emploi U_e est égale à la tension assignée ci-dessus multipliée par le rapport de transformation du second transformateur.

5.2.3 Alimentation à partir d'un générateur indépendant, alternateur ou convertisseur

La tension assignée d'emploi U_e d'un matériel alimenté par un générateur indépendant, alternateur ou convertisseur est égale à la valeur limite supérieure de la tension de cette alimentation.

5.2.4 Alimentation à partir d'une batterie en «floating»

La tension nominale U_n , utilisée seulement pour désigner un circuit de batterie et le matériel ainsi alimenté, doit être choisie parmi les valeurs préférentielles suivantes:

24 V 48 V 72 V 96 V 110 V

NOTE 1 – Ces valeurs de tensions nominales sont données uniquement comme valeurs normalisées pour la conception des matériels. Il convient de ne pas les considérer en tant que tension à vide de la batterie qui sera déterminée en fonction des types de batteries, du nombre d'éléments et des conditions d'emploi.

NOTE 2 – Une batterie de tension nominale de 26,5 V peut être utilisée pour alimenter un matériel de tension nominale de 24 V. Dans ce cas la conformité aux exigences doit être définie en accord entre l'utilisateur et le fabricant.

La tension assignée d'emploi U_e d'un matériel alimenté à partir d'une batterie en «floating» (charge d'entretien), est égale à $1,15 U_n$.

NOTE – Cette valeur est considérée comme étant la valeur limite supérieure de la tension du dispositif chargeur en fonctionnement normal.

5.2.5 Alimentation à partir d'une batterie

La tension assignée d'emploi U_e d'un matériel alimenté uniquement à partir d'une batterie est égale à $1,1 U_n$. C'est la tension aux bornes de la batterie complètement chargée alimentant le matériel à un régime de courant considéré comme approprié pour ce type de matériel et les conditions d'emploi.

NOTE – La batterie est uniquement utilisée en décharge, c'est-à-dire jamais pendant la période de charge.

5.3 Courants assignés du matériel

5.3.1 Courant assigné d'emploi (I_e)

Le courant assigné d'emploi d'un matériel est défini par le fabricant et tient compte de la tension assignée d'emploi et la fréquence assignée d'emploi.

5.3.2 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw})

Le courant assigné de courte durée admissible d'un matériel est la valeur du courant de courte durée admissible, assignée au matériel par le fabricant, que ce matériel peut supporter sans dommage dans les conditions spécifiées dans la norme de produit correspondante.

5.4 Fréquence assignée d'emploi

La fréquence assignée d'emploi d'un matériel est définie par le fabricant et tient compte de la tension assignée d'emploi.

5.2.2 Supply from a transformer

The rated operational voltage U_e for equipment supplied from a winding of a transformer is equal to the r.m.s. voltage at the terminals of the winding when the transformer primary is supplied at the rated operational voltage. If a second transformer is interposed between the above-mentioned transformer and the equipment, the rated operational voltage U_e is equal to the above-mentioned rated operational voltage multiplied by the transformer ratio of the second transformer.

5.2.3 Supply from an independently driven generator/alternator or converter

The rated operational voltage U_e for equipment supplied from an independently driven generator/alternator or converter is the greatest limiting voltage of this supply.

5.2.4 Supply from a float charged battery

The nominal voltage U_n which is only used to designate a battery circuit and the equipment so supplied shall be selected from amongst the following preferred values:

24 V 48 V 72 V 96 V 110 V

NOTE 1 – These nominal voltage values are given only as standardizing values for the design of equipment. They should not be considered as the off-load battery voltage which will be determined as functions of the type of battery, the number of cells and the operating conditions.

NOTE 2 – A battery of 26,5 V nominal voltage may be used to supply equipment of 24 V nominal voltage. In this case, compliance with the requirements should be defined by agreement between the manufacturer and the user.

The rated operational voltage U_e for the equipment supplied from a float charged battery is equal to 1,15 U_n .

NOTE – This value is considered as being the greatest limiting value of the charging device in normal operation.

5.2.5 Supply from a battery

The rated operational voltage U_e of equipment supplied only from a battery is equal to 1,1 U_n . This is the voltage at the terminals of the fully charged battery supplying the equipment with the current at a rating agreed as being appropriate to its type and operating conditions.

NOTE – The battery is used only on discharge i.e. never during charging.

5.3 Rated currents for equipment

5.3.1 Rated operational current (I_e)

The rated operational current of an equipment is stated by the manufacturer and takes into account the rated operational voltage and rated operational frequency.

5.3.2 Rated short-time withstand current (I_{cw})

The rated short-time withstand current of an equipment is the value of short-time withstand current assigned to the equipment by the manufacturer that the equipment can carry without damage, under the test conditions specified in the relevant product standard.

5.4 Rated operational frequency

The rated operational frequency of an equipment is stated by the manufacturer and takes into account the rated operational voltage.

5.5 Pression assignée

La valeur assignée de la pression d'alimentation d'un matériel pneumatique ou électro-pneumatique est la valeur limite supérieure de la plage du régulateur de pression et à laquelle les essais correspondants se réfèrent.

6 Informations sur le produit

6.1 Nature de l'information

Les informations suivantes doivent être données par le fabricant pour chaque partie d'un matériel, si la norme de produit correspondante le spécifie:

a) identification

- nom ou marque du fabricant;
- désignation du type ou numéro de série;
- état de modification;
- référence à la norme de produit correspondante, si le fabricant déclare la conformité du produit.

b) caractéristiques

La liste suivante n'est pas exhaustive et ses termes s'appliquent lorsqu'ils sont appropriés.

- tension(s) assignée(s) d'emploi;
- tension assignée d'isolement;
- tension assignée de tenue aux ondes de choc;
- courant(s) assigné(s) d'emploi à la tension(s) assignée(s) d'emploi;
- fréquence(s) assignée(s) d'emploi;
- courant maximal absorbé;
- nombres de manœuvres des durabilités mécanique et électrique selon la norme de produit correspondante;
- performances assignées en surcharge et/ou en régime dégradé en tenant compte de la norme de produit correspondante;
- code IP dans le cas d'un matériel sous enveloppe (selon la CEI 60529);
- degré de pollution acceptable pour le matériel (selon 7.9);
- tension(s), fréquence(s) et courant(s) assigné(s) du ou des circuits de contrôle;
- pression d'air assignée et limites de variation de la pression (pour le matériel à commande pneumatique);
- dimensions extérieures;
- taille minimale de l'enveloppe et, le cas échéant, données concernant la ventilation, auxquelles les caractéristiques assignées correspondent;
- distance minimale entre le matériel et son enveloppe,
- distance minimale entre le matériel et les parties métalliques reliées à la masse du véhicule pour les matériels utilisés sans enveloppe;
- masse.

Quelques-unes de ces informations peuvent être complétées par la valeur de la température ambiante pour laquelle le matériel a été dimensionné.

5.5 Rated air pressure

The rated pressure of the air supply to pneumatic or electro-pneumatic equipment is the greatest limiting value of the range of the regulating device and to which the relevant tests are referred.

6 Product information

6.1 Nature of information

The following information shall be given by the manufacturer for each item of equipment when required by the relevant product standard:

a) identification

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation or serial number;
- modification status;
- reference of the relevant product standard, if the manufacturer declares compliance with it.

b) characteristics

The following list is not exhaustive and should be applied as appropriate.

- rated operational voltage(s);
- rated insulation voltage;
- rated impulse withstand voltage;
- rated operational current(s) at the rated operational voltage(s);
- rated operational frequency(ies);
- maximum current consumption;
- number of operations for mechanical and electrical durability with reference to the relevant product standard;
- rated performance in overload and/or fault conditions with reference to the relevant product standard;
- IP code in the case of an enclosed equipment (according to IEC 60529);
- degree of pollution acceptable for the equipment (according to 7.9);
- rated voltage(s), rated frequency(ies) and rated current(s) of the control circuit(s);
- rated air pressure and pressure variation limits (for equipment with pneumatic control);
- overall dimensions;
- minimum size of the enclosure and, if applicable, data concerning ventilation, to which the rated characteristics apply;
- minimum distance between the equipment and its enclosure;
- minimum distance between the equipment and the metal parts connected to the vehicle structure for equipments which are intended for use without an enclosure;
- weight.

Some of this information may be supplemented by the value of the ambient air temperature at which the equipment was calibrated.

6.2 Marquage

Toute information appropriée à marquer sur le matériel, parmi celles listées en 6.1, doit être spécifiée dans la norme de produit correspondante.

Sur le matériel, les marquages suivants sont obligatoires:

- nom du fabricant ou de la marque;
- désignation du type;
- numéro de série ou date ou code du fabricant.

De préférence, ceux-ci sont portés sur la plaque signalétique, lorsqu'elle existe, afin de permettre que les références complètes du fabricant soient identifiables (traçabilité). Les marquages doivent être indélébiles et facilement lisibles.

6.3 Instructions pour le stockage, l'installation, le fonctionnement et l'entretien

Le fabricant doit spécifier dans ses documents ou catalogues les instructions, si nécessaire, pour le stockage, l'installation, le fonctionnement et l'entretien du matériel durant le fonctionnement et après une défaillance.

Si nécessaire, les instructions pour le stockage, le transport, l'installation et le fonctionnement du matériel doivent indiquer les mesures particulièrement importantes pour une installation, une mise en service et un fonctionnement corrects du matériel.

Ces documents doivent indiquer la consistance et la fréquence des opérations d'entretien éventuellement recommandées.

NOTE – Tous les matériels couverts par la présente norme ne sont pas obligatoirement conçus pour être entretenus.

7 Conditions normales de service

7.1 Généralités

Cet article fixe les conditions d'environnement établies par la CEI 60721-3-5 qui, sauf prescriptions contraires, sont considérées comme les conditions normales de service. Dans le cas où d'autres conditions s'appliquent, il convient qu'elles soient choisies dans la CEI 60721-3-5 si elles sont appropriées. La liste suivante n'est pas exhaustive et la CEI 60721-3-5 fournit des données complémentaires.

Les conditions normales de service sont une combinaison de conditions d'environnement, de fonctionnement et d'installation.

7.2 Altitude

L'altitude à laquelle normalement le matériel fonctionne ne dépasse pas 1 400 m.

NOTE – Pour des installations à plus haute altitude, il est nécessaire de tenir compte de la réduction de la contrainte diélectrique et de l'effet de refroidissement de l'air. Il convient de concevoir ou d'utiliser le matériel ainsi employé après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

7.3 Température

Les températures ambiantes climatiques sont dérivées de la CEI 60721-3-5, classe 5K2 dont la plage est de –25 °C à +40 °C.

Au cas où les températures ambiantes sont en dehors de cette plage, elles doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

6.2 Marking

All relevant information, as detailed in 6.1, which is to be marked on the equipment, shall be specified in the relevant product standard.

The following markings on the equipment are mandatory:

- manufacturer's name or trade mark,
- type designation,
- serial number or date or code of manufacture.

These are preferably marked on the nameplate, if any, in order to permit the complete data to be obtained from the manufacturer (traceability). The markings shall be indelible and easily legible.

6.3 Instructions for storage, installation, operation and maintenance

The manufacture shall specify in his documents or catalogues the instructions, if any, for storage, installation, operation and maintenance of the equipment during operation and after a fault.

If necessary, the instructions for the storage, transport, installation and operation of the equipment shall indicate the measures that are of particular importance for the proper and correct installation, commissioning and operation of the equipment.

These documents shall indicate the recommended extent and frequency of maintenance, if any.

NOTE – All equipment covered by this standard is not necessarily designed to be maintained.

7 Normal service conditions

7.1 General

This clause defines environmental conditions stated in IEC 60721-3-5 which are to be considered as normal service conditions unless otherwise defined. In the event of other conditions applying these should be selected from IEC 60721-3-5 if appropriate. The following list is not exhaustive and IEC 60721-3-5 gives further parameters.

The normal service conditions are a combination of environmental, operational and installation conditions.

7.2 Altitude

The altitude at which the equipment is normally to function does not exceed 1 400 m.

NOTE – For installation at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and of the cooling effect of the air. Equipment so used should be designed or used according to an agreement between the manufacturer and the user.

7.3 Temperature

The climatic ambient temperatures are derived from IEC 60721-3-5 class 5K2 which has a range from –25 °C to +40 °C.

Where ambient temperatures lie outside this range, then they shall be agreed between the user and the manufacturer.

Lorsque le matériel est soumis à une température plus élevée que celle de la température de l'air ambiant du fait d'une enveloppe, de la proximité de sources de chaleur ou des radiations solaires, la température doit être assignée en conséquence.

Communément, une température de référence $T_r = 25\text{ °C}$ est considérée comme étant la température pour laquelle les effets sur le vieillissement du matériau isolant sont équivalents à ceux de la température climatique pendant la durée de vie.

NOTE – Les températures de stockage ne sont pas considérées comme des conditions normales de service à moins qu'elles aient été notifiées.

7.4 Humidité

Les conditions suivantes sont dérivées de la CEI 60721-3-5, classe 5K2.

L'humidité relative est de 95 % à +40 °C sans variations de température.

L'humidité relative, associée à des variations rapides de température de –25 °C à +30 °C, est de 95 %, l'humidité absolue maximale étant de 30 g/m³.

7.5 Conditions biologiques

Risques d'attaques biologiques comme défini dans la CEI 60721-3-5, classe 5B2.

7.6 Substances actives chimiquement

Présence de substances chimiquement actives comme défini dans la CEI 60721-3-5, classe 5C2.

7.7 Substances mécaniquement actives

Présence de substances mécaniquement actives comme défini dans la CEI 60721-3-5, classe 5S2.

7.8 Vibrations et chocs

Le matériel est soumis aux vibrations et aux chocs dans la gamme de fréquences et de niveaux d'accélération présents en service conformément à la CEI 61373.

7.9 Exposition à la pollution

Selon son emplacement le matériel est exposé à une pollution plus ou moins importante.

Il est nécessaire de prendre en compte la pollution à la conception des matériels et des composants électriques, et en particulier pour les distances d'isolement et les lignes de fuite lorsque leur position et leur orientation sont telles qu'un dépôt de poussière, de crasse, d'eau, etc. est susceptible de se produire, réduisant de la sorte les distances d'isolement et les lignes de fuite.

Les faibles distances d'isolement et lignes de fuite peuvent être totalement pontées par des particules solides, de la poussière, de la crasse et de l'eau et par conséquent des distances d'isolement et des lignes de fuite minimales sont spécifiées. Des mesures peuvent être prises pour réduire efficacement l'influence de la pollution des distances d'isolement et des lignes de fuite par l'utilisation d'enveloppes, d'encapsulation ou de boîtier hermétique.

L'influence de la pollution sur les performances diélectriques est classée en quatre degrés de pollution donnés ci-dessous.

Where equipment is surrounded by air at a temperature above ambient air temperature because of enclosure, adjacent heat sources or solar effects, it shall be adequately rated for such elevated temperature.

Usually, a reference temperature $T_r = 25\text{ °C}$ is considered as being the permanent temperature for which the effects on the insulating material ageing are equivalent to those of the climatic temperature during the lifetime.

NOTE – Storage temperatures are not considered as normal service conditions unless they have been stated.

7.4 Humidity

The following conditions are derived from IEC 60721-3-5, class 5K2.

Relative humidity 95 % at 40 °C without temperature variation.

Relative humidity of 95 % associated with rapid variations of temperatures between -25 °C to $+30\text{ °C}$, maximum absolute humidity being 30 g/m^3 .

7.5 Biological conditions

Risks of biological attack as defined in IEC 60721-3-5, class 5B2.

7.6 Chemically active substances

Chemically active substances are present as defined in IEC 60721-3-5, class 5C2.

7.7 Mechanically active substances

Mechanically active substances are present as defined in IEC 60721-3-5, class 5S2.

7.8 Vibration and shock

Equipment is submitted to vibration and shock throughout the range of frequencies and acceleration levels experienced in service as required in IEC 61373.

7.9 Exposure to pollution

According to its location the equipment is exposed to various levels of pollution.

Pollution must be taken into account in the design of electrical equipments and components, and in particular for clearances and creepages, when the position and orientation are such that deposition of dust, dirt, water etc. is likely to occur in a manner to reduce the clearance and creepage distances.

Small clearances and creepages can be bridged completely by solid particles, dust and water and therefore minimum clearance and creepage distances are specified. Means may be provided to reduce the influence of pollution on the clearance and creepage under consideration by effective use of enclosure, encapsulation or hermetic sealing.

The influence of pollution on dielectric performance is classified in four pollution degrees as given below.

a) Degré de pollution PD1

Il n'existe pas de pollution ou il se produit une pollution sèche, non conductrice. La pollution n'a pas d'influence.

NOTE – L'emploi de ce degré de pollution n'est pas recommandé pour le matériel roulant sans enveloppe étanche IP65 selon la CEI 60529.

b) Degré de pollution PD2

Il ne se produit qu'une pollution non conductrice. Cependant, on doit s'attendre de temps en temps à une conductivité temporaire provoquée par la condensation lorsque le matériel n'est pas en fonctionnement.

Exemple: Emplacement protégé par une enveloppe assurant une protection efficace contre la pollution, au moins équivalente à IP54 selon la CEI 60529.

c) Degré de pollution PD3

Présence d'une pollution conductrice ou d'une pollution sèche, non conductrice, qui devient conductrice par suite de la condensation qui peut se produire.

Exemple: A l'intérieur, pas directement exposé à la pluie, à la neige et à une poussière importante.

d) Degré de pollution PD4

La pollution provoque une conductivité persistante.

