

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electronic equipment used on rail vehicles

Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires

With IEC 60571:1998+AMD1:2006 CSV
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60571:1998+AMD1:2006 CSV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2006 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electronic equipment used on rail vehicles

Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CP

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	14
2 Conditions générales d'environnement en fonctionnement	18
2.1 Conditions normales de service	18
2.2 Conditions spéciales de service	20
3 Conditions générales électriques	20
3.1 Alimentation	20
3.2 Surtension d'alimentation	24
3.3 Installation	24
3.4 Transitoires et décharge électrostatique	26
3.5 Compatibilité électromagnétique	28
4 Fiabilité, maintenabilité et durée de vie	28
4.1 Fiabilité de l'équipement	28
4.2 Durée de vie	28
4.3 Maintenabilité	28
4.4 Niveaux de maintenance	30
4.5 Diagnostics intégrés	30
4.6 Equipement d'essai automatique	32
4.7 Autres méthodes de diagnostics de pannes	32
4.8 Equipements spécifiques pour essai et outillages spéciaux	32
5 Conception	32
5.1 Généralités	32
5.2 Règles détaillées – Matériel	34
5.3 Règles détaillées – Logiciel	38
5.4 Caractéristiques de l'équipement	42
6 Composants	44
6.1 Approvisionnement	44
6.2 Application	46
7 Construction	46
7.1 Construction des équipements	46
7.2 Montage des composants	48
7.3 Connexions électriques	50
7.4 Câblage interne souple (électrique ou optique)	50
7.5 Câblage imprimé souple	52
7.6 Cartes imprimées flexibles et rigides	52
7.7 Vernis de protection pour cartes imprimées équipées	54
7.8 Identification	54
7.9 Montage	56
7.10 Refroidissement et ventilation	56
7.11 Matériaux et produits de finition	56

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 General	11
1.1 Scope.....	11
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	15
2 Environmental service conditions of operation	19
2.1 Normal service conditions	19
2.2 Special service conditions	21
3 Electrical service conditions	21
3.1 Power supply	21
3.2 Supply overvoltages.....	25
3.3 Installation.....	25
3.4 Surges and electrostatic discharge	27
3.5 Electromagnetic compatibility.....	29
4 Reliability, maintainability and expected useful life.....	29
4.1 Equipment reliability.....	29
4.2 Useful life	29
4.3 Maintainability.....	29
4.4 Maintenance levels	31
4.5 Built-in diagnostics	31
4.6 Automatic test equipment	33
4.7 Alternative methods for fault diagnosis.....	33
4.8 Purpose-built test equipment and special tools.....	33
5 Design.....	33
5.1 General	33
5.2 Detailed practices – Hardware	35
5.3 Detailed practices – Software.....	39
5.4 Equipment features.....	43
6 Components.....	45
6.1 Procurement.....	45
6.2 Application.....	47
7 Construction	47
7.1 Equipment construction	47
7.2 Component mounting.....	49
7.3 Electrical connections	51
7.4 Internal flexible wiring (electrical and optical)	51
7.5 Flexible printed wiring.....	53
7.6 Printed boards – flexible and rigid	53
7.7 Protective coatings for printed board assemblies.....	55
7.8 Identification.....	55
7.9 Mounting	57
7.10 Cooling and ventilation.....	57
7.11 Materials and finishes	57

8	Sécurité.....	58
8.1	Généralités.....	58
8.2	Sécurité de fonctionnement.....	58
8.3	Sécurité du personnel.....	58
9	Documentation.....	58
9.1	Fourniture et archivage de la documentation.....	58
9.2	Documentation relative au matériel et au logiciel.....	58
9.3	Exigences sur la documentation.....	60
10	Essais.....	64
10.1	Catégories d'essais.....	64
10.2	Liste des essais.....	66
	Annexe A (informative) Liste des paragraphes dans lesquels un accord entre les parties (par exemple utilisateur et constructeur) est mentionné.....	92
	Figure 1 – Système d'interface avec les zones d'EMC typiques A, B et C.....	36
	Figure 2 – Surtension d'alimentation.....	76
	Figure 3 – Variante d'essai de surtension d'alimentation.....	78
	Figure 4 – Essai de transitoire par décharge de condensateur.....	80
	Tableau 1 – Température ambiante.....	18
	Tableau 2 – Liste des essais.....	66

8	Safety.....	59
8.1	General.....	59
8.2	Functional safety.....	59
8.3	Personnel safety.....	59
9	Documentation.....	59
9.1	Supply and storage of documentation.....	59
9.2	Hardware and software documentation.....	59
9.3	Documentation requirements.....	61
10	Testing.....	65
10.1	Categories of test.....	65
10.2	List of tests.....	67
Annex A (informative) List of subclauses in which agreement between the parties (e.g. user and manufacturer) is mentioned.....		93
Figure 1 – System interfacing with the typical EMC areas A, B and C.....		37
Figure 2 – Supply overvoltage.....		77
Figure 3 – Alternative test for supply overvoltage.....		79
Figure 4 – Capacitor discharge surge test.....		81
Table 1 – Ambient temperature.....		19
Table 2 – List of tests.....		67