Exemple: A l'extérieur des véhicules, sur le toit, sous châssis, etc.

NOTE – Si l'épaisseur de la pollution risque de devenir significative, il faut que les distances d'isolement et les lignes de fuite soient portées à un niveau approprié.

7.10 Exposition aux surtensions

Le matériel électrique est exposé aux surtensions provenant de la ligne de contact ou générées par le matériel lui-même, par exemple les transitoires de coupure, les chocs de foudre, etc. Leurs niveaux sont différents selon la partie du matériel considérée.

Il est nécessaire de tenir compte des surtensions à la conception du matériel électrique pour dimensionner les distances d'isolement.

Quatre catégories de surtensions comme décrit ci-dessous sont utilisées.

Catégorie de surtensions OV1

Circuits qui sont protégés contre les surtensions externes et internes et dans lesquels seules des surtensions limitées peuvent se produire puisque:

- ils ne sont pas directement reliés à la ligne de contact;
- ils fonctionnent à l'intérieur;
- ils appartiennent à un équipement ou à un produit.

Catégorie de surtensions OV2

Circuits qui ne sont pas reliés directement à la ligne de contact et qui sont protégés contre les surtensions.

Catégorie de surtensions OV3

Circuits qui sont directement connectés à la ligne de contact avec toutefois une protection contre les surtensions et qui ne sont pas exposés aux surtensions atmosphériques.

a) Pollution degree PD1

No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.

NOTE – The use of this pollution degree is not recommended for rolling stock without appropriate sealing such as IP65 according to IEC 60529.

b) Pollution degree PD2

Normally only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation is to be expected when the equipment is out of operation.

Example: Location in an enclosure ensuring an efficient protection against pollution, at least equivalent to IP54 according to IEC 60529.

c) Pollution degree PD3

Conductive pollution or dry non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation which is to be expected.

Example: Indoor location not directly exposed to rain, snow and heavy dust.

d) Pollution degree PD4

The pollution generates persistent conductivity.

Example: Outside of vehicles, roofs, underframe, etc.

NOTE – If the thickness/size of pollution can become significant, the minimum clearance and creepage distances should be raised to a suitable level.

7.10 Exposure to overvoltages

The electrical equipment is exposed to overvoltages from the external supply network or generated by the equipment itself, for example switching transients, lightning, etc. Their levels are different according to the part of the equipment considered.

Overvoltages need to be taken into account in the design of electrical equipment for dimensioning of clearances.

Four overvoltage categories are used as described below.

Overvoltage category OV1

Circuits which are protected against external and internal overvoltages and in which only limited overvoltages can occur because

- they are not directly connected to the contact line,
- they are being operated internally,
- they are within an equipment or device.

Overvoltage category OV2

Circuits which are not directly connected to the contact line and which are protected against overvoltages.

Overvoltage category OV3

Circuits which are directly connected to the contact line but with overvoltage protection and are not exposed to atmospheric overvoltages.

Catégorie de surtensions OV4

Circuits qui sont directement connectés à la ligne de contact, sans protection contre les surtensions installées à proximité du point de contact, pouvant être contraints par les surtensions atmosphériques ou par des surtensions de manœuvre.

Les catégories de surtension peuvent être illustrées par les explications suivantes.

Le matériel roulant est généralement équipé d'une protection contre les surtensions qui assure un niveau de protection dont la valeur, connue, est fonction de ses caractéristiques. Ainsi le circuit situé en amont de la protection jusqu'au point de contact à la ligne qui peut être séparé par un contacteur ou un disjoncteur est de catégorie OV4.

Les circuits de puissance sans autre composant que la protection contre les surtensions qui puisse réduire les surtensions sont considérés comme devant satisfaire aux conditions de la catégorie OV3.

Les circuits de puissance protégés par des filtres ou protégés naturellement par des composants (par exemple des semiconducteurs) sont considérés comme devant satisfaire aux conditions de la catégorie OV2, à moins que le niveau de surtension soit bien connu. Lorsque le circuit présente un isolement galvanique ou lorsqu'il y a plusieurs filtres successifs ou composants équivalents à partir des circuits de puissance, les conditions de la catégorie OV1 doivent être satisfaites.

8 Dispositions relatives à la construction et au fonctionnement

8.1 Dispositions constructives

8.1.1 Risques électriques

L'équipotentialité des parties conductrices susceptibles d'être touchées doit être assurée. Les précautions nécessaires doivent être prises pour s'assurer que le matériel ne présente aucun risque de choc électrique ou de brûlure pour les voyageurs et le personnel par contact avec

- les parties actives d'un matériel ou avec un conducteur électrique nu,
- une pièce métallique accidentellement mise sous tension.

Les pièces conductrices accessibles (métalliques ou de tout autre matériau conducteur qui ne sont pas sous tension, excepté en cas de défaillance, et qui sont accessibles) doivent être reliées à la masse du véhicule, ou de ses parties constitutives soit directement ou par des conducteurs de mise à la masse.

Toutes précautions doivent être prises pour éviter tout accroissement de la résistance de masse dans le temps en particulier par les effets de corrosion ou de fatigue.

Lorsque la tension nominale est supérieure à 60 V en courant continu ou à 25 V en courant alternatif, ou supérieure aux limites déterminées conformément à la réglementation du pays auquel le matériel est destiné, les parties actives du matériel doivent être inaccessibles, par prescription d'une protection adaptée contre les contacts directs ou indirects conforme à la CEI 60364-4-41.

Si une charge résiduelle dangereuse risque de demeurer dans les condensateurs, un dispositif doit assurer la décharge avant tout accès aux circuits connectés aux condensateurs.

Le choix de la protection (coupe-circuits à fusible ou disjoncteurs) et la résistance des circuits de mise à la masse doivent être tels qu'aucune tension supérieure à 120 V en courant continu et 50 V en courant alternatif ne puisse être maintenue en cas de défaut d'isolement entre deux parties métalliques accessibles simultanément.

Overvoltage category OV4

Circuits which are directly connected to the contact line without any protective device against overvoltages close to the connection point and which may be endangered by lightning or switching overvoltages.

The overvoltage categories can be illustrated by the following explanation.

Rolling stock is generally equipped with overvoltage protection which gives a protection level the value of which is known according to its characteristics. Therefore, it is considered that only the part of the circuit situated upstream of it as far as the current collector and which can be separated by a switchgear or a circuit-breaker, is concerned by conditions of the OV4.

Power circuits without any other protective component than the protective device to reduce overvoltages are considered as having to comply with the conditions of OV3.

Power circuits protected additionally by filters, or inherently protected by components (for example semiconductors) are considered to be OV2 conditions, unless the surge level is well known. When the circuit has galvanic isolation or if there are several successive filters, or components acting as such, separating the circuit from high-power circuits, it is considered as having to comply with the conditions of OV1.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 Electrical risks

The equipotentiality of conductive parts capable of being touched shall be ensured. Necessary precautions shall be taken to ensure that the equipment does not constitute any risk of electric shock or burning for passengers and personnel due to contact with

- live parts of equipment or an electrical conductor.
- a metal object which has accidentally become live.

Exposed conductive parts (any metallic or other form of conductive material which is not energized except in case of a fault and which may be accessible) shall be bonded to the vehicle body, or constituent parts thereof, either directly or via protective bonding conductors.

All precautions shall be taken to prevent bonding resistance values from increasing with time in particular due to corrosion effects or fatigue.

When the nominal voltage is greater than 60 V d.c. or 25 V a.c., or greater than limits determined in accordance with the legislation of the country in which the equipment is to be used, the live parts of the equipment shall be inaccessible, to direct or indirect contact, by adequate protective provision according to IEC 60364-4-41.

If there is a risk of access to dangerous residual charge in capacitors, there shall be a system of discharging it before access is possible to circuits connected to the capacitors.

The choice of protection (fuses or circuit-breakers) and the electrical resistance of earthing circuits shall be such that no voltage greater than 120 V d.c. or 50 V a.c. can be maintained, between two simultaneously accessible metal parts, in the event of any fault.

8.1.2 Retour de courant et mise à la masse générale

8.1.2.1 Généralités

La conception du circuit doit garantir que tous les courants retournent à la source d'alimentation sans qu'il en résulte de dégâts ni de risques de choc électrique.

Au moins deux circuits séparés, tels que la défaillance de l'un ne puisse entraîner ni dégât ni risque de choc électrique, doivent assurer le retour du courant de traction aussi bien que la mise à la masse générale. Les circuits de mise à la masse générale et de retour du courant de traction peuvent être combinés. Les deux circuits doivent être visibles pour le contrôle.

Le raccordement à l'installation fixe de traction doit être fait par au minimum deux dispositifs de retour de courant sur essieu (de deux essieux différents) ou deux frotteurs sur les rails de roulement ou le rail spécifique.

Afin d'éviter tout dégât ou risque de choc électrique, des moyens appropriés doivent détecter les défauts dans les circuits de retour de courant, par procédure ou par un dispositif de surveillance par exemple. Les retours de courant doivent être dimensionnés pour les courants susceptibles de les parcourir. L'influence de l'ensemble des courants parcourant les rails de retour doit également être considérée.

8.1.2.2 Retour de courant de traction

Le retour du courant de traction doit être réalisé

- soit par raccordement individuel de chaque circuit à une barre collectrice isolée de la caisse du véhicule et de toute autre partie conductrice et connectée elle-même aux retours de courant (dispositifs de retour de courant ou frotteurs);
- soit par raccordement de tous les circuits à la caisse du véhicule, laquelle est à son tour connectée aux retours de courant (dispositifs de retour de courant ou frotteurs).

En cas de défaut sur le véhicule, les circuits de retour de courant ne doivent pas affecter défavorablement le système de protection contre les courts-circuits.

8.1.2.3 Mise à la terre du véhicule

La caisse du véhicule y compris ses châssis de bogie doit être connectée soit à la barre collectrice de retour de courant ou directement aux dispositifs de retour de courant sur essieu, ou aux boîtes d'essieu si cela est admissible (c'est-à-dire s'il est prouvé que les faibles valeurs de courants ne présentent aucun risque pour les boîtes d'essieu).

Des résistances ou des inductances peuvent être nécessaires dans les circuits de mise à la masse uniquement, afin de

- présenter un circuit plus impédant que le retour de courant;
- limiter le courant circulant au travers des boîtes d'essieu.

Cela est particulièrement important pour les boîtes d'essieu ne comportant pas de dispositif de retour de courant.

8.1.2.4 Caractéristiques assignées pour la mise à la masse

La mise à la masse doit être dimensionnée pour présenter une tenue mécanique et une section telles qu'elles garantissent que les parties accessibles ne risquent pas de provoquer de chocs électriques en cas de défaillance. L'efficacité des connexions de mise à la masse doit être maintenue en toutes circonstances.

8.1.2 Current return and protective bonding

8.1.2.1 General

Circuit design shall ensure that all currents are returned to the source of supply without resulting in any damage or risk of electric shock.

There shall be at least two separate paths for both current return and protective bonding so that the failure of one path does not cause damage or risk of electric shock. The circuits for protective bonding and current return may be combined. Both paths shall be visible for inspection.

The connection to the fixed installation shall be made via at least two axle brushes (of two different axles) or two return collector shoes on running or special rails.

To prevent damage or risk of electric shock, failures in the return current paths shall be detectable by an appropriate means, for example procedure or monitoring device. Paths shall be dimensioned to carry all currents which may flow through them. Consideration shall be given to all currents flowing in the running rails.

8.1.2.2 Power current return

Power current return shall be achieved

- either by individual connection of all circuits to a busbar insulated from the vehicle body and from any exposed conductive parts and connected itself to the current return collectors, (axle brushes/return collector shoes);
- or by connection of all power circuits to the vehicle body which is in turn connected to the current return collectors (axle brushes/return collector shoes).

The power current return circuits shall not adversely affect the performance of the short-circuit protection system in the event of a fault on the vehicle.

8.1.2.3 Vehicle grounding

The vehicle body and its bogie frames shall be connected either to the current return busbar or directly to the current return collectors or, where appropriate (i.e. for low current where no risk of bearing damage is proven), to the axle bearings.

In protective circuits, it may be necessary to connect the vehicle body structure via resistors or inductors to the current return collectors in order to

- offer a circuit with a higher impedance than the current return paths;
- limit the current flowing through axle bearings.

This shall be particularly considered for axle bearings which have no axle brushes.

8.1.2.4 Rating for protective bonding

Protective bonding shall be dimensioned to provide adequate strength and current-carrying capacity to ensure that the exposed conductive parts are incapable of causing electric shock under failure conditions. The protective bonding connectors shall remain effective under all conditions.

8.1.3 Batteries

Pendant la charge et la décharge, les batteries peuvent nécessiter d'être aérées afin de garantir que la concentration d'hydrogène produite par l'électrolyse de l'eau reste inférieure au seuil de 4 %.

Il est essentiel que tout obstacle au renouvellement de l'air soit réduit au minimum et que l'ouverture débouche en plein air. Les entrées et sorties d'air doivent être situées aux meilleurs emplacements, c'est-à-dire sur les parois opposées de l'enveloppe.

Le câblage entre la batterie et les coupe-circuits doit être aussi court que possible.

8.1.4 Champs électromagnétiques (CEM)

Il est recommandé de donner des indications concernant la conception et la disposition du matériel pour garantir que les champs électromagnétiques produits sont dans les limites spécifiées.

8.1.5 Protection contre le feu

Les circuits et les matériels comportant des risques d'inflammation doivent être efficacement protégés.

Les matériaux ne doivent produire qu'une faible quantité de fumée d'opacité et de toxicité minimales. (Les limites doivent être déterminées.)

Les matériaux combustibles doivent être installés loin des sources de chaleur. Ils doivent être choisis de façon à garantir une bonne résistance au feu.

Pour limiter la propagation du feu, des prescriptions spéciales peuvent être spécifiées en tenant compte de l'installation (cloisons coupe-feu, extincteurs, etc.).

8.1.6 Autres risques

Les parties accessibles qui sont susceptibles, en service normal, d'être portées à une température supérieure aux limites du tableau 3 doivent être protégées par un écran formant obstacle. La température de l'écran ne doit pas dépasser la limite spécifiée.

L'accès aux parties continuellement en mouvement (ventilateurs, machines tournantes, etc.) ou à celles dont la mise en mouvement inattendue est capable de constituer un risque, doit être interdit par des écrans appropriés assurant une protection au moins égale à IP20 selon la CEI 60529.

8.2 Dispositions relatives au fonctionnement

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Généralités

Toutes les valeurs limites de tension d'alimentation, de pression d'air, de température d'air, etc. qui peuvent influencer le fonctionnement peuvent exister simultanément. Tous les matériels doivent fonctionner correctement dans la combinaison la plus contraignante de ces valeurs limites. Les prescriptions suivantes s'appliquent à la température de l'air ambiant définie en 8.2.2.2.

8.2.1.2 Ligne de contact

Le matériel alimenté directement par la ligne de contact doit fonctionner correctement pour toutes les valeurs de la tension d'alimentation comme défini dans la CEI 60850.

8.1.3 Batteries

During charge and discharge, the battery compartment may need to be vented in order to ensure that the concentration of hydrogen produced by electrolysis of the water remains below the 4 % threshold.

It is essential that impediments to air changes are minimized, and the air outlet should lead into the open air. Air inlet and outlet openings shall be located at the best possible location, i.e. in the opposite walls of the enclosure.

Cables between the battery and the downstream fuses shall be as short as possible.

8.1.4 Electromagnetic fields (EMC)

Consideration should be given, in the design and disposition of equipment, to ensure that the electromagnetic fields produced are within any specified limits.

8.1.5 Fire protection

Circuits and equipment constituting risks of ignition shall be effectively protected.

Materials shall produce only a small quantity of smoke of minimal opacity and toxicity. (Limits shall be considered.)

Combustible materials shall be kept away from sources of heat. They shall be selected to guarantee good resistance to fire.

To prevent the propagation of fire, special provisions may be specified with regard to installation (fire-break partitions, extinguishers, etc.).

8.1.6 Other risks

Accessible parts which are likely, during normal service, to rise to a temperature in excess of the limits stated in table 3 shall be protected by a barrier forming an obstacle. The temperature of the barrier shall not exceed the specified limit.

Access to parts continuously in motion (fans, rotating machines, etc) or to those parts whose unexpected motion is likely to constitute a hazard shall be prevented by suitable barriers giving at least IP20 protection according to IEC 60529.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

All limiting values of supply voltage, air pressure, air temperature, etc. that can influence operation may occur simultaneously. All equipment shall operate satisfactorily in the worst combination of these limiting values. The following requirements apply with the ambient air temperatures defined in 8.2.2.2.

8.2.1.2 Contact line

Equipment which is supplied directly from a contact line shall operate satisfactorily at any value of supply voltage as defined in IEC 60850.

8.2.1.3 Transformateur d'alimentation

Le matériel alimenté à partir d'un transformateur doit fonctionner correctement pour toutes les valeurs de la tension d'alimentation multipliée par le ou les rapports de transformation.

8.2.1.4 Générateur indépendant, alternateur ou convertisseur

Le matériel alimenté à partir d'un générateur indépendant, d'un alternateur ou d'un convertisseur doit fonctionner correctement lorsqu'il est alimenté dans la plage de $0,85 U_e$ à $1,1 U_e$.

Le matériel alimenté à partir d'un convertisseur doit fonctionner correctement aux valeurs correspondantes de tension et de fréquence, comprises entre les tensions minimale et maximale que le convertisseur est susceptible de produire.