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS SUR LES VÉHICULES FERROVIAIRES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 60571 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente version consolidée de la CEI 60571 comprend la deuxième édition (1998) [documents 9/425/FDIS et 9/463/RVD] et son amendement 1 (2006) [documents 9/917/FDIS et 9/933/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60571 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This consolidated version of IEC 60571 consists of the second edition (1998) [documents 9/425/FDIS and 9/463/RVD] and its amendment 1 (2006) [documents 9/917/FDIS and 9/933/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annex A is for information only.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60571:1998+AMD1:2006 CSV

Withdrawn

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60571:1998+A1:2006 CSV

Withdrawn

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS SUR LES VÉHICULES FERROVIAIRES

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique à tous les équipements électroniques de commande, de régulation, de protection, d'alimentation, etc., montés sur des véhicules ferroviaires et reliés:

- soit à la batterie d'accumulateurs du véhicule,
- soit à une source d'alimentation basse tension avec ou sans liaison galvanique avec la ligne de contact (transformateur, potentiomètre, alimentation auxiliaire) à l'exception des circuits électroniques de puissance conformes à la CEI 61287-1.

Cette norme couvre les conditions de fonctionnement, la conception, la construction mécanique et les essais des équipements électroniques ainsi que les exigences de base du matériel et du logiciel considérées comme nécessaires pour des équipements aptes à fonctionner et fiables.

Des exigences additionnelles contenues dans d'autres normes ou dans des documents particuliers peuvent compléter cette norme, si elles sont justifiées.

Les exigences spécifiques relatives aux pratiques nécessaires pour assurer des niveaux définis de sécurité fonctionnelle sont déterminées selon 4.6.3.1 et 4.6.3.2 de la CEI 62278 et son annexe A informative.

On ne doit envisager un logiciel d'intégrité de sécurité de niveau 1 ou supérieur que si l'on constate qu'il reste un risque de sécurité résiduel et qu'il doit être effectué par un système électronique programmé par un logiciel. Dans ce cas (par exemple logiciel d'intégrité de sécurité de niveau 1 ou supérieur), la CEI 62279 est applicable.

Pour les besoins de cette norme, un équipement électronique est défini comme un équipement composé principalement de composants semi-conducteurs et des composants reconnus qui y sont associés. Ces composants sont généralement montés sur carte à circuit imprimé.

NOTE Les capteurs (de courant, de tension, de vitesse, etc.) et les circuits imprimés d'allumage des équipements électroniques de puissance sont couverts par cette norme. Les allumeurs complets sont couverts par la CEI 61287-1.

1.2 Références normatives

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

CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai A: froid*

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

CEI 60068-2-30:1980, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES

1 General

1.1 Scope

This International Standard applies to all electronic equipment for control, regulation, protection, supply, etc. installed on rail vehicles and associated with

- either the accumulator battery of the vehicle;
- or a low-voltage power supply source with or without a direct connection to the contact system (transformer, potentiometer device, auxiliary supply) with the exception of electronic power circuits, which conform to IEC 61287-1.

This standard covers the conditions of operation, design, construction, and testing of electronic equipment, as well as basic hardware and software requirements considered necessary for competent, reliable equipment.

Additional requirements in other standards or individual specifications may complement this standard, if they are justified.

Specific requirements related to practices necessary to assure defined levels of functional safety are to be determined in accordance with 4.6.3.1 and 4.6.3.2 of IEC 62278 and its informative Annex A.

Software safety integrity level of 1 or higher shall only be considered when it is shown that a residual safety risk remains and that it has to be carried by the software driven programmable electronic system. In such a case (i.e. software safety integrity level 1 or higher), IEC 62279 is applicable.

For the purposes of this standard, electronic equipment is defined as equipment mainly composed of semiconductor devices and recognized associated components. These components will mainly be mounted on printed boards.

NOTE Sensors (current, voltage, speed, etc.) and firing unit printed board assemblies for power electronic devices are covered by this standard. Complete firing units are covered by IEC 61287-1.

1.2 Normative references

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

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

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

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12+12-hour cycle)*

CEI 60077-1, *Règles applicables à l'appareillage électrique de traction*

CEI 60297 (toutes les parties), *Dimensions des structures mécaniques de la série de 482,6 mm (19 inches)*

CEI 60321, *Guide pour la conception et l'utilisation des composants destinés à être montés sur des cartes de câblage et circuits imprimés*

CEI 60352-1, *Connexions sans soudure – Partie 1: Connexions enroulées sans soudure – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

CEI 60352-2, *Connexions sans soudure – Partie 2: Connexions serties sans soudure – Règles générales, méthodes d'essai et guide pratique*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Codes IP)*

CEI 60605 (toutes les parties), *Essai de fiabilité des équipements*

CEI 60617 – DB: 2001¹, *Symboles graphiques pour schémas*

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

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité Electromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-5, *Compatibilité Electromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61082 (toutes les parties), *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique*

CEI 61188-5 (toutes les parties), *Cartes imprimées et cartes imprimées équipées – Conception et utilisation – Considérations sur les liaisons pistes-soudures*

CEI 61249, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion*

CEI 61287-1, *Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant ferroviaire – Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essai*

CEI 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essai de chocs et vibrations*

CEI 62236-3-2:2003, *Applications ferroviaires – Compatibilité Electromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

CEI 62278:2002, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

CEI 62279, *Applications ferroviaires – Systèmes de signalisation, de télécommunication et de traitement – Logiciel pour systèmes de commande et de protection ferroviaire*

ISO 9000-3, *Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité – Partie 3: Lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001:1994 au développement, à la mise à disposition, à l'installation et à la maintenance du logiciel*

ISO 9001, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception/développement, production, installation et soutien après la vente*

ISO 9002, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation*

¹ «DB» se réfère à la base de données «on -line» de la CEI.

IEC 60077-1, *Rules for electric traction equipment*

IEC 60297 (all parts), *Mechanical structures for electronic equipment – Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series*

IEC 60321, *Guidance for the design and use of components intended for mounting on boards with printed wiring and printed circuits*

IEC 60352-1, *Solderless connections – Part 1: Solderless wrapped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60352-2, *Solderless connections – Part 2: Solderless crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

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

IEC 60605 (all parts), *Equipment reliability testing*

IEC 60617 – DB: 2001¹, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60850, *Supply voltages of traction systems*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

IEC 61082 (all parts), *Preparation of documents used in electrotechnology*

IEC 61188-5 (all parts), *Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Attachment (land/joint) considerations*

IEC 61249, *Materials for printed boards and other interconnecting structures*

IEC 61287-1, *Power converters installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61373, *Electrical railway equipment – Rolling stock – Shock and vibration requirements*

IEC 62236-3-2:2003, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

IEC 62278:2002, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

IEC 62279, *Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems*

ISO 9000-3, *Quality management and quality assurance standards – Part 3: Guidelines for the application of ISO 9001 to the development, supply and maintenance of software*

ISO 9001, *Quality systems – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing*

ISO 9002, *Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing*

¹ "DB" refers to the IEC on-line database.

1.3 Définitions

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

1.3.1

circuit imprimé

matériau support aux dimensions requises, contenant tous les trous de traversée et comportant au moins une piste conductrice. Les circuits imprimés sont typiquement subdivisés selon

- leur structure (par exemple simple ou double face, multicouche);
- la nature du matériau support (par exemple rigide, flexible).

1.3.2

carte équipée

circuit imprimé équipé de composants électriques et mécaniques et/ou d'autres circuits imprimés qui lui sont raccordés, après achèvement des différents processus de fabrication, de brasage, d'enrobage, etc.

1.3.3

bloc enfichable

bloc qui s'enfiche dans un tiroir et est supporté par des guides. Ces blocs peuvent être de différents types, qui vont d'un simple circuit imprimé équipé de composants, monté sur un cadre, jusqu'à des boîtiers

1.3.4

tiroir

élément de structure destiné à accueillir des cartes équipées et/ou des blocs enfichables

1.3.5

châssis

structure amovible ou fixe servant à supporter des équipements électriques ou électroniques (par exemple bac ou tiroir)

1.3.6

armoire

toute enceinte pouvant accueillir des équipements électriques et/ou électroniques

1.3.7

unité remplaçable en ligne

unité conçue pour être échangée dans le véhicule suite à un diagnostic de défaut, par exemple un tiroir, ou un bloc enfichable

1.3.8

vérification de performance

essai court effectué pendant et après les essais d'environnement, suffisant pour prouver que l'équipement est à l'intérieur de ses limites opérationnelles, et qu'il a satisfait à cet essai d'environnement

1.3.9

source d'alimentation de l'équipement

alimentation de tension utilisée pour alimenter l'équipement

Cette alimentation peut provenir d'une batterie du véhicule. Celle-ci peut être chargée par des chargeurs de batterie, des convertisseurs auxiliaires, des alternateurs ou génératrices équipés de leurs régulateurs électroniques.

Lorsque la source d'alimentation de l'équipement provient d'une batterie, les tensions nominale et assignée du système d'alimentation sont définies en 3.1. Lorsque aucune batterie n'est installée, la tension nominale de la source d'alimentation est le niveau normal, régulé de cette tension.

1.3 Definitions

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

1.3.1

printed board

base material cut to size containing all holes and bearing at least one conductive pattern. Printed boards are typically subdivided according to

- their structure (e.g. single and double-sided, multilayers);
- the nature of the base material (e.g. rigid, flexible).

1.3.2

printed board assembly

printed board with electrical and mechanical components and/or other printed boards attached to it with all manufacturing processes, soldering, coating, etc. completed

1.3.3

plug-in unit

unit which plugs into a subrack and is supported by guides. These units can be of various types, ranging from a printed board with components mounted in a frame to a box type unit

1.3.4

subrack

structural unit for housing printed board assemblies and/or plug-in units

1.3.5

rack

free-standing or fixed structure for supporting electrical or electronic equipment (e.g. subracks)

1.3.6

cubicle

any enclosure for housing electrical and/or electronic equipment

1.3.7

line replaceable unit (LRU)

unit designed to be exchanged as a result of on-vehicle fault diagnosis, e.g. a subrack, or plug-in unit

1.3.8

performance check

short-form performance test which is carried out during and after environmental tests, sufficient to prove that the equipment is within its operational limits, and that it has survived an environmental test

1.3.9

control system voltage supply

voltage supply used to power the vehicle control equipment

The supply may be derived from a vehicle battery. The battery may be charged from battery chargers, auxiliary inverters and motor-alternator or motor-generator sets with associated electronic regulations.