Des fluctuations de tension dans la plage de $0,7 U_e$ à $1,25 U_e$ sans excéder 1 s ne doivent pas produire de mauvais fonctionnement. Des fluctuations de tension dans la plage de $0,6 U_e$ à $1,4 U_e$ sans excéder 0,1 s ne doivent pas provoquer de destruction; l'équipement peut ne pas fonctionner totalement pendant ces fluctuations.

8.2.1.5 Batterie en floating

Le matériel alimenté à partir d'une batterie tantôt «en floating» ou non, doit fonctionner correctement lorsqu'il est alimenté dans la plage comprise entre les tensions minimale et maximale.

La tension nominale U_n du matériel est comme décrit en 5.2.4. Les tensions minimale et maximale sont liées à la tension nominale comme suit:

- Tension minimale pour le matériel $0,7 U_n$
- Tension maximale pour le matériel $1,25 U_n$

Des fluctuations de la tension (par exemple pendant le démarrage des équipements auxiliaires ou dues aux oscillations de tension du chargeur de la batterie) s'étendant de $0,6 U_n$ à $1,4 U_n$ et ne dépassant pas une durée de 0,1 s ne doivent pas produire de mauvais fonctionnement.

Des fluctuations de la tension s'étendant entre $1,25 U_n$ et $1,4 U_n$ et ne dépassant pas une durée de 1 s ne doivent pas provoquer de destruction; l'équipement peut ne pas fonctionner totalement pendant ces fluctuations.

Pour les matériels à moteurs thermiques voir également en 8.2.1.9.

8.2.1.6 Batterie

Le matériel alimenté uniquement à partir d'une batterie en décharge doit fonctionner correctement lorsqu'il est alimenté dans la plage de $0,7 U_n$ à $1,1 U_n$.

8.2.1.7 Batterie de traction

Lorsque la tension d'alimentation de traction est fournie par une batterie ayant des dispositions particulières pour compenser la variation de tension (c'est-à-dire des groupements différents en charge et en décharge), un élargissement des limites spécifiées en 8.2.1.5 peut être permis après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

8.2.1.8 Taux d'ondulation

Les batteries en charge peuvent présenter une ondulation de tension, à moins qu'il en soit décidé autrement, le taux d'ondulation calculé selon la formule suivante ne doit pas être supérieur à 5 %:

8.2.1.3 Transformer supply system

Equipment which is supplied from a transformer shall operate satisfactorily at any value of supply voltage multiplied by the transformer ratio (or ratios).

8.2.1.4 Independantly driven generator, alternator or converter

Equipment which is supplied either from an independently driven generator/alternator or converter shall operate satisfactorily when energized over the range $0,85 U_e$ to $1,1 U_e$.

Equipment supplied from a converter shall operate satisfactorily at the relevant value of voltage and frequency from the minimum to the maximum value that the converter is capable of producing.

Voltage fluctuations lying between $0,7 U_e$ and $1,25 U_e$ and not exceeding 1 s shall not cause deviation of function. Voltage fluctuations lying between $0,6 U_e$ and $1,4 U_e$ and not exceeding 0,1 s shall not cause damage; equipment may not fully function during these fluctuations.

8.2.1.5 Float charged battery

Equipment which is supplied from a battery on and off float charge shall operate satisfactorily when energized over the range of minimum voltage to maximum voltage.

The nominal voltage U_n of the equipment is as described in 5.2.4. The minimum and maximum voltages shall relate to the nominal voltage as follows:

- Minimum equipment voltage $0,7 U_n$
- Maximum equipment voltage $1,25 U_n$

Voltage fluctuations (for example, during start-up of auxiliary equipment or voltage oscillations of battery chargers) lying between $0,6 U_n$ and $1,4 U_n$ and not exceeding 0,1 s shall not cause deviation of function.

Voltage fluctuations lying between $1,25 U_n$ and $1,4 U_n$ and not exceeding 1 s shall not cause damage; equipment may not fully function during these fluctuations.

In the case of thermal engines, see also 8.2.1.9.

8.2.1.6 Battery

Equipment which is supplied solely from a battery off charge shall operate satisfactorily when energized over the range $0,7 U_n$ to $1,1 U_n$.

8.2.1.7 Traction battery

When the traction power supply voltage is provided by a battery having special arrangements for the correction of voltage variation (i.e. different cell groupings on charge and on discharge), a relaxation of the limits specified in 8.2.1.5 may be allowed by agreement between the user and the manufacturer.

8.2.1.8 Ripple factor

The batteries on charge can receive a pulsating voltage, the d.c. ripple factor of which, unless otherwise stated, shall be not greater than 5 % calculated from the following equation:

$$\text{taux d'ondulation} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

où $U_{\max}$ et $U_{\min}$ sont respectivement les valeurs maximale et minimale de la tension ondulée.

8.2.1.9 Tension de batterie basse

Des précautions doivent être prises pour éviter l'avarie du matériel par la réduction et le retour à la plage normale de la tension causés par la décharge progressive et complète de la batterie ou par interruption de l'alimentation. Aucune anomalie de fonctionnement ne doit se produire pendant la durée de la séquence de démarrage des moteurs thermiques.

8.2.1.10 Pression d'air

Le matériel pneumatique et électropneumatique doit manœuvrer correctement à une pression d'air qui peut varier entre les limites suivantes, spécifiées par le fabricant:

- la valeur limite minimale pour laquelle la mise en service et le maintien en service (fonctionnement) du véhicule sont garantis alors que le compresseur est momentanément arrêté (courtes interruptions d'alimentation);
- la valeur limite maximale qu'est la pression assignée comme décrit en 5.5.

En principe, le rapport entre les valeurs maximale et minimale de la pression d'air ne doit pas excéder 1,8.

Cependant, en cas de défaillance du régulateur de pression, le matériel peut être alimenté à la pression de fonctionnement de la soupape de sécurité.

8.2.2 Echauffements

8.2.2.1 Généralités

L'échauffement dû au fonctionnement des organes d'un matériel, mesuré au cours d'un essai effectué au courant équivalent permanent assigné dans les conditions spécifiées en 9.3.2, ne doit pas excéder les valeurs des tableaux 1, 2 et 3.

NOTE 1 – Les limites d'échauffement données dans les tableaux 1, 2 et 3 sont applicables aux matériels neufs et propres. D'autres valeurs peuvent être prescrites par les normes de produit pour des conditions d'essai différentes.

NOTE 2 – En service normal, l'échauffement peut différer des valeurs d'essai selon les conditions d'installation et la taille des conducteurs de raccordement.

NOTE 3 – Après accord entre l'utilisateur et le fabricant, des essais d'échauffement dans les conditions réelles de service (service intermittent à différentes valeurs de courant dans le temps) peuvent être effectués pour garantir que différentes surcharges n'affecteront pas le matériel.

Pour de tels essais, les limites d'échauffement peuvent être différentes de celles données dans les tableaux 1, 2 et 3, et dépendre des contraintes limites admissibles pour les matériaux employés.

NOTE 4 – Des prescriptions supplémentaires peuvent être nécessaires pour tenir compte des contraintes thermiques temporaires dues

- à un refroidissement insuffisant pendant les périodes de mise en, ou hors service;
- à une réduction de l'efficacité du refroidissement, encrassement des filtres par exemple.

Il convient de spécifier ces prescriptions particulières en conséquence par le client comme une condition de service (voir 8.2.3).

8.2.2.2 Température de l'air (T_a)

L'établissement des limites d'échauffement doit être basée sur la température de référence $T_r = 25^\circ\text{C}$ donnée en 7.3.

L'air ambiant doit être considéré comme étant celui qui environne le matériel, il différera selon l'emplacement où est monté ce matériel.

$$\text{DC ripple factor} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

where $U_{\max}$ and $U_{\min}$ are the maximum and minimum values, respectively, of the pulsating voltage.

8.2.1.9 Low battery voltage

Precautions shall be taken to avoid equipment damage due to the reduction and the return to the normal range of the voltage caused by progressive and complete discharge of the battery or by interruption of the supply. At the start-up of thermal engines no mal-operation of equipment shall occur during the whole starting sequence.

8.2.1.10 Air pressure

Pneumatic and electropneumatic equipment shall operate satisfactorily at an air pressure which may vary between the following limits specified by the manufacturer:

- the minimum limiting value which can guarantee to start and maintain the vehicle in service (functioning) when the compressor is momentarily out of service (short supply-voltage interruptions);
- the maximum limiting value, which is the rated air pressure as described in 5.5.

In principle, the ratio between the maximum and the minimum value of the air pressure shall not exceed 1,8.

However, in case of failure of the regulating device, the equipment may be supplied at the operating air pressure of the safety valve.

8.2.2 Temperature rise

8.2.2.1 General

The temperature-rise due to operation of the parts of an equipment, and measured during a test carried out at the equivalent continuous rated current under the conditions specified in 9.3.2, shall not exceed the values stated in tables 1, 2 and 3.

NOTE 1 – The temperature-rise limits given in tables 1, 2 and 3 apply to equipment tested in new and clean conditions. Different values may be prescribed by product standards for different test conditions.

NOTE 2 – Temperature-rise in normal service may differ from the test values, depending on the installation conditions and size of connected conductors.

NOTE 3 – Additional temperature-rise tests in the actual service conditions (intermittent service at different values of current with time) may be made subject to agreement between the manufacturer and the user to ensure that the different overloads will not cause damage to the equipment.

For such tests, the temperature-rise limits may be different from those given in tables 1, 2 and 3, and will be dependent on limit stresses for materials employed.

NOTE 4 – Additional requirements may be necessary to take into account transient thermal stresses due to

- a momentary insufficient cooling when the equipment starts and stops;
- a reduced efficiency of cooling system, for example blocked filter.

These specific requirements should be adequately specified by the user as a service condition (see 8.2.3).

8.2.2.2 The ambient air temperature (T_a)

The determination of temperature-rise limits shall be based on the reference temperature $T_r = 25\text{ °C}$ given in 7.3.

The ambient air shall be considered as being that surrounding the device, and will differ according to the location where the device is fitted.

Pour les emplacements extérieurs, la température de l'air ambiant T_a est la température de référence T_r .

Pour les emplacements intérieurs, la température de l'air ambiant T_a est la température de référence augmentée de la valeur de l'échauffement de l'air produit par les pertes locales, dans les conditions normales de refroidissement.

Pour chacun des emplacements à l'intérieur de la caisse, d'un compartiment moteur, d'un bloc d'appareillage, d'un coffre, etc., cet échauffement de l'air peut être différent. Lorsque cette valeur n'est ni spécifiée par un document approprié ni connue, elle doit être considérée comme n'excédant pas 30 K pendant le fonctionnement.

La température de l'air ambiant est alors $T_a = 55\text{ °C}$, ($25\text{ °C} + 30\text{ K}$), et la température maximale de l'air possible peut être de 70 °C , ($40\text{ °C} + 30\text{ K}$).

NOTE – Si les composants conçus pour $T_a = 25\text{ °C}$ sont utilisés dans ces emplacements intérieurs, il peut être nécessaire de réduire leurs performances.

8.2.2.3 Circuit principal

Le circuit principal d'un matériel doit pouvoir supporter le courant assigné d'emploi de ce matériel sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées aux tableaux 1, 2 et 3 au cours des essais conformes à 9.3.2.

8.2.2.4 Circuits de commande

Les circuits de commande d'un matériel, y compris les appareils pour circuits de commande à utiliser pour les manœuvres de fermeture et d'ouverture de ce matériel doivent permettre d'assurer la fonction à la tension assignée d'emploi. Le matériel doit satisfaire aux essais d'échauffement spécifiés en 9.3.2 sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées dans les tableaux 1, 2 et 3.

8.2.2.5 Circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires d'un matériel, y compris les interrupteurs auxiliaires, doivent pouvoir supporter le courant assigné d'emploi sans que les échauffements dépassent les limites spécifiées dans les tableaux 1, 2 et 3 au cours des essais conformes à l'article 9.3.2.

NOTE – Si un circuit auxiliaire fait partie intégrante d'un matériel, il suffit de l'essayer en même temps que le matériel, mais à son courant d'emploi réel.

8.2.2.6 Matériaux isolants

L'échauffement obtenu pendant les essais ne doivent pas endommager les parties conductrices ou les parties adjacentes du matériel. En particulier, la température des matériaux isolants ne doit pas excéder l'indice de température (défini par la CEI 60085).

L'échauffement maximal admissible est égal à l'indice de température du matériau isolant diminué de la valeur de la température de l'air ambiant conformément à 8.2.2.2. Les limites sont spécifiées dans le tableau 1 où, pour chaque indice de température de matériau isolant, des exemples correspondant aux cas suivants sont donnés:

- une température ambiante égale à la température de référence $T_r = 25\text{ °C}$,
- une température de l'air ambiant à l'intérieur d'un bloc ou d'un coffre avec un échauffement interne de 30 K.

NOTE 1 – Les tableaux 1, 2 et 3 ne sont pas applicables à l'échauffement des organes d'un matériel immergés dans un liquide isolant.

NOTE 2 – Lorsque des liquides isolants sont utilisés, la température maximale de fonctionnement est spécifiée.

For external locations, the ambient air temperature T_a is the reference temperature T_r .

For internal locations, the ambient air temperature T_a is the reference temperature increased by the air temperature-rise due to the localized thermal losses after taking into consideration the normal conditions of cooling.

For each of the various internal parts of car body, engine compartment, cubicle, box etc. the air temperature-rise may be different. When this value is neither specified by a relevant document nor known it shall be considered that it does not exceed 30 K during functioning. The ambient air temperature considered is then $T_a = 55\text{ °C}$ ($25\text{ °C} + 30\text{ K}$), and thus the maximum temperature expected may be 70 °C ($40\text{ °C} + 30\text{ K}$).

NOTE – If the components used in these internal locations have been designed for $T_a = 25\text{ °C}$, their performance needs to be derated.

8.2.2.3 Main circuit

The main circuit of an equipment shall be capable of carrying the rated operational current of the equipment without the temperature-rises exceeding the limits specified in tables 1, 2 and 3 when tested in accordance with 9.3.2.

8.2.2.4 Control circuits

The control circuits of an equipment, including control circuit devices to be used for the closing and opening operations of an equipment, shall permit the duty at the rated operational voltage. The equipment shall satisfy the tests specified in 9.3.2 without the temperature-rise exceeding the limits specified in tables 1, 2 and 3.

8.2.2.5 Auxiliary circuits

Auxiliary circuits of an equipment, including auxiliary switches, shall be capable of carrying their rated operational current without the temperature rise exceeding the limits specified in tables 1, 2 and 3, when tested in accordance with 9.3.2.

NOTE – If an auxiliary circuit forms an integral part of the equipment, it suffices to test it at the same time as the main equipment, but at its actual operational current.

8.2.2.6 Insulating materials

The temperature-rise obtained during the tests shall not cause damage to current-carrying parts or adjacent parts of the equipment. In particular, the temperature of the insulating materials shall not exceed the values given by the insulation temperatures index (defined by IEC 60085).

The maximum admissible temperature rise is equal to the insulating temperature index decreased by the ambient air temperature determined according to 8.2.2.2. The limits are specified in table 1 which gives examples, for each insulating temperature index, corresponding to the following cases:

- an ambient temperature equal to the reference temperature $T_r = 25\text{ °C}$;
- an ambient air temperature inside a box or a cubicle with an internal temperature-rise of 30 K.

NOTE 1 – Tables 1, 2 and 3 are not applicable to temperature-rise of parts of equipment which are immersed in insulating liquid.

NOTE 2 – The maximum working temperature is to be stated where insulating liquids are used.

8.2.2.7 Bornes de raccordement

Avec les raccordements spécifiés par le fabricant (barre ou type de câble, isolant et section), l'échauffement des bornes ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau 2.

8.2.2.8 Parties accessibles

L'échauffement des parties accessibles dans l'usage normal du matériel ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau 3.

8.2.2.9 Autres parties

L'échauffement des autres parties actives est limité seulement par la sécurité et les dégâts que pourraient subir les pièces adjacentes.

8.2.3 Fonctionnement à la mise en service

Un délai peut être nécessaire avant que le matériel atteigne un régime stabilisé après une période de mise hors service. Pendant cette période transitoire de fonctionnement, le matériel doit fonctionner mais les pleines performances peuvent ne pas être atteintes complètement. Cela doit être défini, si nécessaire, et convenu spécialement entre l'utilisateur et le fabricant.

Par exemple, pour certaines parties de l'équipement, des températures peuvent être, un court instant, supérieures ou inférieures aux valeurs les plus grandes ou les plus faibles admises pour le fonctionnement normal.

Néanmoins, de telles situations ne doivent pas nuire au matériel lui-même et ne doivent pas présenter de risques pour les autres parties.

Le stockage n'est pas assimilé à un fonctionnement transitoire, et si ses conditions sont en dehors de la plage normale, elles doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Tableau 1 – Limites d'échauffement des matériaux isolants

Classe thermique	Indice de température d'isolement °C	Limites d'échauffement pour une température ambiante maximale de	
		40 °C ($T_a = 25 \text{ °C}$) K	70 °C ($T_a = 55 \text{ °C}$) K
A	105	80	50
E	120	95	65
B	130	105	75
F	155	130	100
H	180	155	125
200	200	175	145
220	220	195	165
250	250	225	195

NOTE 1 – La classe thermique représente normalement la valeur maximale de la moyenne annuelle de la température acceptable. Elle est la valeur de l'indice de température dont le nombre est égal à la température, exprimée en degrés Celsius, déduite du facteur d'endurance thermique, normalement égal à 20 000 heures (voir CEI 60085).