Where the control system voltage supply is derived from a battery, the nominal and rated control system voltages are defined in 3.1. Where no battery is fitted, the nominal control system voltage is the normal controlled level of that voltage.

1.3.10

câblage du véhicule

tout câblage qui peut être connecté à la source d'alimentation, quel que soit son lieu d'implantation, et tout autre câblage externe à l'équipement électronique considéré

1.3.11

surtension d'alimentation

perturbation électrique de la source d'alimentation de l'équipement causée par l'équipement contrôlant cette alimentation. Une surtension apparaît comme une augmentation du niveau de la tension d'alimentation de la commande

1.3.12

transitoire

variation (de tension ou de courant) positive ou négative (ou les deux) non périodique et relativement courte entre deux états stables

Il peut être produit par le fonctionnement normal de l'équipement dans le véhicule, causé en général par la décharge d'énergie lorsque des circuits inductifs sont commutés.

Il peut être présent soit sur la source d'alimentation de l'équipement, soit sur du câblage connecté directement sur des circuits inductifs commutés ou couplés de façon électrostatique ou électromagnétique d'un circuit à l'autre.

La valeur effective de l'impédance de source du transitoire dépend de la manière dont il est généré et couplé.

1.3.13

salve

impulsions répétitives arrivant pendant un intervalle de temps fixé

Elles peuvent survenir pendant le fonctionnement normal du véhicule résultant de conditions instables d'alimentation.

1.3.14

défaillance

incapacité d'une partie d'un équipement de continuer à fonctionner normalement

Un dysfonctionnement temporaire n'est pas considéré comme une défaillance à condition que

- a) l'équipement reprenne ensuite automatiquement son fonctionnement normal;
- b) le dysfonctionnement soit non apparent pour le conducteur; par exemple, la signalisation de défaut ne s'allume pas.

NOTE L'attention est attirée sur la possibilité d'une défaillance d'une partie de l'équipement, liée à un dysfonctionnement temporaire d'une autre partie qui lui est connectée.

1.3.15

détérioration

tout changement dans l'aspect ou toute altération de l'intégrité mécanique

1.3.16

durée de vie utile

période déterminée depuis un instant initial et durant laquelle, sous des conditions établies, un équipement a un taux de défaillance acceptable, ou jusqu'à ce qu'une défaillance irréparable apparaisse

NOTE Pour un équipement réparable, sa durée de vie utile propre peut être limitée par une défaillance dont la réparation n'est pas envisagée pour diverses raisons.

1.3.10**vehicle wiring**

all wiring which can be connected to the control system voltage supply, wherever located, and all other wiring external to the electronic equipment under consideration

1.3.11**supply overvoltage**

electrical disturbance to the control system voltage supply caused by equipment controlling that supply. A surge will occur as an increase in the level of the control system voltage supply

1.3.12**surge**

non-periodic and relatively short positive or negative (or both) variable (voltage or current) between two steady states

It may be produced by the normal operation of equipment within the vehicle, caused generally by the discharge of energy when inductive circuits are switched.

It may be present either on the control system voltage supply, or on wiring connected directly to switched inductive circuits, or coupled electrostatically or electromagnetically from such wiring into other wiring.

The effective value of the source impedance of a transient will depend upon the manner of its generation and coupling.

1.3.13**burst**

repetitive pulses occurring during a fixed time interval

They may occur during normal operation of the vehicle, typically resulting from unstable arc conditions.

1.3.14**failure**

inability of an item of equipment to continue to perform its intended function

A temporary malfunction is not considered a failure provided that

- a) the equipment recovers normal operation automatically following malfunction;
- b) the malfunction is not apparent to the vehicle-operating staff; for example, fault indicators do not light up.

NOTE Attention is drawn to the possibility of a consequential failure of one item of equipment resulting from a temporary malfunction of another item of equipment connected to it.

1.3.15**damage**

any change in visual appearance or alteration of mechanical integrity

1.3.16**useful life**

period from a stated time, during which, under stated conditions, an item has an acceptable failure rate, or until an unreparable failure occurs

NOTE For a repairable item the individual useful life may be ended by a failure which is not considered as repairable for any reason.

2 Conditions générales d'environnement en fonctionnement

2.1 Conditions normales de service

2.1.1 Altitude

L'altitude à laquelle l'équipement est normalement destiné à fonctionner ne doit pas dépasser 1 200 m. Lorsque cette valeur est dépassée, la conformité aux exigences doit être définie par un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

2.1.2 Température ambiante

L'équipement électronique doit être conçu et fabriqué afin qu'il puisse fournir les performances complètes spécifiées pour les catégories de températures sélectionnées dans le Tableau 1.

La conception doit prendre en compte les élévations de la température à l'intérieur de l'armoire pour s'assurer que les composants ne dépassent pas leurs valeurs assignées de température spécifiée.

De plus, l'équipement doit être conforme au démarrage aux conditions thermiques particulières pendant une courte durée, comme indiqué dans la colonne 3 du Tableau 1. Pendant cette période, les performances complètes peuvent être dégradées, mais la température maximale indiquée dans la colonne 4 ne doit pas être dépassée.

Tableau 1 – Température ambiante

Classe	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4
	Température ambiante extérieure °C	Température à l'intérieur de l'armoire °C	Température à l'intérieur de l'armoire pendant 10 min °C	Température de l'air autour de la carte équipée °C
T1	– 25 + 40	– 25 + 55	+ 15	– 25 + 70
T2	– 40 + 35	– 40 + 55	+ 15	– 40 + 70
T3	– 25 + 45	– 25 + 70	+ 15	– 25 + 85
TX	– 40 + 50	– 40 + 70	+ 15	– 40 + 85

Pour les équipements périphériques (capteurs de mesure, etc.) ou décentralisés, on doit prendre en compte pour la conception les températures atteintes à l'endroit de l'installation, si elles dépassent les gammes de températures ambiantes du Tableau 1.

Des variations rapides de température ambiante extérieure doivent être prises en compte lors du passage dans un tunnel. Dans ce cas, il convient de supposer que le taux de variation de température extérieure est de 3 °C/s avec une variation maximale de 40 °C.

2.1.3 Chocs et vibrations

L'équipement doit être capable de résister, sans détérioration ni défaillance, aux vibrations et chocs qui se produisent en service.

Afin d'obtenir un niveau de confiance raisonnable sur son fonctionnement sans dommage pendant la durée de vie utile sous les conditions de service spécifiées, il doit satisfaire aux essais de vibrations, chocs et secousses décrits en 10.2.11.

2 Environmental service conditions of operation

2.1 Normal service conditions

2.1.1 Altitude

The altitude at which the equipment is normally intended to function shall not exceed 1 200 m. When it exceeds this figure, compliance with the requirements shall be defined by agreement between manufacturer and user.

2.1.2 Ambient temperature

Electronic equipment shall be designed and manufactured to meet the full performance specification requirements for the selected temperature categories as stated in Table 1.

The design shall take into account temperature rises within cubicles to ensure that the components do not exceed their specified temperature ratings.

In addition, the equipment shall meet the special short-term start-up thermal conditions as stated in column 3 of Table 1. In this interval the full performance ratings may be relaxed, but the maximum air temperature surrounding the printed board assembly according to column 4 shall not be exceeded.

Table 1 – Ambient temperature

Class	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4
	External ambient temperature °C	Internal cubicle temperature °C	Internal cubicle temperature during 10 min °C	Air temperature surrounding the printed board assembly °C
T1	– 25 + 40	– 25 + 55	+ 15	– 25 + 70
T2	– 40 + 35	– 40 + 55	+ 15	– 40 + 70
T3	– 25 + 45	– 25 + 70	+ 15	– 25 + 85
TX	– 40 + 50	– 40 + 70	+ 15	– 40 + 85

For peripheral units (measuring transducers, etc.), or if the equipment is in a decentralized configuration, if the ambient temperature ranges of Table 1 are exceeded, then the actual temperatures occurring at the location of the equipment concerned shall be used in the design.

Rapid external ambient temperature variations resulting from running through tunnels shall be taken into account. For this purpose, the rate of change of external temperature should be assumed to be 3 °C/s, with a maximum variation of 40 °C.

2.1.3 Shock and vibration

The equipment shall be able to withstand, without damage or failure, vibrations and shocks that occur in service.

In order to provide some reasonable degree of confidence that it will survive the specified useful life under service conditions, it shall be capable of meeting the vibration, shock and bump test as described in 10.2.11.

Pour cela, l'équipement est spécifié comme ayant tous ses ensembles électroniques complètement installés et maintenus par leurs propres fixations, et équipé d'un montage anti-vibrations qui convient.

La CEI 61373 sert de référence pour les valeurs typiques de chocs et vibrations en service réel.

2.1.4 Humidité relative

L'équipement doit être conçu en prenant en compte les contraintes d'humidité suivantes (valeurs limites) dans la gamme de températures ambiantes extérieures applicable, définie en 2.1.2:

- moyenne annuelle ≤ 75 % d'humidité relative;
- pendant 30 jours consécutifs de l'année: 95 % d'humidité relative.

De plus, aucune condensation ne doit conduire à une quelconque détérioration ou défaillance, spécialement lors du passage dans des tunnels.

Pour les équipements périphériques (capteurs de mesure, etc.) ou décentralisés, on doit prendre en compte pour la conception les conditions d'humidité atteintes à l'endroit de l'installation, si elles dépassent celles indiquées ci-dessus.

2.2 Conditions spéciales de service

Lorsqu'il est prouvé que les conditions de service sont différentes de celles mentionnées en 2.1 (par exemple équipement électronique monté sur le bogie ou intégré dans un convertisseur de puissance, etc.), des accords relatifs à l'installation doivent être établis entre les parties. Pour vérifier l'efficacité de cette installation, l'utilisateur peut demander des essais de type optionnels, qui peuvent être effectués sur le véhicule lui-même suivant des méthodes approuvées par l'utilisateur et le constructeur.

2.2.1 Polluants atmosphériques

L'équipement peut être exposé pendant sa vie à divers polluants (par exemple brouillard d'huile, brouillard salin, poussière conductrice, dioxyde de soufre). Il convient de définir les types de polluants et leur concentration dans les documents d'appel d'offre.