NOTE 2 – Les limites d'échauffement sont données à titre d'exemple pour une installation extérieure avec $T_a = 25 \text{ °C}$ et pour une installation à l'intérieur lorsque l'échauffement de l'air dû aux pertes thermiques locales n'est pas connu (voir 8.2.2.2).

8.2.2.7 Terminals

The temperature-rise of terminals shall not exceed the values stated in table 2 with the connections specified (bar or type of core, insulation and section) by the manufacturer.

8.2.2.8 Accessible parts

The temperature-rise of accessible parts in normal use of the equipment shall not exceed the values stated in table 3.

8.2.2.9 Other parts

The temperature-rise of other live-parts is limited only by safety and damage which could be caused to adjacent parts.

8.2.3 Operation following inactivity

When the rolling stock has been inactive it may take some time to reach its normal operational state. During this time the equipment shall operate but some aspects of the performance may not be fully compliant. Those aspects shall be agreed or specifically defined, if necessary, between the user and the manufacturer.

For example, the temperature of some parts of the equipment may be greater or lower for a short period than the highest or lowest allowable for normal operation.

Nevertheless, such situations shall not cause damage to the equipment itself and shall not cause any hazard to adjacent parts.

Storage conditions are not considered as transient operation and, if outside the normal range, they shall be agreed between the user and the manufacturer.

Table 1 – Temperature-rise limits for insulating materials

Thermal class	Insulation temperature index °C	Temperature-rise limits for maximum air ambient temperature of	
		40 °C ($T_a = 25\text{ °C}$) K	70 °C ($T_a = 55\text{ °C}$) K
A	105	80	50
E	120	95	65
B	130	105	75
F	155	130	100
H	180	155	125
200	200	175	145
220	220	195	165
250	250	225	195

NOTE 1 – The thermal class normally represents the maximum value of the appropriate annual average temperature. This is the value of the temperature index the number of which is equal to the temperature, expressed in degrees Celsius, deduced from the thermal endurance factor for a given time, normally equal to 20 000 h (see IEC 60085).

NOTE 2 – The temperature-rise limits are given as an example for exterior location with $T_a = 25\text{ °C}$ and for interior location when the air temperature-rise due to the local losses is unknown (see 8.2.2.2).

Tableau 2 – Limites d'échauffement des bornes de raccordement

Matériau de la borne	Limites d'échauffement pour une température ambiante maximale de		Température maximale °C
	40 °C ($T_a = 25$ °C) K	70 °C ($T_a = 55$ °C) K	
Cuivre nu	60	30	105
Laiton nu	65	35	
Cuivre ou laiton étamé			
Cuivre ou laiton argenté ou nickelé	70 (voir note 2)	40 (voir note 2)	
Autres métaux	(voir note 3)		
NOTE 1 – Les échauffements sont donnés à titre d'exemple pour une installation extérieure avec une température ambiante $T = 25$ °C, et pour une installation intérieure alors que l'échauffement de l'air dû aux pertes thermiques locales n'est pas connu (voir 8.2.2.2 et note). Ces limites s'appliquent à un matériel à l'état neuf (voir note 1 de 8.2.2.1). NOTE 2 – La limite d'échauffement pour les bornes est basée sur le raccordement de câbles dont l'indice de température est de 90 °C. D'autres valeurs peuvent être nécessaires si l'indice de température du câble est différent. NOTE 3 – Les limites d'échauffement sont fixées en fonction de l'expérience acquise en service ou des essais de durée, mais ne peuvent pas dépasser 70 K pour $T_a = 25$ °C (voir également note 2).			

Tableau 3 – Limites d'échauffement des parties accessibles

Parties accessibles	Limites d'échauffement pour une température ambiante maximale de		Températures maximales T_a °C
	40 °C ($T_a = 25$ °C) K	70 °C ($T_a = 55$ °C) K	
Organes de commande manuelle:			
– métalliques	15	Non applicable	55
– non métalliques	25	Non applicable	65
Parties destinées à être touchées mais pas tenues à la main:			
– métalliques	30	Déconseillé	70
– non métalliques	40	10	80
Parties qu'il n'est pas nécessaire de toucher en service normal:			
– métalliques	40	10	80
– non métalliques	50	20	90
Parties non destinées à être touchées en service normal (voir note)			
Parties extérieures d'enveloppes adjacentes à des entrées de câbles:			
– métalliques	40	10	80
– non métalliques	50	20	90
Parties extérieures d'enveloppes contenant par exemple des résistances	200 (voir note)		
Air à la sortie des orifices de ventilation des enveloppes contenant par exemple des résistances	200 (voir note)		
NOTE – Le matériel doit être protégé contre les contacts avec des matériaux combustibles ou les contacts accidentels avec le personnel. Après accord entre l'utilisateur et le fabricant, l'échauffement limite de 200 K peut être dépassé. L'installateur est responsable du choix de la méthode de protection et de l'emplacement pour prévenir les risques et les détériorations. Le constructeur doit fournir les renseignements appropriés, conformément à 6.3.			

Table 2 – Temperature-rise limits of terminals

Terminal material	Temperature-rise limits for maximum air ambient temperature of		Maximum temperature °C
	40 °C ($T_a = 25\text{ °C}$) K	70 °C ($T_a = 55\text{ °C}$) K	
Bare copper	60	30	105
Bare brass	65	35	
Tin-plated copper or brass			
Silver-plated or nickel-plated copper or brass	70 (see note 2)	40 (see note 2)	
Other metals	(see note 3)		

NOTE 1 – The temperature-rise limits are given as examples for external location with $T = 25\text{ °C}$ and for internal location when the air temperature-rise due to the local losses is unknown (see 8.2.2.2 and its note). These limits apply to a new sample (see 8.2.2.1, note 1).

NOTE 2 – The terminal temperature-rise limit is based on the connection of cables, the temperature index of which is 90 °C. Other values may be necessary if the cable temperature index is different.

NOTE 3 – Temperature-rise is based on service experience or life test but is not to exceed 70 K for $T = 25\text{ °C}$ (see also note 2).

Table 3 – Temperature-rise limits of accessible parts

Accessible parts	Temperature-rise limits for maximum air ambient temperature of		Maximum temperature T_a °C
	40 °C ($T_a = 25$ °C) K	70 °C ($T_a = 55$ °C) K	
Manual operating means:			
– metallic	15	Not applicable	55
– non-metallic	25	Not applicable	65
Parts intended to be touched but not hand-held:			
– metallic	30	Not recommended	70
– non-metallic	40	10	80
Parts which need not be touched for normal operation:			
– metallic	40	10	80
– non-metallic	50	20	90
Parts not intended to be touched during normal operation (see note)			
Exteriors of enclosure adjacent to cable entries:			
– metallic	40	10	80
– non-metallic	50	20	90
Exteriors of enclosure of equipment, for example resistors	200 (see note)		
Air issuing from ventilation openings of enclosures of equipment for example resistors	200 (see note)		
NOTE – The equipment shall be protected against contact with combustible materials or accidental contacts with personnel. The temperature-rise limit of 200 K may be exceeded by agreement between the manufacturer and the user. Guarding and location to prevent danger is the responsibility of the manufacturer fitting the item. The manufacturer shall provide appropriate information, in accordance with 6.3.			

8.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.2.4.1 Généralités

Les exigences relatives à la compatibilité électromagnétique d'un matériel doivent être déduites de celles qui sont prescrites pour le véhicule.

8.2.4.2 Perturbations intérieures

Une perturbation d'origine interne peut se produire au moment de la coupure des circuits de bobinages inductifs, ou lorsque la mise à la masse de la structure de caisse est inefficace, par exemple.

Une perturbation rayonnée interne peut se produire également par rayonnement induit par les bobinages qui affecte les conducteurs électriques voisins. Le couplage peut être soit capacitif, soit inductif.

Le matériel doit présenter une immunité suffisante vis-à-vis des émissions perturbatrices internes.

8.2.4.3 Perturbations extérieures

Une perturbation conduite extérieure peut se produire quand, par exemple, les courants harmoniques produits par les circuits de puissance du véhicule interfèrent avec les courants et fréquences des circuits de signalisation de voie.

Une perturbation rayonnée extérieure peut se produire lorsque, par exemple, un rayonnement induit produit par les inductances du véhicule interfère directement soit avec les circuits de télécommunication le long de la voie ou avec les bobinages de commande de signalisation.

Les perturbations conduites et rayonnées produites par le matériel lui-même doivent être inférieures au niveau prescrit par la spécification particulière.

8.2.5 Emission de bruit acoustique

Le bruit acoustique maximal émis par le matériel doit être spécifié par le concepteur du véhicule afin de satisfaire au niveau prescrit par l'utilisateur pour le matériel roulant complet et en fonction de l'emplacement considéré (extérieur, intérieur des compartiments voyageurs, etc.).

Dans ce but, le fabricant de composants doit produire, sur demande, les niveaux de bruit émis par le matériel dans les conditions spécifiées.

8.2.6 Propriétés diélectriques (voir également annexe C)

8.2.6.1 Généralités

Les valeurs des distances d'isolement et des lignes de fuite sont données pour:

- le matériel à courant continu dont les tensions des parties actives par rapport à la masse, entre pôles, ou entre les pôles et la masse dans les systèmes où les deux pôles sont isolés, ne sont pas supérieures à la tension assignée d'isolement;
- le matériel à courant alternatif dont les tensions entre phases, et entre chaque phase isolée et la masse, ne sont pas supérieures à la tension assignée d'isolement.

Les distances d'isolement sont déterminées à partir de la tension assignée de tenue au choc pour la catégorie de surtension des circuits conformément aux CEI 60071-1 et CEI 60664-1, en tenant compte des conditions normales d'exposition à la pollution.

8.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.2.4.1 General

The EMC requirement has to be given at vehicle level and a particular specification deduced for the equipment.

8.2.4.2 Internal interference

Internal interference can occur for example due to de-energization of inductive coil circuits, or ineffective bonding to the vehicle structure.

Internal radiated interference can occur, for example due to induced radiation from coils or cables affecting electric circuits in the proximity. Coupling may be either capacitive or inductive.

The equipment shall have sufficient immunity against the noise emission of internal interference.

8.2.4.3 External interference

External conducted interference can occur for example, when the harmonic currents in the vehicle power circuits interfere with the signalling currents at related frequencies in the track.

External radiated interference can occur for example when induced radiation from inductors on the vehicle directly interferes either with trackside telecommunication cables or with signalling control coils on the track.

The conducted and radiated interference produced by the equipment shall be lower than the level given in the particular specification.

8.2.5 Acoustic noise emission

The maximum acoustic noise emitted by the equipment shall be specified by the vehicle designer in order to comply with the level required by the user of the whole rolling stock and for the location considered (outside, inside passenger compartment, etc.).

For this, the component manufacturer shall provide, if required, the noise levels emitted by the equipment in the conditions specified.

8.2.6 Dielectric properties (see also annex C)

8.2.6.1 General

Clearance and creepage values are given for

- d.c. equipment operating at no more than its rated insulation voltage between live parts and the vehicle structure, and between the positive and negative poles and between both poles and the vehicle structure in systems where both conductors are insulated;
- a.c. equipment operating at no more than its rated insulation voltage between phases and between each insulated phase and the vehicle structure.

The clearances are determined from the rated impulse withstand voltage for the overvoltage category of the circuits with reference to IEC 60071-1 and IEC 60664-1, taking into account also the exposure to pollution for normal conditions.

Le fabricant doit déclarer la tension de choc que le matériel ou l'appareil est apte à tenir (voir 8.2.7).

La relation entre la tension assignée d'isolement, y compris la tension nominale d'alimentation des systèmes de traction, et la tension assignée de tenue au choc, est donnée dans le tableau 4, en fonction des quatre catégories de surtensions.

Les catégories de surtensions sont utilisées pour déterminer la tension assignée de tenue au choc.

Pour d'autres conditions, des valeurs supérieures peuvent être nécessaires.

Des valeurs de distances d'isolement égales ou supérieures peuvent être utilisées sans nécessiter de vérification par un essai de tenue au choc.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être surdimensionnées lorsque leur réduction par la pollution est prévisible. Cela est en particulier nécessaire pour les distances d'isolement et les lignes de fuite situées à l'extérieur du véhicule, par exemple pour l'équipement de toiture, lorsque l'épaisseur de la couche de pollution peut devenir importante.

8.2.6.2 Distances d'isolement

8.2.6.2.1 Généralités

La détermination des distances d'isolement est basée sur les surtensions possibles (exprimées par le terme: catégorie de surtension, en 7.10) et les conditions ambiantes pour l'appareil (exprimées par le terme: degré de pollution, en 7.9).

Les distances d'isolement sont données dans le tableau 5 à partir des tensions assignées de tenue au choc.

8.2.6.2.2 Isolation fonctionnelle

Pour l'isolation fonctionnelle, les distances d'isolement sont déterminées à partir de la tension assignée de tenue au choc dont les valeurs préférentielles sont données dans le tableau 4.

Des valeurs inférieures peuvent être adoptées, en particulier dans le cas de champs homogènes, mais la conformité aux valeurs de la tension de tenue au choc du tableau 4 doit être vérifiée par des essais sur les configurations elles-mêmes ou sur des configurations similaires.

8.2.6.2.3 Isolation principale et isolation supplémentaire

Pour l'isolation principale et l'isolation supplémentaire, les distances d'isolement minimales sont déterminées à partir de la tension assignée de tenue au choc dont les valeurs préférentielles sont données dans le tableau 4. Le choix de valeurs de distances d'isolement inférieures n'est pas autorisé par respect de la sécurité des personnes.

8.2.6.2.4 Isolation renforcée

Pour l'isolation supplémentaire, les distances d'isolement doivent être déterminées selon 8.2.6.2.3, en considérant que la tension de tenue au choc est 1,6 fois celle prescrite pour l'isolation principale.

Par respect de la sécurité des personnes, le choix de valeurs de distances d'isolement inférieures n'est pas autorisé.

For equipment or apparatus, the manufacturer shall declare an impulse voltage which can be withstood (see 8.2.7).

The relation between rated insulation voltage, including the nominal voltage of line supply traction system, and rated impulse withstand voltage for the four overvoltage categories is given in table 4.

The overvoltage categories are used to determine the rated impulse withstand voltage.

For other conditions, higher values may be necessary.

Equivalent or higher clearance values may be used without being verified by impulse withstand test.

When it is foreseen that the pollution may reduce the clearances and creepages, these shall be increased. This is particularly necessary for the clearances and creepages on the exterior of vehicles, for example for roof equipment when the thickness/size of the pollution can become significant.

8.2.6.2 Clearances

8.2.6.2.1 General

The determination of the clearances is based on the expected overvoltage (expressed by the term overvoltage category given in 7.10) and the ambient conditions of the apparatus (expressed by the term pollution degree given in 7.9).

Clearances for rated impulse withstand voltages are given in table 5.

8.2.6.2.2 Functional insulation

Clearances for functional insulation are derived from the rated impulse withstand voltage given in table 4, which shows the preferred values.

Smaller values can be adopted, in particular in the case of homogeneous fields but their compliance to the values stated in table 4 shall be verified by tests on the configurations themselves or on similar configurations.

8.2.6.2.3 Basic and supplementary insulation

Minimum clearances for basic and supplementary insulation are derived from the rated impulse withstand voltage given in table 4, which shows the preferred values.

For human safety reasons smaller values of clearances are not allowed.

8.2.6.2.4 Reinforced insulation

When dimensioning reinforced insulation, 8.2.6.2.3 shall be applied considering that the rated impulse withstand voltage is 1,6 times that required for basic insulation.

For human safety reasons, smaller values of clearances are not allowed.

8.2.6.2.5 Double isolement

Pour le double isolement, chaque étage d'isolation doit être soit isolation principale, soit une isolation fonctionnelle en fonction de l'application.

Tableau 4 – Détermination de la tension assignée de tenue au choc

Tensions assignées d'isolement U_i (efficace ou continue)		Tensions de ligne d'alimentation des systèmes de traction suivant la CEI 60850		Tensions assignées de tenue au choc U_{imp} (U 1,2/50 μ s)			
de V	à V	alternatif V	continu V	Catégories de surtension			
				OV1 kV	OV2 kV	OV3 kV	OV4 kV
	50*			0,33	0,5	0,8	1,5
50	100			0,5	0,8	1,5	2,5
100	150			0,8	1,5	2,5	4
150	300			1,5	2,5	4	6
300	660			2,5	4	6	8
660	900		600	4	5	6	10
900	1 200		750	5	6	8	12
1 200	1 600			6	8	10	15
1 600	2 300		1 500	8	10	12	18
2 300	3 000			10	12	15	20
3 000	3 700			12	15		
3 700	4 800		3 000	15	18	25	40
4 800	6 500			20	25		
6 500	8 300	6 250		25	30	40	60
8 300	10 000			30	35		
		15 000				75	95
		25 000				125	170
		50 000				250	300

* Uniquement applicable aux circuits exempts de surtensions de manœuvre.

8.2.6.2.5 Double insulation

When dimensioning double insulation each stage of insulation shall be either basic or functional dependant upon the application.