3 Conditions générales électriques

3.1 Alimentation

3.1.1 Alimentation par une batterie d'accumulateurs

La tension nominale de l'équipement (U_n) ainsi alimenté doit être choisie parmi les valeurs suivantes:

24 V, 48 V, 72 V, 96 V, 110 V.

NOTE 1 Ces valeurs de tensions nominales sont données seulement comme valeurs normalisées pour la conception de l'équipement. Il convient de ne pas les considérer comme les tensions de batteries à vide dans la mesure où elles sont déterminées en fonction des types de batterie, du nombre d'éléments et des conditions de fonctionnement.

NOTE 2 Des tensions différentes peuvent être utilisées suivant la CEI 60077-1. Dans ce cas, il convient de définir la conformité aux exigences d'un commun accord entre utilisateur et constructeur.

For this purpose the equipment is specified as having its installation of electronic units completed and supported in their designed fixings, with anti-vibration mounts where fitted.

For the typical values of shock and vibration in real service, reference is made to IEC 61373.

2.1.4 Relative humidity

The equipment shall be designed for the following humidity stresses (limit values) over the relevant range of external ambient temperatures as defined in 2.1.2:

- yearly average ≤ 75 % relative humidity;
- 30 consecutive days in the year: 95 % relative humidity.

In addition, any moisture condensation during operation shall not lead to any damage or failure especially when running through tunnels.

For peripheral units (measuring transducers etc.), or if the equipment is in a decentralized configuration, if the above humidity stresses are exceeded, then the actual humidity occurring at the location of the equipment concerned shall be used in the design.

2.2 Special service conditions

Special arrangements shall be agreed between the appropriate parties involved when service conditions can be proved to be different from those mentioned in 2.1 (e.g. electronic equipment mounted on the bogie or integrated within a power converter, etc.). Checks for the effectiveness of such arrangements can, if required, form the subject of optional type tests which can be carried out on the vehicle itself in accordance with methods to be agreed between the user and the manufacturer.

2.2.1 Atmospheric pollutants

The equipment may be expected to be exposed throughout its life to various pollutants (e.g. oil mist, salt spray, conductive dust, sulphur dioxide). The types of pollutants and their concentration should be defined in the tender documents.

3 Electrical service conditions

3.1 Power supply

3.1.1 Supply from accumulator battery

The nominal voltage of equipment (U_n) so supplied shall be selected from amongst the following 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 voltages, since these are determined by the type of battery, number of cells and operating conditions.

NOTE 2 Different voltage variations may be used, according to IEC 60077-1. In this case, compliance with the requirements should be defined by agreement between manufacturer and user.

3.1.1.1 Variations de la tension d'alimentation

L'équipement électronique, alimenté par batterie d'accumulateur sans système de régulation de tension, doit fonctionner de façon satisfaisante pour toutes les valeurs de la tension d'alimentation dans la gamme définie ci-dessous (mesurée aux bornes d'entrée de l'équipement).

La puissance consommée par l'équipement électronique doit être spécifiée par le constructeur, afin de permettre les calculs du câblage batterie.

Tension minimale: $0,7 U_n$

Tension nominale: U_n

Tension assignée: $1,15 U_n$

Tension maximale: $1,25 U_n$

Des fluctuations de la tension (par exemple pendant le démarrage des équipements auxiliaires ou dues aux oscillations de tension de charge 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 produire de destruction: l'équipement peut ne pas être totalement en état de fonctionnement pendant ces fluctuations.

Dans le cas de véhicules à moteur thermique, voir aussi 3.1.1.3.

3.1.1.2 Interruption de la tension d'alimentation

Des interruptions d'une durée pouvant atteindre 10 ms peuvent apparaître sur la tension d'entrée d'alimentation comme définies ci-dessous.

- Classe S1: pas d'interruption
- Classe S2: 10 ms d'interruption

Elles ne doivent pas causer de défaillance de l'équipement. Les durées sont spécifiées pour la tension nominale. Le choix de ces classes doit être défini par le concepteur du système.

3.1.1.3 Variations de tension d'alimentation du matériel roulant à moteur thermique

Le système d'alimentation doit être conçu pour garantir l'alimentation de l'équipement électronique indispensable pendant toute la séquence de démarrage des moteurs thermiques.

3.1.1.4 Facteur d'ondulation en courant continu

Toutes les batteries en charge présentent une ondulation de tension définie par le facteur d'ondulation en courant continu qui, sauf dispositions contraires, ne doit pas dépasser 15 %. Cette valeur est calculée par l'équation

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

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

Néanmoins, les tensions minimale et maximale définies en 3.1.1.1 ne doivent pas être dépassées.

3.1.1.1 Variations of voltage supply

Electronic equipment supplied by accumulator batteries without a voltage stabilizing device shall operate satisfactorily for all the values of the supply voltage within the range defined below (measured at the input terminals of the equipment).

The supplier of the electronic equipment shall specify its power consumption in order to enable calculations for the battery cabling.

Minimum voltage: $0,7 U_n$

Nominal voltage: U_n

Rated voltage: $1,15 U_n$

Maximum voltage: $1,25 U_n$

Voltage fluctuations (e.g. 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 be fully functioning during these fluctuations.