Table 4 – Determination of rated impulse withstand voltage

Rated insulation voltages U_i (a.c. r.m.s. or d.c.)		Line supply voltages of traction system from IEC 60850		Rated impulse withstand voltages U_{imp} ($U 1,2/50 \mu s$)			
from V	up to V	AC V	DC V	Overvoltage categories			
				OV1 kV	OV2 kV	OV3 kV	OV4 kV
	50 *			0,33	0,5	0,8	1,5
50	100			0,5	0,8	1,5	2,5
100	150			0,8	1,5	2,5	4
150	300			1,5	2,5	4	6
300	660			2,5	4	6	8
660	900		600	4	5	6	10
900	1 200		750	5	6	8	12
1 200	1 600			6	8	10	15
1 600	2 300		1 500	8	10	12	18
2 300	3 000			10	12	15	20
3 000	3 700			12	15		
3 700	4 800		3 000	15	18	25	40
4 800	6 500			20	25		
6 500	8 300	6 250		25	30	40	60
8 300	10 000			30	35		
		15 000				75	95
		25 000				125	170
		50 000				250	300

* To be used only for circuits not subject to switching overvoltages.

Tableau 5 – Distances d'isolement minimales dans l'air

Tension assignée de tenue au choc U_{imp}	Distances d'isolement minimales en fonction du degré de pollution				
	mm				
kV	PD1	PD2	PD3	PD4	
0,33	0,01	0,2	0,8	5,5	
0,5	0,04				
0,8	0,1				
1,5	0,5				
2,5	1,5				
3	2				
3,5	2,5			6,2	
4	3			7	
4,5	3,5			8	
5	4			8,5	
6	5,5			10	
8	8			14	
10	11			18	
12	14			22	
15	18			27	
18	22			32	
20	25			36	
25	32			45	
30	40			54	
40	60			100*	
60	90			110	
75	120			135	
95	160			175	
125	210			230	
145	260			265	
170	310				
200	370				
250	480				
300	600				

* La valeur théorique de 72 mm a été remplacée par 100 mm comme cela est généralement accepté en tant que valeur minimale compte tenu de l'expérience pratique des réseaux 3 kV.

8.2.6.3 Lignes de fuite

La ligne de fuite minimale est déterminée à partir de la tension assignée d'isolement, l'environnement et l'isolement du matériel.

Les conditions d'environnement sont données par les degrés de pollution définis en 7.9.

La ligne de fuite minimale doit être déterminée suivant les tableaux 6a et 6b.

Table 5 – Minimum clearances in air

Rated impulse withstand voltages U_{imp} kV	Minimum clearances for pollution degrees mm			
	PD1	PD2	PD3	PD4
0,33	0,01	0,2	0,8	5,5
0,5	0,04			
0,8	0,1			
1,5	0,5			
2,5	1,5			
3	2			
3,5	2,5			6,2
4	3			7
4,5	3,5			8
5	4			8,5
6	5,5			10
8	8			14
10	11			18
12	14			22
15	18			27
18	22			32
20	25			36
25	32			45
30	40			54
40	60			100*
60	90			110
75	120			135
95	160			175
125	210			230
145	260			265
170	310			
200	370			
250	480			
300	600			

* Theoretical value of 72 mm has been replaced by 100 mm as this is the accepted minimum value for 3 kV networks based on practical experience.

8.2.6.3 Creepage

The basis for the determination of creepage is the rated insulation voltage, the environment of the apparatus and the insulation material.

The environmental conditions are given by the pollution degrees as defined in 7.9.

The minimum creepage shall be determined according to tables 6a and 6b.

La ligne de fuite minimale ne doit en aucun cas être inférieure à la distance d'isolement correspondante.

La qualité du matériau isolant est déterminée par les groupes de matériaux suivants définis:

- soit par leur indice de résistance au cheminement (IRC), selon la CEI 60112;
- soit par leur classe selon la CEI 60587
 - groupe de matériau I $600 \leq \text{IRC}$ ou classe 1 A 4,5
 - groupe de matériau II $400 \leq \text{IRC} < 600$ ou classe 1 A 3,5
 - groupe de matériau IIIa $175 \leq \text{IRC} < 400$ ou classe 1 A 2,5
 - groupe de matériau IIIb $100 \leq \text{IRC} < 175$ ou classe 1 A 0

NOTE – L'équivalence entre les IRC et les classes n'a pas été démontrée.

The shortest creepage distance in each specific case shall be not less than the relevant clearance distance.

The quality of the insulation material is determined by the following material groups defined

- either by their comparative tracking index (CTI) according to IEC 60112,
 - or by their class according to IEC 60587
- | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|
| • material group I | $600 \leq \text{CTI}$ | or class 1 A 4,5 |
| • material group II | $400 \leq \text{CTI} < 600$ | or class 1 A 3,5 |
| • material group IIIa | $175 \leq \text{CTI} < 400$ | or class 1 A 2,5 |
| • material group IIIb | $100 \leq \text{CTI} < 175$ | or class 1 A 0 |

NOTE – Equivalence between both CTI and classes has not been demonstrated.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60077-1:1999

Tensions assignées d'isolement U_i	Lignes de fuite pour les degrés de pollution mm												
	PD1			PD2			PD3			PD4			
	Groupes de matériaux			Groupes de matériaux			Groupes de matériaux			Groupes de matériaux			
	I	II	III a+b	I	II	III a+b	I	II	III a *	I	II	III a *	
10		0,08			0,4			1,0					
12,5		0,09			0,42			1,05					
16		0,1			0,45			1,1			1,6		
20		0,11			0,48			1,2					
25		0,125			0,5			1,25			1,7		
32		0,14			0,53			1,3			1,8		
40		0,16		0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3,0	
50		0,18		0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,5	3,2	
63	0,2			0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2,0	2,1	2,6	3,4	
80	0,22			0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6	
100	0,25			0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,8	
125	0,28			0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4,0	
160	0,32			0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5	3,2	4,0	5,0	
200	0,42			1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2	4,0	5,0	6,3	
250	0,56			1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0	5,0	6,3	8,0	
320	0,75			1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0	6,3	8,0	10,0	
400	1,0			2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3	8,0	10,0	12,5	
500	1,3			2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0	10,0	12,5	16,0	
630	1,8			3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0	12,5	16,0	20,0	
800	2,4			4,0	5,6	8,0	10,0	11,0	12,5	16,0	20,0	25,0	
1 000	3,2			5,0	7,1	10,0	12,5	14,0	16,0	20,0	25,0	32,0	

NOTE – Le groupe de matériau III b n'est pas recommandé pour les degrés de pollution PD3 et PD4.

* L'interpolation linéaire entre deux valeurs consécutives est admise.

Rated insulation voltage U_i	Creepage distances for pollution degrees mm													
	PD1			PD2			PD3			PD4				
	Material group			Material group			Material group			Material group				
	I	II	III a+b	I	II	III a+b	I	II	III a *	I	II	III a *		
10		0,08			0,4			1,0						
12,5		0,09			0,42			1,05						
16		0,1			0,45			1,1						
20		0,11			0,48			1,2						
25		0,125			0,5			1,25						
32		0,14			0,58			1,3						
40		0,16		0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3,0		
50		0,18		0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,5	3,2		
63		0,2		0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2,0	2,1	2,6	3,4		
80		0,22		0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6		
100		0,25		0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,8		
125		0,28		0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4,0		
160		0,32		0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5	3,2	4,0	5,0		
200		0,42		1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2	4,0	5,0	6,3		
250		0,56		1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0	5,0	6,3	8,0		
320		0,75		1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0	6,3	8,0	10,0		
400		1,0		2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3	8,0	10,0	12,5		
500		1,3		2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0	10,0	12,5	16,0		
630		1,8		3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0	12,5	16,0	20,0		
800		2,4		4,0	5,6	8,0	10,0	11,0	12,5	16,0	20,0	25,0		
1000		3,2		5,0	7,1	10,0	12,5	14,0	16,0	20,0	25,0	32,0		

NOTE – Materials of group III b are not recommended for pollution degrees PD3 and PD4.

* Linear interpolation between adjacent values is admissible.

Tableau 6b – Lignes de fuite pour les tensions assignées d'isolement supérieures à 1 000 V

Groupes de matériau	Lignes de fuite pour les degrés de pollution mm/kV			
	PD1	PD2	PD3	PD4 ⁽²⁾
I	3,2	5,0	12,5	20,0
II	3,2	7,1	14,0	25,0

NOTE 1 – Le groupe de matériau III n'est pas recommandé.

NOTE 2 – Certains réseaux d.c. exigent des valeurs supérieures jusqu'à 45 mm/kV, basées sur l'expérience pratique.

8.2.7 Surtensions de manœuvre

Le matériel ne doit pas être soumis à des surtensions de manœuvre supérieures à la tension de tenue au choc. De même, il ne doit pas générer lui-même de surtensions de manœuvre supérieures à celles spécifiées par la norme de produit correspondante. Si aucune norme de produit n'existe, il ne doit pas générer de surtensions de manœuvre supérieures à la tension assignée de tenue au choc.

Le matériel ayant plus d'une tension assignée d'emploi et/ou destiné à être utilisé à différents niveaux de surtensions transitoires ne doit pas générer de surtensions de manœuvre supérieures aux surtensions transitoires de niveau le plus faible à la tension assignée d'emploi correspondante.

8.2.8 Fonctionnement en service

Le matériel doit être capable d'assurer les performances assignées dans les conditions correspondant aux prescriptions spécifiées applicables.

Les prescriptions particulières et les conditions d'essai doivent être précisées dans la norme de produit ou la spécification d'essais établie en accord entre l'utilisateur et le fabricant, et peuvent concerner

- le fonctionnement en service à vide, afin de démontrer que le matériel satisfait aux conditions de fonctionnement lorsque les circuits sont alimentés aux limites inférieure et supérieure de la tension d'alimentation et/ou de la pression d'air spécifiées;
- le fonctionnement en service en charge lorsque le matériel est utilisé au régime assigné;
- le comportement en surcharge ou en régime dégradé;
- les durabilités mécanique et électrique.

NOTE – Le terme de «durabilité» a été choisi, au lieu d'«endurance» ou «vieillesse» pour exprimer la durée de vie (durée ou nombre d'opérations) que peut assurer le matériel sans remise en état ou remplacement d'organes. En outre, le terme d'«endurance» est aussi couramment employé pour désigner le fonctionnement en service et il a été estimé nécessaire de ne pas utiliser le terme «endurance» dans la présente norme afin d'éviter toute confusion entre ces deux termes.

Les vérifications du fonctionnement peuvent être combinées en une ou plusieurs séquences d'essais si la norme de produit le précise.

8.2.9 Aptitude à supporter les vibrations et les chocs

Le matériel doit pouvoir supporter les vibrations et les chocs définis par les essais prescrits (voir 9.3.5).

Table 6b – Creepages for rated insulation voltages above 1 000 V

Material group	Creepage distances for pollution degrees mm/kV			
	PD1	PD2	PD3	PD4 ⁽²⁾
I	3,2	5,0	12,5	20,0
II	3,2	7,1	14,0	25,0

NOTE 1 – Materials of groups III are not recommended.

NOTE 2 – Some d.c. networks require higher values up to 45 mm/kV, based on practical experience.

8.2.7 Switching overvoltages

Equipment shall not be subjected to switching overvoltages higher than the rated impulse withstand voltage. Also equipment shall not generate switching overvoltages higher than specified in the relevant product standard. In the event of there being no product standard, it shall not generate switching overvoltages higher than the rated impulse withstand voltage.

Equipment having more than one rated operational voltage and/or intended to be used at different transient overvoltage levels shall not generate switching overvoltages higher than the lowest transient overvoltage level at the corresponding rated operational voltage.

8.2.8 Operational performance

The equipment shall be capable of performing its rated duties under conditions corresponding to the specified requirements where relevant.

Specific requirements and test conditions shall be stated in the relevant product standard or test specification agreed between the manufacturer and the user, and may concern

- the operational performance off-load in order to demonstrate that the equipment meets the operational conditions when energized at the upper and lower limits of supply voltage and/or air pressure specified;
- the operational performance on load during which the equipment shall operate at the specified duty;
- the performance in overload or fault conditions;
- the mechanical and electrical durability.

NOTE – The term "durability" has been chosen, instead of "endurance" or "ageing" in order to express the expectancy of the life duration (time or number of operating cycles) which can be performed by the equipment before repair or replacement of parts. Moreover, the term "endurance" is also commonly used to cover operational performance and it was deemed necessary not to use the term "endurance" in this standard in order to avoid confusion between the two concepts.

The verification of operational performance may be combined in one or several sequences of tests if so stated in the relevant product standard.

8.2.9 Ability to withstand vibration and shock

The equipment shall be capable of withstanding the vibration and shock given by test requirements (see 9.3.5).

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Les essais doivent être effectués pour vérifier la conformité aux prescriptions de la présente norme, s'il y a lieu, et de la norme de produit correspondante.

Les essais sont les suivants:

- essais de type qui doivent être effectués sur un échantillon représentatif du matériel;
- essais de série qui doivent être effectués sur chaque exemplaire du matériel construit conformément à la présente norme, s'il y a lieu, et à la norme de produit correspondante;
- essais sur prélèvement qui sont effectués si la norme de produit le demande;
- essais d'investigation qui sont des essais spéciaux effectués uniquement s'ils sont demandés par le fabricant ou l'utilisateur pour approfondir les essais sur un aspect particulier de la conception.

Les essais doivent être réalisés par le fabricant, dans ses ateliers ou dans un laboratoire approprié de son choix, avant que le matériel soit monté sur véhicule.

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité de la conception d'un matériel donné à la présente norme et, le cas échéant, à la norme de produit correspondante.

Ces essais peuvent comprendre, suivant les cas, la vérification des

- a) dispositions relatives à la construction;
- b) dispositions relatives au fonctionnement:
 - limites de fonctionnement;
 - échauffement;
 - propriétés diélectriques;
 - performances en service;
 - vibrations et chocs;
 - compatibilité électromagnétique;
 - émission de bruit acoustique.

NOTE – Cette liste n'est pas exhaustive.

Une documentation écrite des essais de type (prouvant la conformité) doit être établie par le fabricant.

Si ces essais de type comprennent une durabilité électrique ou mécanique ou des vérifications du fonctionnement dans des conditions de surcharge ou de défaut susceptibles d'entraîner des détériorations, ils peuvent être effectués sur un ou des échantillons supplémentaires. Cependant, si l'échantillon est destiné à être installé sur un véhicule en service, un accord entre l'utilisateur et le fabricant doit prescrire les conditions minimales acceptables pour son utilisation.

S'ils comprennent seulement des vérifications et des essais de fonctionnement normal sans aucun risque pour les composants, les essais doivent être effectués sur l'un des matériels de la commande.

9 Tests

9.1 Kinds of tests

9.1.1 General

Tests shall be made to prove compliance with the requirements laid down in this standard, where applicable, and in the relevant product standard.

Tests are as follows:

- type tests which shall be made on a representative sample of the equipment;
- routine tests which shall be made on each individual piece of equipment manufactured according to this standard, where applicable, and the relevant product standard;
- sampling tests which shall be made if called for in the relevant product standard;
- investigatory tests are special tests and shall only be made if required by the manufacturer or the user to test in greater detail any particular aspect of a design.

The tests shall be carried out by the manufacturer at his works or at any suitable laboratory of his choice, before the equipment is mounted on the vehicle.

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of a given equipment with this standard, where applicable, and with the relevant product standard.

These tests may comprise, as appropriate, the verification of

- a) constructional requirements;
- b) performance requirements:
 - operating limits;
 - temperature-rise;
 - dielectric properties;
 - operational performance;
 - vibration and shock;
 - electromagnetic compatibility;
 - acoustic noise emission.

NOTE – The above list is not exhaustive.

Written documentation with type tests (proving compliance) shall be made available by the manufacturer.

If these type tests comprise mechanical or electrical durability or performance verifications in overload or fault conditions which may cause damage, they may be carried out on additional specimen(s). However, if this specimen is to be subsequently installed in an operational vehicle, an agreement between the user and the manufacturer shall prescribe its minimum acceptable condition for service.

If they comprise only normal functioning and verification tests without incurring component wear, the tests shall be carried out on one piece of equipment from the order.

9.1.3 Essais de série

Les essais de série sont destinés à détecter les défauts des matériaux et de la qualité de la construction ainsi qu'à vérifier le fonctionnement correct du matériel. Ils doivent être effectués sur chacun des composants d'un matériel y compris ceux soumis à un essai de type.

Ces essais peuvent comprendre, s'il y a lieu, la vérification de

- inspection visuelle;
- fonctionnement;
- tenue diélectrique;
- réglage;
- étanchéité pour le matériel pneumatique;
- fuites pour le matériel hydraulique;
- mesure de résistance ou d'impédance.

NOTE – Cette liste n'est pas exhaustive.

Les détails concernant les essais de série et les conditions dans lesquelles ils sont exécutés doivent être établis dans les articles correspondants de la présente norme et/ou la norme de produit correspondante si elle s'applique.

Les essais de série ne doivent causer aucune dégradation.

9.1.4 Essais par prélèvements

Si la technique et l'analyse statistique prouvent que les essais de série (sur chaque produit) ne sont pas nécessaires, des essais par prélèvement peuvent être faits en remplacement si cela est prévu dans la norme de produit correspondante. Ils doivent comprendre une séquence d'essais comme pour l'essai de série.

9.1.5 Essais d'investigation

Ces essais sont optionnels, ils peuvent être effectués pour vérifier des propriétés ou des caractéristiques spécifiques d'un matériel, soit à l'initiative du fabricant lui-même, ou après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

9.1.6 Conditions générales d'essai

Le matériel à essayer doit être conforme dans tous ses détails au dessin qui le représente.