In the case of thermal engines, see also 3.1.1.3.

3.1.1.2 Interruption of voltage supply

Interruptions of up to 10 ms may occur on input voltage as defined below.

- Class S1: no interruptions
- Class S2: 10 ms interruptions

This shall not cause any equipment failure. The time values specified are for nominal voltage and the choice of classes shall be defined by the system designer.

3.1.1.3 Variations of voltage supplies for rolling stock powered by thermal engines

At start-up of thermal engines, the voltage supply system shall be designed to guarantee the supply to the essential electronic equipment during the whole starting sequence.

3.1.1.4 DC ripple factor

All batteries on charge have a pulsating voltage, the d.c. ripple factor which, unless otherwise stated, shall be not greater than 15 % calculated from the equation

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

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

The minimum and maximum voltages as defined in 3.1.1.1, however, shall not be exceeded.

3.1.2 Alimentation par un convertisseur statique ou par un groupe tournant

Dans le cas d'un équipement alimenté par une source stabilisée (par exemple convertisseur statique ou groupe tournant moteur-générateur équipé d'un régulateur), l'équipement électronique doit fonctionner avec satisfaction pour des valeurs de tension d'alimentation comprises entre $0,9 U_n$ et $1,1 U_n$, où U_n est la tension d'alimentation nominale. Elle peut être continue ou alternative.

De plus, pour l'équipement en fonctionnement, il est admis des variations de tension comprises entre $0,7 U_n$ et $1,25 U_n$ pendant une durée n'excédant pas 1 s ainsi qu'entre $0,6 U_n$ et $1,4 U_n$ pendant une durée n'excédant pas 0,1 s.

3.1.3 Commutation d'alimentation

Un équipement alimenté alternativement par une batterie d'accumulateur ou par une source stabilisée continue doit fonctionner correctement lors de la commutation d'alimentation dans les conditions précisées en 3.1.1, 3.1.1.1, 3.1.1.4 et 3.1.2.

Classe C1: à $0,6 U_n$ pendant 100 ms (sans interruption)

Classe C2: pendant une coupure d'alimentation de 30 ms

3.1.4 Alimentation par la caténaire ou le troisième rail

Si l'équipement électronique est alimenté directement par la caténaire ou le troisième rail (par exemple électronique de commande d'un convertisseur statique à autodémarrage), il doit fonctionner correctement pour toutes les valeurs de la tension d'alimentation indiquées dans la CEI 60850.

3.2 Surtension d'alimentation

Toutes les connexions de l'équipement électronique pouvant être raccordées à la source de tension d'alimentation doivent supporter

- a) les surtensions d'alimentation spécifiées en 3.1.1.1 et/ou 3.1.2 (selon le cas);
- b) l'application de surtensions d'alimentation spécifiée en 10.2.6.1.

On doit considérer que les surtensions sont générées par rapport au potentiel de retour de la source d'alimentation en tension, et qu'elles se manifestent seulement comme une augmentation du niveau de tension de la source d'alimentation, qui doit être considérée présente avant et après la surtension. Les surtensions de polarité opposées à celles de l'alimentation n'ont pas à être prises en compte.

On doit considérer que les surtensions dépassant $1,25 U_n$ et de durée supérieure à 0,1 s apparaissent seulement dans le cas d'une défaillance de la source d'alimentation en tension.

3.3 Installation

Il est recommandé que l'alimentation de l'équipement soit réalisée au moyen d'un conducteur distinct relié le plus directement possible à la source. Il convient que ce conducteur ne serve qu'à l'alimentation des circuits électroniques.

Dans la mesure du possible, l'installation de l'équipement électronique doit être réalisée de façon à réduire l'effet des perturbations électriques extérieures.

Il convient d'éliminer les perturbations électriques à leurs sources.

Le raccordement d'un pôle de la batterie au châssis du véhicule doit être spécifié.

Les constructeurs doivent définir d'un commun accord un point unique de référence d'équipotentielle pour les différents équipements électroniques, ayant des connexions communes.

3.1.2 Supply by a static converter or a rotating set

In the case of equipment supplied with power from a stabilized source (e.g. a static converter or a rotating motor-generator set provided with a regulator), electronic equipment shall operate satisfactorily for values of the supply voltage lying between $0,9 U_n$ and $1,1 U_n$, where U_n is the nominal voltage and can be either d.c. or a.c.

In addition, for operating equipment, voltage fluctuations lying between $0,7 U_n$ and $1,25 U_n$ not exceeding 1 s and also between $0,6 U_n$ and $1,4 U_n$ not exceeding 0,1 s are allowed.

3.1.3 Supply change-over

In the case of equipment supplied with power alternatively from an accumulator battery and a stabilized source (d.c.), the equipment shall operate satisfactorily during the supply change-over under the conditions stated in 3.1.1, 3.1.1.1, 3.1.1.4 and 3.1.2.

Class C1: at $0,6 U_n$ during 100 ms (without interruption).

Class C2: during a supply break of 30 ms.

3.1.4 Supply with overhead line or third rail

In the case of electronic equipment with a supply derived directly from the overhead line or third rail (e.g. control electronics of a self-starting static converter), the equipment shall operate satisfactorily for values of contact line voltage as described in IEC 60850.