Sauf s'il en est établi autrement dans la présente norme ou dans la norme de produit correspondante:

- les essais doivent être effectués aux conditions ambiantes du lieu d'essai;
- chaque séquence d'essais doit être effectuée sur un matériel neuf et propre;
- le matériel essayé doit être monté au complet soit dans les conditions prescrites par le fabricant ou dans les conditions correspondant à l'installation envisagée sur le matériel roulant.

Les résultats d'essais doivent être à l'intérieur des tolérances données dans la norme de produit correspondante.

9.1.3 Routine test

Routine tests are intended to detect faults in materials and workmanship and to ascertain the proper functioning of the equipment. They shall be made on each individual piece of the equipment including items that are to be subjected to type test.

These tests may comprise, as appropriate, the verification of

- visual;
- operational;
- dielectric;
- calibration;
- air tightness for pneumatic equipment;
- leakage for hydraulic equipment;
- measurement of resistance and impedance.

NOTE – The above list is not exhaustive.

Details of the routine tests and the conditions under which they shall be made shall be stated in the relevant clauses of this standard and/or the relevant product standard where applicable.

The routine tests shall not cause any damage.

9.1.4 Sampling tests

If engineering and statistical analyses show that routine tests (on each product) are not required, sampling tests may be made instead, if so stated in the relevant product standard. They shall comprise a sequence of tests as for the routine testing.

9.1.5 Investigatory tests

These are optional tests which may be made to verify specific properties or characteristics of equipment, either on the manufacturer's own initiative, or by agreement between the manufacturer and the user.

9.1.6 General test condition

The equipment to be tested shall conform to all functional details with the design which it represents.

Unless otherwise stated in this standard or in the relevant product standard:

- tests shall be carried out in the ambient conditions present at the test site;
- each sequence of tests shall be made on equipment in a clean and new condition;
- equipment under test shall be mounted complete either under the conditions prescribed by the manufacturer or under the relevant conditions of installation envisaged on the rolling stock.

The test results shall be within the tolerances stated in the relevant product standard.

9.2 Vérifications des dispositions constructives

9.2.1 Généralités

A moins que des prescriptions particulières soient données dans une norme de produit ou une spécification du client, la conception du matériel et des composants doit être conforme aux prescriptions de l'article 8 de la présente norme. Cette conformité doit pouvoir être vérifiée lorsqu'il n'existe pas d'essai approprié (par examen visuel, contrôle dimensionnel, etc.)

9.2.2 Essais de type

La vérification de la conformité aux dispositions constructives en essais de type peut concerner:

- les risques électriques;
- les retours de courant et la mise à la masse;
- la ventilation des batteries;
- les champs électromagnétiques;
- la protection contre l'incendie et les fumées;
- les distances d'isolement et les lignes de fuite;
- les autres risques comme les risques de combustion;
- les essais climatiques.

NOTE – Cette liste n'est pas exhaustive.

9.2.3 Essais de série

La vérification de la conformité avec les dispositions constructives concerne, pour les essais de série:

- l'examen visuel;
- la mesure des résistances et des impédances.

La mesure de résistance des bobinages de tous les matériels électropneumatiques ou dispositifs électromagnétiques de commande, doit être faite à froid, si la résistance peut influencer sur leur fonctionnement. Typiquement, les matériels concernés sont les électrovalves, les servomoteurs, les relais de tension et les contacteurs électromagnétiques.

Les mesures obtenues pour chaque enroulement donné, ramenées à la température de 20 °C, ne doivent pas différer de la valeur spécifiée ou bien de la moyenne des valeurs mesurées sur les dix premiers éléments essayés. En l'absence de norme de produit spécifique, la tolérance doit être $\pm 8\%$.

Les mesures de résistance sont également faites à froid sur les diverses résistances des circuits de commande, de contrôle et des circuits auxiliaires. Les tolérances admises, qui peuvent varier selon l'application, doivent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

Pour les appareils des circuits à courant alternatif, dont le fonctionnement correct dépend de l'impédance, la mesure de résistance doit, au besoin, être accompagnée d'une mesure d'impédance faite en courant alternatif à la fréquence spécifiée.

La mesure de la résistance du circuit principal doit être faite en courant continu, en enregistrant les chutes de tension aux bornes des raccordements. Le courant choisi pour les essais doit avoir une valeur au plus égale au courant assigné.

La résistance de chaque appareil ne doit pas excéder la valeur limite fixée par le fabricant.

9.2 Verification of constructional requirements

9.2.1 General

Unless specific requirements are given in the product standard or customer's specification, the design of equipment and components shall comply with the requirements given in clause 8 of this standard. This compliance shall be capable of being proven (by visual examination, measurement, etc.) for properties where testing is not appropriate.

9.2.2 Type tests

Verification of compliance with the constructional requirements for the type test may concern:

- electrical risks;
- current return and protective bonding;
- ventilation of batteries;
- electromagnetic fields;
- fire and smoke protection;
- creepage and clearance;
- other risks such as burning risks;
- climatic tests.

NOTE – The above list is not exhaustive.

9.2.3 Routine tests

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

- visual examination;
- measurement of resistance and impedance.

Measurement of the resistance of windings shall be made on all electro-pneumatic or electro-magnetic control devices when cold if the variation of this resistance may affect operation. Typical equipment includes magnet valves, servo-motors, voltage relays and electromagnetic contactors.

The measurements obtained for any given winding, when corrected to a temperature of 20 °C, shall not vary from the specified value or, alternatively, from the mean of the values measured on the first ten units tested. In the absence of a specific product standard, the tolerance shall be $\pm 8\%$.

The measurements of resistance are also made when cold on the various resistances inserted in the control, indication and auxiliary circuits. The allowable tolerances, which vary according to the application, shall be agreed between the parties concerned.

Where correct operation of apparatus in a.c. circuits depends on the impedance, measurements of resistance shall, if necessary, be accompanied by measurements of impedance carried out with a.c. at the specified frequency.

The measurement of the main circuit resistance shall be made with a direct current, recording the voltage drop across the terminals. The current chosen for the test shall have a value up to the rated current.

The resistance of any apparatus shall not exceed the limit value fixed by the manufacturer.

9.3 Vérification des dispositions relatives au fonctionnement

9.3.1 Limites de fonctionnement

La vérification des limites de fonctionnement doit être faite en essai de type et en essai de série.

Les essais de type sont effectués à la plus basse température à laquelle l'appareil peut être soumis en service (ou à laquelle son fonctionnement correct est assuré) et également à la température la plus élevée qu'il peut atteindre.

Les matériels de grandes dimensions, comme par exemple les transformateurs, les moteurs, les armoires, etc., ne doivent être soumis aux essais climatiques qu'après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Les essais consistent à vérifier 20 fois de suite, pour chacune des combinaisons, que l'appareil, après stabilisation de sa température, est capable de fonctionner correctement à l'intérieur des limites de la tension d'alimentation et de la pression d'air spécifiées en 8.2.1.

Un contrôle doit confirmer que le fonctionnement du matériel est toujours satisfaisant après l'essai effectué avec la combinaison la plus défavorable de tension, pression d'air et température qu'il est possible d'obtenir à l'intérieur des limites spécifiées en 8.2.1. Lorsque le matériel fonctionne à diverses fréquences, l'essai en fréquence doit être spécifié.

NOTE – Pour les appareils électromagnétiques ou électropneumatiques le fonctionnement à chaud à une tension donnée est considéré comme satisfaisant si le matériel fonctionne normalement à froid alors qu'il est alimenté avec un courant égal à celui qui circulerait après 1 h de fonctionnement à la même tension.

Cette disposition n'est toutefois pas applicable aux appareils servant à la mise en service du véhicule (électrovalves de pantographes, contacteurs de lancement de groupe, etc.), car il faut que les appareils répondent généralement à des exigences particulières.

Les essais de série consistent à vérifier, à la température ambiante, la capacité du matériel à fonctionner correctement aux tensions et pressions assignées spécifiées en 8.2.1 ou à des valeurs plus appropriées.

9.3.2 Echauffements

9.3.2.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être enregistrée durant le dernier quart d'heure de la période d'essai au moyen d'au moins deux capteurs de température, par exemple thermomètres ou couples thermoélectriques, disposés régulièrement autour du matériel à environ la moitié de sa hauteur et à environ 1 m du matériel. Les capteurs de température doivent être protégés contre les courants d'air, les radiations de chaleur et les erreurs d'indication dues à des variations brusques de température.

Au cours des essais, la température de l'air ambiant doit être comprise entre +10 °C et +40 °C et ne doit pas varier de plus de 10 K.

Toutefois, si cette variation dépasse 3 K, il convient d'appliquer à la température mesurée des organes un facteur de correction approprié fonction de la constante thermique du matériel.

9.3.2.2 Mesure de la température des organes

Pour les organes autres que les bobines, la température des différents organes doit être mesurée au moyen de capteurs de température appropriés, aux points les plus susceptibles d'atteindre la température maximale; ces points peuvent être déterminés au cours d'un essai préliminaire effectué avec un courant inférieur à celui de l'essai proprement dit. Ces points doivent être mentionnés dans le rapport d'essai.

Les capteurs de température ne doivent pas influencer l'échauffement de façon notable.

9.3 Verification of performance requirements

9.3.1 Operating limits

Verification of operating limits shall be made in type and routine tests.

Type tests shall be carried out, at both the lowest ambient temperature to which the apparatus can be subjected in service (or at which its correct operation is to be achieved) and at the highest temperature it can attain.

Large items, for example transformers, motors, cubicles, etc. shall only be subject to climatic tests by agreement between the manufacturer and the user.

The tests consist in checking 20 times in succession, for each combination, that after stabilization of its temperature, the apparatus will operate correctly within the limits of supply voltage and air pressure specified in 8.2.1.

A check shall also be made that the operation of the equipment is still satisfactory when carried out under the most unfavourable combination of voltage, air pressure and temperature obtainable within the limits specified in 8.2.1. In the case of equipment which operates at different frequencies, the test frequency shall be specified.

NOTE – In the case of electro-magnetic or electro-pneumatic apparatus, operation when hot at a voltage is considered to be satisfactory if the apparatus when cold operates normally when it is supplied with the current equal to that which would flow through the apparatus after 1 h of operation at the same voltage.

This method is not, however, applicable to apparatus used for preparing the vehicle for service (electro-pneumatic valve for pantographs, machine starting contactors, etc.) since this apparatus must in general meet special requirements.

Routine tests consist of verifying at ambient temperature the capability of the equipment to operate correctly at the rated supply voltage and air pressure specified in 8.2.1 or at more appropriate values.

9.3.2 Temperature-rise

9.3.2.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be recorded during the last quarter of the test period by at least two temperature sensing means, for example thermometers or thermocouples, equally distributed around the equipment at about half its height and at a distance of about 1 m from the equipment. The temperature sensing means shall be protected against air currents, heat radiation and indicating errors due to rapid temperature changes.

During the tests, the ambient air temperature shall be between +10 °C and +40 °C and shall not vary by more than 10 K.

However, if the variation of the ambient air temperature exceeds 3 K, an appropriate correction factor should be applied to the measured temperature of the parts, depending on the thermal time-constant, of the equipment.

9.3.2.2 Measurement of the temperature of parts

For parts other than coils, the temperature of the different parts shall be measured by suitable temperature sensing means at those points most likely to attain the maximum temperature; these points may be determined during a previous test with a current lower than the test current. They shall be stated in the report.

The temperature sensing means shall not significantly affect the temperature-rise.

Une bonne conductivité thermique doit être assurée entre les capteurs de température et la surface de l'organe en essai.

Pour les bobines des électro-aimants, la méthode de mesure de la température par variation de résistance doit généralement être employée. L'emploi d'autres méthodes n'est admis que s'il est pratiquement impossible d'utiliser la méthode par variation de résistance.

La température des bobines avant le début de l'essai ne doit pas différer de plus de 3 K de celle du milieu environnant.

Pour les conducteurs en cuivre, la valeur de la température à chaud T_2 peut être déduite de celle de la température à froid T_1 au moyen de la formule suivante, en fonction du rapport de la résistance à chaud R_2 à la résistance à froid R_1 :

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (T_1 + 234,5) - 234,5$$

où T_1 et T_2 sont exprimés en degrés Celsius.

L'essai doit être effectué pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi, mais n'excédant pas 8 h. Un régime est supposé être établi lorsque la variation n'excède pas 1 K par heure.

9.3.2.3 Echauffement d'un organe

L'échauffement d'un organe est la différence entre la température de cet organe, mesurée conformément à 9.3.2.2, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément à 9.3.2.1.

9.3.2.4 Echauffement du circuit principal

Le matériel doit être monté comme spécifié en 9.1.6 et doit être protégé contre des échauffements ou des refroidissements anormaux venant de l'extérieur.

Le matériel muni d'une enveloppe intégrée et le matériel destiné à fonctionner avec une enveloppe d'un type spécifié doivent être essayés dans leur enveloppe pour l'essai au courant assigné d'emploi. Il ne doit exister aucune ouverture donnant une ventilation n'existant pas en service.

Pour les essais en courant polyphasé, le courant doit être équilibré dans chaque phase à $\pm 5\%$ et la moyenne de ces courants ne doit pas être inférieure au courant d'essai approprié.

Sauf spécification contraire de la norme de produit correspondante, l'essai d'échauffement du circuit principal est effectué au courant assigné d'emploi et sous toute tension appropriée. Il peut être nécessaire de prendre en compte l'influence des harmoniques du courant lors de la mesure de l'échauffement.

Lorsque les échanges thermiques entre le circuit principal, le circuit de commande et les circuits auxiliaires peuvent être notables, les essais d'échauffement précisés en 9.3.2.5 à 9.3.2.7 doivent être effectués simultanément, dans la mesure où le permet la norme de produit correspondante.

Le matériel prévu pour le courant continu peut être essayé en courant alternatif s'il en résulte une plus grande facilité d'essai, mais seulement après accord du fabricant.

A la fin de l'essai, l'échauffement du circuit principal ne doit pas excéder les valeurs figurant en 8.2.2.3, sauf spécification contraire de la norme de produit correspondante.

Good thermal conductivity between the temperature sensing means and the surface of the part under test shall be ensured.

For electromagnet coils, the method of measuring the temperature by variation of resistance shall generally be used. Other methods are permitted only if it is impracticable to use the resistance method.

The temperature of the coils before beginning the test shall not differ from that of the surrounding medium by more than 3 K.

For copper conductors, the value of the hot temperature T_2 may be obtained from the value of the cold temperature T_1 as a function of the ratio of the hot resistance R_2 to the cold resistance R_1 by the following formula:

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (T_1 + 234,5) - 234,5$$

where T_1 and T_2 are expressed in degrees Celsius.

The test shall be made for a time sufficient for the temperature-rise to reach a steady-state value but not exceeding 8 h. It is assumed that a steady state is reached when the variation does not exceed 1 K per hour.

9.3.2.3 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of the part measured in accordance with 9.3.2.2 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.3.2.1.

9.3.2.4 Temperature-rise of the main circuit

The equipment shall be mounted as specified in 9.1.6 and shall be protected against abnormal external heating or cooling.

Equipment having an integral enclosure and equipment only intended for use with a specified type of enclosure shall be tested in their enclosures for the rated operational current. No opening giving false ventilation shall be allowed.

For tests with multiphase currents, the current shall be balanced in each phase within $\pm 5\%$, and the average of these currents shall be not less than the appropriate test current.

Unless otherwise specified in the relevant product standard, the temperature-rise test of the main circuit is made at the rated operational current and may be made at any convenient voltage. It may be necessary to take into account the influence of harmonic content in the current waveform when determining temperature-rise.

When the heat exchange between the main circuit, the control circuit and the auxiliary circuits may be of significance, the temperature-rise tests stated also in 9.3.2.5 to 9.3.2.7 shall be made simultaneously, in so far as this is allowed by the relevant product standard.

Tests on d.c. rated equipment may be made with an a.c. supply for convenience of testing but only with the consent of the manufacturer.

At the end of the test, the temperature rise of the different parts of the main circuit shall not exceed the values given in 8.2.2.3 unless otherwise specified in the relevant product standard.

Selon la valeur du courant assigné d'emploi, une des dispositions suivantes doit être utilisée pour les connexions d'essai:

a) pour les valeurs d'essai inférieures ou égales à 400 A

les raccordements doivent être à l'air libre et constitués de câbles unipolaires en cuivre dont la section est telle que le courant d'essai soit égal à 0,5 fois le courant assigné d'emploi du câble correspondant à la classe de température de son isolant;

b) pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 400 A

les raccordements doivent être soit deux câbles en parallèle utilisés comme ci-dessus ou une barre de cuivre équivalente spécifiée par le fabricant.

Les détails de l'essai, tels que le type d'alimentation, le nombre de phases et la fréquence (le cas échéant), les sections des raccordements d'essai, etc., doivent être consignés dans le rapport d'essai.

9.3.2.5 Echauffement des circuits de commande

Les essais d'échauffement des circuits de commande doivent être effectués au courant spécifié et, s'il s'agit de courant alternatif, à la fréquence assignée. Les circuits de commande doivent être essayés à leur tension assignée.

Les circuits prévus pour un fonctionnement continu doivent être essayés pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

Les circuits prévus pour un fonctionnement intermittent doivent être essayés comme le prescrit la norme de produit correspondante.

A la fin des essais, l'échauffement des différentes parties des circuits de commande ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.4, sauf spécification contraire de la norme de produit correspondante.

9.3.2.6 Echauffement des bobines des électro-aimants

Les bobines et les électro-aimants doivent être essayés dans les conditions prévues en 8.2.2.5.

Ils doivent être essayés pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

La température doit être mesurée lorsque l'équilibre thermique est atteint, aussi bien dans le circuit principal que dans la bobine de l'électro-aimant.

Les bobines et les électro-aimants prévus pour un service intermittent doivent être essayés comme le précise la norme de produit correspondante.

A la fin de ces essais, l'échauffement des différentes parties ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.5.

9.3.2.7 Echauffement des circuits auxiliaires

Les essais d'échauffement des circuits auxiliaires doivent être effectués dans les mêmes conditions que celles prévues en 9.3.2.4, mais peuvent être effectués sous toute tension convenable.

A la fin de ces essais, l'échauffement des circuits auxiliaires ne doit pas excéder les valeurs spécifiées en 8.2.2.5.

Depending on the value of the rated operational current, one of the following test connection arrangements shall be used:

- a) for values of test current up to and including 400 A
the connections shall be in free air and by single-core copper cables with cross-sections such that the test current is equal to 0,5 times the rated operational current for the cable according to its insulation temperature index;
- b) for values of test current higher than 400 A
the connection shall be either two parallel cables with the above requirements, or a single equivalent bare copper conductor specified by the manufacturer.

Details of the test, such as type of supply, number of phases and frequency (where applicable), cross-sections of test connections, etc., shall form part of the test report.

9.3.2.5 Temperature-rise of control circuits

The temperature-rise tests of control circuits shall be made with the specified current and, in the case of a.c., at the rated frequency. Control circuits shall be tested at their rated voltage.

Circuits intended for continuous operation shall be tested for a sufficient time for the temperature-rise to reach a steady-state value.

Circuits for intermittent duty shall be tested as prescribed in the relevant product standard.

At the end of these tests, the temperature-rise of the different parts of the control circuits shall not exceed the values specified in 8.2.2.4 unless otherwise specified in the relevant product standard.

9.3.2.6 Temperature-rise of coils of electromagnets

Coils and electromagnets shall be tested according to the conditions given in 8.2.2.5.

They shall be tested for a sufficient time for the temperature-rise to reach a steady-state value.

The temperature shall be measured when thermal equilibrium is reached in both the main circuit and the coil of the electromagnet.

Coils and electromagnets of equipment intended for intermittent duty shall be tested as prescribed in the relevant product standard.

At the end of these tests, the temperature-rise of the different parts shall not exceed the values specified in 8.2.2.5.

9.3.2.7 Temperature rise of auxiliary circuits

The temperature-rise tests of auxiliary circuits shall be made under the same conditions as those specified in 9.3.2.4 but may be carried out at any convenient voltage.

At the end of these tests, the temperature-rise of the auxiliary circuits shall not exceed the values specified in 8.2.2.5.

9.3.3 Propriétés diélectriques

9.3.3.1 Conditions générales

Les prescriptions d'essai spécifiées en 9.3.3.2 et 9.3.3.3 s'appliquent aux matériels pour lesquels le fabricant a déclaré une valeur de tension assignée de tenue au choc selon 8.2.6.

Pour les équipements pour lesquels cette valeur n'a pas été déclarée, les prescriptions d'essai de la norme d'essai correspondante doivent être appliquées.

Le matériel à essayer doit être monté sur une embase métallique et toutes les masses (châssis, etc.) reliées à la structure du véhicule en service normal doivent être raccordées à l'embase métallique.

Les organes de commande manuelle en matériau isolant et les organes extérieurs non métalliques intégrés, qui peuvent être touchés en service normal, doivent être revêtus d'une feuille métallique reliée au bâti ou à l'embase métallique. La feuille doit être appliquée sur toutes les surfaces là où celles-ci peuvent être touchées par le doigt d'épreuve normalisé.

Cependant, il n'est pas nécessaire de couvrir ces organes d'une feuille métallique s'ils sont séparés des parties actives par des organes métalliques reliés en service normal à la structure métallique ou s'ils sont à double isolement ou si le défaut d'isolement n'entraîne aucun risque électrique supérieur à 120 V en courant continu ou à 50 V en courant alternatif.

Pendant les essais, il peut être nécessaire de déconnecter ou court-circuiter certaines parties du matériel pour ne pas les soumettre à la contrainte électrique. Un accord doit intervenir à ce sujet entre l'utilisateur et le fabricant.

9.3.3.2 Essais de type

9.3.3.2.1 Vérification des distances d'isolement et de l'isolation solide associée

Les distances d'isolement doivent être vérifiées par une mesure suivant la méthode décrite à l'annexe A. Cependant, si cette méthode semble inappropriée pour un matériel complexe, un essai électrique selon 9.3.3.2.2 et 9.3.3.2.3 peut être effectué. Si des distances d'isolement inférieures à celles données par les tableaux 4 et 5 sont utilisées pour l'isolation fonctionnelle ou si le matériel a une tension assignée de tenue au choc supérieure ou égale à 30 kV, un essai à l'onde de choc est obligatoire. La valeur d'essai doit être la tension assignée de tenue au choc.

NOTE – Les essais de décharges partielles n'ont pas été introduits, ceux-ci étant encore à l'étude.

9.3.3.2.2 Tension d'essai

Trois types d'essais peuvent être employés pour démontrer la conformité.

a) Vérification des distances d'isolement par un essai à l'onde de choc

La tension d'essai de choc 1,2/50 μ s doit être égale à la valeur de la tension assignée de tenue au choc et doit être appliquée trois fois dans chacune des polarités à des intervalles de 1 s minimum.

L'essai est satisfaisant si la tension d'essai ne s'effondre pas.

NOTE – L'essai de tenue au choc des matériels de tension nominale de 15 kV, 25 kV ou 50 kV doit être effectué conformément à la CEI 60056.

b) Vérification des distances d'isolement par essai diélectrique à fréquence industrielle

La tension d'essai doit être égale à la valeur U_{ac} donnée dans le tableau 7 équivalente à la tension assignée de tenue au choc.

La fréquence de la tension d'essai est de 50 Hz $\pm$ 10 % or 60 Hz $\pm$ 10 %.

La valeur de la tension d'essai doit être atteinte en 5 s et maintenue 5 s.

9.3.3 Dielectric properties

9.3.3.1 General conditions

The test requirements specified in 9.3.3.2 and 9.3.3.3 apply to equipment for which the manufacturer has declared a value for the rated impulse withstand voltage derived in accordance with 8.2.6.

For equipment for which this value has not been declared, the test requirements of the relevant product standard shall apply.

The equipment to be tested shall be mounted on a metal plate and all exposed conductive parts (frame, etc.) which are connected to the vehicle structure in normal service shall be connected to the metal plate.

Manual actuators of insulating material and integral non-metallic external parts which may be touched during normal operation shall be covered by a metal foil connected to the frame of the mounting plate. The foil shall be applied to all surfaces where these can be touched with the standard test finger.

However, it is not necessary to cover these parts by a metal foil if they are separated from live parts by conductive parts which are connected to the vehicle structure in normal service or if they are double insulated devices or if insulation failure cannot cause any electrical risks higher than 120 V d.c. or 50 V a.c.

During the tests, it may be necessary to disconnect or to short-circuit some parts of the equipment from the electrical stress. This shall be agreed between the user and the manufacturer.

9.3.3.2 Type tests

9.3.3.2.1 Verification of clearance and associated solid insulation

Clearances shall be verified by measurement according to the method described in annex A. However, if this method seems inappropriate for a complex equipment, an electrical test according to 9.3.3.2.2 and 9.3.3.2.3 may be used. When clearances of less than those given by tables 4 and 5 are used for functional insulation or when equipment has a rated impulse withstand voltage greater or equal to 30 kV, an impulse test is mandatory. The test value shall be the rated impulse withstand voltage.

NOTE – Partial discharge test methods have not been included as they are still under consideration.

9.3.3.2.2 Test voltage

There are three tests that can be used to demonstrate compliance.

a) Verification of clearances by impulse test

The 1,2/50 μ s impulse test voltage shall be equal to the value of the rated impulse withstand voltage and shall be applied three times for each polarity at intervals of 1 s minimum.

The test is successful if the test voltage does not collapse.

NOTE – For impulse tests associated with nominal voltage equipment of 15 kV, 25 kV or 50 kV, the test method shall be in accordance with IEC 60056.

b) Verification of clearances by power-frequency test

The test voltage shall be equal to the value U_{ac} given in table 7 equivalent to the rated impulse withstand voltage.

The test frequency is 50 Hz $\pm$ 10 % or 60 Hz $\pm$ 10 %.

The test value shall be reached in 5 s and be maintained for 5 s.

L'essai est satisfaisant s'il n'y a pas de courant de fuite et si la tension d'essai ne s'effondre pas.

c) Vérification des distances d'isolement par essai diélectrique à tension continue

La tension d'essai doit être égale à la tension U_{dc} donnée dans le tableau 7 équivalente à la tension assignée de tenue au choc.

La valeur de la tension d'essai doit être atteinte en 5 s et maintenue 5 s.

Le taux d'ondulation ne doit pas être supérieur à celui donné par un pont redresseur triphasé (4,2 %).

L'essai est satisfaisant s'il n'y a pas de courant de fuite et si la tension d'essai ne s'effondre pas.

L'essai à l'onde de choc est utilisé préférentiellement excepté lorsque la distance d'isolement est pontée par une capacité où l'essai à tension continue est alors préférable.

Toutefois, l'onde de choc à laquelle est soumis le matériel comprenant une protection contre les surtensions doit être telle que cette protection ne soit pas surchargée en énergie.

Des dispositions doivent être prises pour éviter toute détérioration pendant les essais, particulièrement pour le matériel électronique.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire pendant les essais à l'exception de celles provoquées par exemple par le fonctionnement de la protection contre les surtensions.

9.3.3.2.3 Application de la tension d'essai

Le matériel étant monté sur l'embase métallique et préparé comme spécifié en 9.3.3.1, la tension d'essai doit être appliquée comme suit:

- a) entre toutes les bornes du circuit principal reliées entre elles (y compris les circuits de commande et auxiliaires reliés au circuit principal) et le bâti ou le montage d'essai, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- b) entre chaque pôle du circuit principal et les autres pôles reliés entre eux et au bâti ou au montage d'essai, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- c) entre chaque circuit de commande et auxiliaire non relié au circuit principal en service normal et
 - le circuit principal,
 - les autres circuits de commande et auxiliaires,
 - les parties conductrices accessibles,
 - le bâti ou le montage d'essai,
 qui, dans les cas appropriés, peuvent être reliés entre eux;
- d) pour les matériels aptes au sectionnement, à travers les pôles du circuit principal, les sorties amont étant reliées entre elles et les bornes aval étant reliées entre elles.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes amont et aval du matériel, les contacts étant en position d'ouverture.

9.3.3.2.4 Vérification des lignes de fuite

Les lignes de fuite les plus courtes entre phases, conducteurs de circuits à des tensions différentes et masses doivent être mesurées. La ligne de fuite mesurée doit satisfaire aux prescriptions de 8.2.6 compte tenu du groupe de matériau et du degré de pollution.

La méthode de mesure des lignes de fuite est donnée à l'annexe A.

NOTE – D'autres essais en atmosphère polluée (pluie, brouillard salin, neige) peuvent être demandés par la norme de produit correspondante.

The test is successful if excess leakage current does not flow and the test voltage does not collapse.

c) Verification of clearances by d.c. voltage test

The test voltage shall be equal to the value U_{dc} given in table 7 equivalent to the rated impulse withstand voltage.

The test value shall be reached in 5 s and be maintained for 5 s.

The ripple factor shall not exceed that one given by a three phase bridge (4,2 %).

The test is successful if excess leakage current does not flow and the test voltage does not collapse.

The preferred electric test is an impulse voltage test except when clearances are bridged by capacitances when the d.c. voltage test is preferred.

However equipment incorporating overvoltage protection shall be tested with an impulse voltage such that the energy rating of the overvoltage protection shall not be exceeded.

Provisions may be necessary to avoid damage during the test, especially for electronic equipment.

There shall be no unintentional disruptive discharge during the tests. An exception is an intentional disruptive discharge, for example by transient overvoltage protection.

9.3.3.2.3 Application of test voltage

The test voltage shall be applied as follows with the equipment mounted on a metal plate and prepared as specified in 9.3.3.1:

- a) between all the terminals of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the frame or mounting plate, with the contacts in all normal positions of operation;
- b) between each pole of the main circuit and the other poles connected together and to the frame or mounting plate, with the contacts in all normal positions of operation;
- c) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and
 - the main circuit,
 - the other control and auxiliary circuits,
 - the exposed conductive parts,
 - the frame or mounting plate,
 which, wherever appropriate, may be connected together;
- d) for equipment suitable for isolation, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together.

The test voltage shall be applied between the line and load terminals of the equipment with the contacts in the open position.

9.3.3.2.4 Verification of creepage distances

The shortest creepage distances between phases, between circuit conductors at different voltages and live and exposed conductive parts shall be measured. The measured creepage distance with respect to material group and pollution degree shall comply with the requirements of 8.2.6.

The method of measuring creepages is given in annex A.

NOTE – Other tests, under polluted atmosphere (rain, salt moisture, snow) may be specified by the relevant product standard.

9.3.3.3 Essais de série

9.3.3.3.1 Conditions générales

Les essais doivent être effectués à la tension assignée de tenue à fréquence industrielle sur chaque matériel pris individuellement. Dans certains cas après accord entre l'utilisateur et le fabricant, ils peuvent être effectués également sur des appareils montés en sous-ensembles. Pour les essais des matériels montés sur véhicule se référer à la CEI 61133.

La tension d'essai de fréquence 50 Hz ou 60 Hz doit être de forme sensiblement sinusoïdale.

Les méthodes d'essai et les valeurs efficaces des tensions d'essai sont définies ci-après. La tension d'essai est appliquée en 10 s, puis maintenue à la valeur prescrite pendant $60 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$, et doit être réduite progressivement jusqu'à zéro.

Après accord entre l'utilisateur et le fabricant une tension continue peut être utilisée, dans ce cas la tension d'essai est égale à la tension crête de la tension alternative spécifiée.

NOTE – Dans les formules donnant les tensions d'essai, U_i représente la tension assignée d'isolement du matériel soumis à l'épreuve (voir 5.1 et annexe B).

Ces essais peuvent également être prescrits dans une séquence d'essais de type pour vérifier après une épreuve qu'un matériel n'a pas été endommagé.

Tableau 7 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement

Distances d'isolement mm	U_{imp} kV	U_{ac} kV	U_{dc} kV
0,01	0,33	0,23	0,33
0,04	0,52	0,37	0,52
0,1	0,81	0,5	0,7
0,5	1,55	0,84	1,19
1,5	2,56	1,39	1,97
2,0	3,1	1,69	2,39
2,5	3,6	1,96	2,77
3,0	4,06	2,21	3,13
3,5	4,51	2,45	3,47
4,0	4,93	2,68	3,79
5,5	6,09	3,32	4,69
8,0	7,82	4,26	6,02
11,0	9,95	5,4	7,63
14,0	12,2	6,61	9,35
18,0	15,1	8,17	11,6
22,0	17,8	9,68	13,7
25,0	19,9	10,8	15,3
32,0	24,5	13,3	18,8
40,0	29,5	16,0	22,7
60,0	41,6	22,6	31,9
90,0	58,5	31,7	44,9
120	74,6	40,5	57,2
160	95	51,5	72,9
260	143	77,6	110
310	166	90	127
370	193	104	148
480	240	130	184
600	289	157	222

NOTE – L'interpolation linéaire entre deux valeurs consécutives est admise.

9.3.3.3 Routine tests

9.3.3.3.1 General conditions

The tests shall be carried out with the rated power frequency withstand voltage on every single piece of equipment. In certain cases to be agreed between the user and the manufacturer, they may also be carried out on equipment connected in groups. For details of tests of equipment when mounted on the vehicle, refer to IEC 61133.

The test voltage at a frequency of 50 Hz or 60 Hz shall be of approximately sinusoidal form.

The method of test and the r.m.s. values of the test voltage are defined below. The test voltage is applied progressively in 10 s, maintained at the prescribed value during $60 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$, and then decreased progressively to zero.

After agreement between the user and the manufacturer, d.c. voltage may be used, the value of the test voltage is then equal to the peak value of a.c. voltage required.

NOTE – In all formulas giving test voltages, U_i represents the rated insulation voltage (see 5.1 and annex B) of the apparatus subject to the test.

These tests may also be required in a type test sequence to verify that an equipment has no damage after the proof.

Table 7 – Test voltages for verification of clearances

Clearances mm	U_{imp} kV	U_{ac} kV	U_{dc} kV
0,01	0,33	0,23	0,33
0,04	0,52	0,37	0,52
0,1	0,81	0,5	0,7
0,5	1,55	0,84	1,19
1,5	2,56	1,39	1,97
2,0	3,1	1,69	2,39
2,5	3,6	1,96	2,77
3,0	4,06	2,21	3,13
3,5	4,51	2,45	3,47
4,0	4,93	2,68	3,79
5,5	6,09	3,32	4,69
8,0	7,82	4,26	6,02
11,0	9,95	5,4	7,63
14,0	12,2	6,61	9,35
18,0	15,1	8,17	11,6
22,0	17,8	9,68	13,7
25,0	19,9	10,8	15,3
32,0	24,5	13,3	18,8
40,0	29,5	16,0	22,7
60,0	41,6	22,6	31,9
90,0	58,5	31,7	44,9
120	74,6	40,5	57,2
160	95	51,5	72,9
260	143	77,6	110
310	166	90	127
370	193	104	148
480	240	130	184
600	289	157	222

NOTE – Linear interpolation between adjacent values is admissible.

9.3.3.3.2 Tension d'essai

L'essai sur chaque appareil pris individuellement doit être effectué conformément aux prescriptions suivantes:

- dans le tableau 8 pour les tensions assignées d'isolement alternatives et continues inférieures ou égales à 10 000 V;
- dans le tableau 9 pour les matériels reliés à la ligne de contact alternative, par application de la tension d'essai:
 - entre le circuit principal ou les contacts en position fermée et les autres circuits y compris la masse,
 - et entre les contacts ouverts.

NOTE – Les parties isolantes anciennes qui peuvent ou pourraient subir un essai diélectrique après remise à neuf ou réparation ne doivent pas être essayées à une tension supérieure à 1,5 fois la tension assignée d'isolement.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60077-1:1999

9.3.3.3.2 Test voltage

Tests on single pieces of equipment shall be carried out in accordance with the following requirements:

- in table 8 for a.c. and d.c. rated insulation voltages of no more than 10 000 V;
- in table 9 for equipment connected to the a.c. contact line; by the application of the test voltage:
 - between the main circuit or contacts in the closed position and other circuits including earth;
 - and between contacts in the open position.

NOTE – Aged insulation parts which may be dielectrically tested after refurbishment or repair are not to be tested at more than 1,5 times the rated insulation voltage.

Tableau 8 – Essais diélectriques des appareils individuels

Cas considérés	Tension assignée de tenue à fréquence industrielle U_{50} pour une tension assignée d'isolement U_i					
	Inférieure ou égale à 36 (4)	De 36 à 60	De 60 à 300	De 300 à 660	De 660 à 1200	De 1 200 à 10 000
Pour tous les appareils pris séparément, l'essai diélectrique doit être effectué entre chaque circuit d'une tension donnée et les autres y compris la masse.	750	1 000	1 500	2 500	$2 U_i + 1 500$	$2 U_i + 2 000$
Pour tous les appareils* pris séparément devant interrompre un circuit, la tension d'essai diélectrique doit être appliquée entre l'entrée et la sortie de l'appareil – contacts ouverts et cheminées en place. * Un appareil peut en comprendre plusieurs si cela est nécessaire pour assurer la coupure.	750	1 000	1 500	$1,6 U_i + 1 500$		
Pour tous les appareils de coupure montés en dérivation sur une résistance, la tension d'essai doit toutefois être limitée à 0,75 fois la valeur prescrite, la résistance étant déconnectée.	750	1 000	$2 U_i + 1 000$ avec un minimum de 1 500			
Pour tous les appareils pris isolément, ou parties reliées électriquement aux circuits de commande et aux autres circuits qui ne sont pas reliés au circuit de puissance, la tension d'essai diélectrique doit être appliquée entre ces parties et la masse.	750	1 000	1 500	2 500	$2 U_i + 1 500$ $1,6 U_i + 500$	$2 U_i + 2 000$ $1,6 U_i + 1 000$
Pour tous les appareils comportant un double isolement, la tension d'essai diélectrique doit être appliquée – entre le châssis isolé et la masse; – entre circuit et châssis isolé de la masse.						
NOTE – Dans le cas où l'isolement principal est réalisé entre circuit et bâti isolé de la masse, les tensions d'essai sont à inverser.						
NOTE 1 – La valeur de la tension d'essai diélectrique des équipements électroniques de tension assignée d'isolement U_i inférieure à 36 V est réduite à 500 V.						

Table 8 – Dielectric tests on single pieces of equipment

[illegible]

NOTE 1 – For electronic equipment having a rated insulation voltage U_i of less than 36 V, the dielectric test voltage is reduced to 500 V.

Tableau 9 – Essais diélectriques des appareils reliés à la ligne de contact alternative

Tension efficace nominale de la ligne de contact alternative kV	Tension assignée de tenue à fréquence industrielle – valeur efficace kV
6,25	20
15	38
25	75
50	130

9.3.3.3 Application aux groupes d'appareils avant ou après montage sur véhicule

Un essai diélectrique doit être effectué sur les groupes d'appareils même s'ils ont déjà été soumis individuellement à un essai. L'essai doit être fait à la tension égale à 0,85 fois la tension d'essai prescrite par la tension assignée d'isolement du circuit conformément au tableau 8 ou au tableau 9.

Cependant, lorsque le circuit comporte un point milieu relié à la masse de façon permanente, U_i doit être considérée comme étant égale à la moitié de la valeur de la tension assignée d'isolement qui serait considérée en l'absence de point milieu.

Les composants qui peuvent être endommagés durant l'essai ou qui peuvent constituer une charge pour la tension d'essai doivent être débranchés.

9.3.4 Aptitude au fonctionnement en service

9.3.4.1 Généralités

Les essais doivent être effectués pour vérifier la conformité aux prescriptions de 8.2.8. Les conditions détaillées de l'essai doivent être précisées dans la norme de produit correspondante.

9.3.4.2 Essais d'étanchéité des équipements pneumatiques

Les essais consistent à vérifier que la fuite de chaque matériel pneumatique, cylindre ou électrovalve, n'entraîne pas après la durée de l'essai T , une réduction de plus de 1 % par minute de la pression d'air du réservoir V auquel le matériel a été raccordé.

La pression d'air du réservoir au début de l'essai doit être égale à la pression assignée P du matériel en essai.

L'enroulement froid doit être alimenté avec un courant égal à celui obtenu lorsque l'enroulement est alimenté en permanence à la tension assignée.

L'essai doit être répété pour chacun des états du matériel alimenté ou non, le cas échéant.

L'essai est effectué sur un appareil unique (cylindre ou électrovalve) en essai de type, et peut être effectué globalement sur 10 appareils identiques au plus en essai de série.

Pour les matériels ayant plusieurs cylindres ou électrovalves qui ne peuvent pas être essayés séparément, il est admis de contrôler que la fuite totale n'est pas supérieure à la somme des fuites permises pour chacun des éléments.

Table 9 – Dielectric tests for equipment connected to a.c. contact line

Nominal voltage of contact supply line a.c. r.m.s. kV	Rated power frequency withstand voltage r.m.s. kV
6,25	20
15	38
25	75
50	130

9.3.3.3.3 Application to groups of equipment before or after mounting

A dielectric test shall be carried out on groups of equipment even if their components have already been tested individually. The test shall be made at a voltage equal to 0.85 times the test voltage required by the rated insulation voltage of the circuit according to table 8 or table 9.

However, where the circuit contains a mid-point permanently connected to earth, U_i shall be taken to be one-half of the rated insulation voltage which would be taken in the absence of a mid-point connection.

Components which may be damaged during the test, or which can constitute a load for the test voltage, shall be disconnected.

9.3.4 Operational performance capability**9.3.4.1 General**

Tests shall be made to verify compliance with the requirements of 8.2.8. Detailed test conditions shall be given in the relevant product standard.

9.3.4.2 Air-tightness tests for pneumatic equipment

Tests shall be made to verify that the leakage of each unit of the pneumatic equipment, cylinder or magnet-valve, does not cause, after the test duration T , a reduction of more than 1 % per minute of the air pressure of the vessel V to which this unit has been connected.

The air pressure of the vessel at the beginning of the test shall be equal to the rated air pressure P of the unit to be tested.

The cold winding shall be supplied with a current equal to the steady-state current obtained when the winding is supplied at the rated voltage.

The test shall be repeated for every different state of the equipment whether energized or not, if applicable.

The test shall be carried out on a single specimen (air cylinder or magnet-valve) for the type test and may be carried out on no more than 10 identical specimens for the routine test.

For equipment having several air cylinders or magnet-valves which cannot be tested separately, it is sufficient to check that the total leakage is not greater than the sum of the leakages allowable for each unit.

La durée de l'épreuve T est déterminée à partir des différents paramètres ainsi:

$$T = \frac{dP}{P} \frac{100 V}{(m + 0,5 n)}$$

où

m est le nombre d'électrovalves essayées;

n est le nombre de cylindres, soumis à la pression pendant l'épreuve;

T est la durée de l'épreuve, exprimée en minutes, qui ne doit pas être inférieure à 1 min;

V est le volume total, exprimé en décimètres cubes, du circuit pneumatique sous pression comprenant le réservoir et les cylindres le cas échéant, augmenté du volume de la tuyauterie s'il est conséquent. Le volume total doit être jusqu'à cinq fois celui du circuit pneumatique du matériel essayé;

P est la pression assignée exprimée en MPa (1 MPa = 10 bar);

dP est la variation de la pression du réservoir mesurée à l'issue de la durée de l'épreuve, exprimée en MPa. Cette variation ne doit pas être supérieure à 0,1 P , mais doit être suffisante pour pouvoir être évaluée sur l'appareil de mesure.

NOTE – Le choix du réservoir est tel que son volume satisfasse les conditions requises pour la variation de pression et de la durée de l'épreuve.

9.3.4.3 Essais d'étanchéité des équipements hydrauliques

9.3.4.3.1 Essais de type

Un essai d'endurance d'une durée de trois mois doit être effectué sur un équipement hydraulique complet fonctionnant suivant un cycle de charge défini par accord entre l'utilisateur et le fabricant, dans le but de vérifier qu'il ne se produit pas de fuite pouvant nuire au fonctionnement de l'équipement ou nécessitant de refaire le plein en fluide hydraulique.

La durée de l'essai peut être fixée à une autre valeur que trois mois par accord entre l'utilisateur et le fabricant.

9.3.4.3.2 Essais de série

9.3.4.3.2.1 Cylindres

Avec les pistons équipés de leurs garnitures, segments ou joints, il ne doit pas se produire de fuite appréciable lorsque la charge maximale est appliquée sur la tige de piston.

9.3.4.3.2.2 Valves et systèmes hydrauliques

Lorsqu'ils sont essayés au débit maximal et à la pression maximale assignés la fuite ne doit pas excéder, par minute, 0,35 % du débit maximal défini pour une pression de 100 bars.

9.3.4.4 Durabilité

9.3.4.4.1 Généralités

Les essais de durabilité sont des essais de type destinés à vérifier le nombre de cycles de manœuvres dont un matériel est capable sans réparation ni remplacement de pièces.

Les essais de durabilité donnent une indication sur la durée de vie prévisionnelle, lorsque les quantités produites le permettent.

The test duration T is determined with the different parameters as follows:

$$T = \frac{dP}{P} \frac{100 V}{(m + 0,5 n)}$$

where

m is the number of magnet-valves tested;

n is the number of air cylinders supplied during the test;

T is the test duration, expressed in minutes, which shall not be lower than 1 min;

V is the total volume, expressed in cubic decimeters, of the pneumatic circuit comprising the vessel and the air cylinders if any, increased by the pipes' volume if significant. The total volume shall be up to 5 times that of the pneumatic circuit of the equipment tested;

P is the rated air pressure expressed in MPa (1 MPa = 10 bar);

dP is the variation of the air pressure of the vessel at the end of the duration test, expressed in MPa. This variation shall not exceed 0,1 P , but shall be sufficient to be able to quantify it on the air pressure measuring device.

NOTE – The choice of the vessel is such that its volume satisfies the conditions for the variation of the air pressure and the test duration.

9.3.4.3 Leakage tests for hydraulic equipment

9.3.4.3.1 Type tests

An endurance test of three months' duration shall be made on a complete hydraulic equipment operating on a load cycle agreed between the user and the manufacturer to verify that no leaks exist which would either jeopardize the functioning of the equipment or necessitate replenishing the hydraulic fluid.

The duration of the test may be established for a period other than three months after agreement between the user and the manufacturer.

9.3.4.3.2 Routine tests

9.3.4.3.2.1 Cylinders

With the pistons fitted with packing, rings or gaskets there shall be no significant leakage from the cylinder with the maximum load applied externally to the piston rod.

9.3.4.3.2.2 Valves and hydraulic systems

When tested at maximum rated flow and maximum rated pressure, the leakage shall not exceed 0,35 % per minute of the maximum flow per 100 bars.

9.3.4.4 Durability

9.3.4.4.1 General

Durability tests are type tests intended to verify the number of operating cycles that equipment is likely to be capable of performing without repair or replacement of parts.

The durability tests form the basis of a statistical life estimate, where the manufactured quantities permit this.

9.3.4.4.2 Durabilité mécanique

Aucune tension ni intensité ne doit être appliquée au circuit principal pendant l'essai. Le graissage du matériel est permis avant l'essai s'il est prescrit en service normal.

Le circuit de commande doit être alimenté à la tension assignée et à la fréquence assignée, le cas échéant.

Les matériels pneumatiques et électropneumatiques doivent être alimentés à la pression assignée.

Les matériels à commande manuelle doivent fonctionner dans les conditions normales de service.

Le nombre de manœuvres ne doit pas être inférieur à celui prescrit dans la norme de produit.

Pour les matériels équipés de relais d'ouverture ou de déclencheurs (organes de déclenchement), le nombre total de manœuvres que doivent assurer de tels relais ou déclencheurs doit être prescrit par la norme de produit.

L'évaluation des résultats des essais doit être définie dans la norme de produit.

9.3.4.4.3 Durabilité électrique

Les conditions d'essai sont celles de 9.3.4.4.2 à l'exception de l'alimentation du circuit principal conformément aux prescriptions de la norme de produit.

L'évaluation des résultats des essais doit être définie dans la norme de produit.

9.3.4.5 Contrôle des réglages et fonctionnement des matériels de protection et des relais (étalonnage)

Ces contrôles sont des essais de série.

Normalement, de tels matériels doivent fonctionner à l'intérieur d'une tolérance de $\pm 5\%$ de la valeur maximale de leur plage de réglage.

9.3.5 Vibrations et chocs

Les essais de vibrations et de chocs doivent être effectués suivant la méthode appropriée de la CEI 61373.

9.3.6 Compatibilité électromagnétique

L'environnement ferroviaire comporte des champs électromagnétiques générés, par exemple, par des émetteurs radio, des téléphones mobiles. L'équipement électronique des véhicules ferroviaires doit présenter une immunité suffisante contre ces champs.

Le matériel roulant peut générer des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques. Ces émissions peuvent affecter des équipements électroniques sensibles tels que récepteurs radio, moniteurs vidéo, etc., situés à proximité immédiate de la voie.

La compatibilité entre les véhicules et l'équipement de signalisation doit être particulièrement examinée. Selon l'équipement de signalisation utilisé dans le cas considéré, les limites des émissions conduites et rayonnées par les véhicules doivent être considérées.

9.3.4.4.2 Mechanical durability

During the test, there shall be no voltage or current in the main circuit. The equipment may be lubricated before the test if lubrication is prescribed in normal service.

The control circuit shall be supplied at its rated voltage and, where applicable, at its rated frequency.

Pneumatic and electro-pneumatic equipments shall be supplied at the rated air pressure.

Manually operated equipment shall be operated as in normal service.

The number of operating cycles shall be not less than that prescribed by the relevant product standard.

For equipment fitted with operating relays or releases (tripping devices), the total number of operations to be performed by such relays or releases shall be stated in the relevant product standard.

Evaluation of test results shall be defined in the relevant product standard.

9.3.4.4.3 Electrical durability

The test conditions are those of 9.3.4.4.2 except that the main circuit is energized according to the requirements of the relevant product standard.

Evaluation of test results shall be defined in the relevant product standard.

9.3.4.5 Check on the setting and operation of protective equipment and relays (calibration)

These checks are routine tests.

Normally, all such equipment shall operate with a tolerance of $\pm 5\%$ of the maximum setting of their range.

9.3.5 Vibration and shock

Vibration and shock tests shall be carried out according to the relevant method of IEC 61373.

9.3.6 Electromagnetic compatibility

The railway environment includes electromagnetic fields caused, for example, by radio transmitters, mobile telephones. The electronic equipment of railway vehicles shall offer sufficient immunity against these fields.

The rolling stock may produce electric, magnetic and electromagnetic fields. These emissions can affect sensitive electronic apparatus, for example radio receivers, televisions, etc., in close proximity to the railway.

Compatibility between vehicles and signalling equipment shall be especially considered. Depending on the signalling equipment used in the individual case, limits of conducted and radiated emissions of the vehicles shall be taken into account.

9.3.7 Emission de bruit acoustique

Si elles sont prescrites, les mesures de bruit acoustique peuvent être effectuées pour vérifier la conformité aux limites fixées en 8.2.5, suivant l'accord entre l'utilisateur et le fabricant.

9.3.8 Essais climatiques

S'ils sont prescrits, une série d'essais destinés à prouver que les conditions d'environnement sont satisfaites peut être effectuée. Les méthodes appropriées de la CEI 60068 doivent être utilisées et peuvent comprendre:

- le froid CEI 60068-2-1
- la chaleur sèche CEI 60068-2-2
- la chaleur humide CEI 60068-2-3
- le brouillard salin CEI 60068-2-52

De plus, d'autres essais peuvent être demandés par le programme d'essai en fonction des conditions particulières d'environnement prescrites.

Pour chaque essai, les paramètres particuliers doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Un essai d'étanchéité doit être effectué, le cas échéant, pendant et après exposition à la chaleur sèche et au froid conformément à 9.3.4.2.

Un échantillon neuf doit être utilisé pour chaque essai. Cependant, le même échantillon peut subir plusieurs essais s'il est considéré comme neuf après remise à neuf.