3.2 Supply overvoltages

All connections to electronic equipment capable of being connected to the control system voltage supply shall withstand

- a) the supply overvoltages as specified in 3.1.1.1 and/or 3.1.2 (as appropriate);
- b) the application of supply overvoltage as specified in 10.2.6.1.

Overvoltages shall be assumed to be generated with respect to the control system voltage supply return potential and to be present only as an increase to the level of the control system voltage, which shall be assumed to be present before and after the application of the overvoltage. Voltage variations of opposite polarity to the control system voltage supply need not be considered.

Overvoltages exceeding $1,25 U_n$ longer than 0,1 s shall be assumed to occur only in the case of a failure in the control system voltage supply.

3.3 Installation

The supply to the electronic equipment should be provided by a separate conductor connected as directly as possible to the source. This conductor should be used only for the supply to electronic circuits.

The installation of the electronic equipment shall be arranged so as to reduce, as far as possible, the effects of external electrical disturbances.

Suppression should be provided at the source of electrical interference.

If one pole of the battery of the vehicle is connected to the vehicle body, this shall be specified.

Where several manufacturers supply electronic equipment having common direct connections, a single reference point of equipotential shall be established by mutual agreement.

3.4 Transitoires et décharge électrostatique

3.4.1 Exigences

Tout équipement électronique doit supporter des transitoires et des décharges électrostatiques, de façon qu'aucune détérioration ou défaillance ne survienne durant le fonctionnement sur le véhicule.

On peut considérer que le matériel sera utilisé seulement pour l'usage prévu et sera opérationnel pour tous les modes représentatifs de fonctionnement.

Afin d'obtenir un niveau raisonnable de confiance sur sa survie pendant la durée de vie utile spécifiée dans les conditions de service, l'équipement électronique doit satisfaire aux essais de transitoires et de décharge électrostatique définis en 10.2.6.

Les transitoires peuvent être supposées non répétitives et il convient que leurs fréquences d'apparition soient supérieures à 10 s.

Les transitoires doivent être considérées comme étant générées par une source de tension idéale en série avec l'impédance de la source considérée, commutée sur l'équipement électronique par un interrupteur idéal pendant la durée spécifiée, à la place de la source d'alimentation en tension, si elle est présente. On ne doit pas considérer que cette alimentation est capable d'absorber tout ou partie de l'énergie de la transitoire. Toutefois, pour certaines applications, on peut considérer que d'autres charges sont connectées en parallèle avec l'équipement (voir 10.2.6).

Les transitoires doivent être considérées comme appliquées à l'équipement électronique par le câblage d'interface. Lorsque les connexions de l'équipement électronique sont réalisées par des connecteurs multipolaires, ceux-ci et le câblage associé doivent être considérés comme faisant partie de l'équipement électronique.

Les exigences de 3.4.2 doivent s'appliquer si un équipement de protection de transitoires distinct n'est pas prévu localement (typiquement à moins de 1 m de l'équipement).

3.4.2 Niveaux des transitoires

La conception doit tenir compte du fait que l'équipement électronique est soumis à un ou plusieurs types de perturbations électriques:

- a) toutes les connexions à l'équipement électronique pouvant être raccordées à la source d'alimentation doivent supporter l'application des formes d'onde transitoires, décrites en 10.2.6.2.
- b) toutes les connexions à l'équipement électronique non raccordées à la source de tension d'alimentation mais raccordées au câblage du véhicule et exposées à l'influence des couplages électromagnétiques d'autres câblages doivent supporter l'application des formes d'onde transitoires décrites en 10.2.6.2. Lorsque le câblage de l'équipement électronique est protégé (c'est-à-dire câbles blindés), ces liaisons ne doivent pas être soumises aux exigences ci-dessus.

L'apparition des transitoires est indépendante de la valeur de la tension de la source d'alimentation.

Les transitoires sont de polarité quelconque et on doit considérer qu'elles apparaissent, que la source d'alimentation soit présente ou absente.

Si l'impédance d'entrée du circuit est haute (en tenant compte de l'impédance de source du transitoire), la transitoire est une onde de tension, mais si l'impédance est basse, il s'agit d'une onde de courant.

3.4 Surges and electrostatic discharge

3.4.1 Requirements

All electronic equipment shall withstand surges and electrostatic discharge such that no damage or failure occurs during operation on the vehicle.

It may be assumed that the equipment will be used only for its intended purpose and it will be operated over all representative modes.

In order to provide some reasonable degree of confidence that it will survive the specified useful life under service conditions, the electronic equipment shall be capable of meeting the surges and electrostatic discharge tests as described in 10.2.6.

Surges may be assumed to be non-repetitive and they should not occur at a time interval of less than 10 s.

The surges shall be considered to be generated by an ideal voltage source in series with the specified source impedance switched to the electronic equipment by an ideal switch for the specified duration, in place of the normal control system voltage supply, if present. This supply shall not be assumed to be capable of absorbing any of the surge energy. However, for certain applications it may be assumed that other loads are connected in parallel with the equipment (see 10.2.6).

Surges shall be assumed to be applied to the electronic equipment at the equipment wiring interface. Where connections to the electronic equipment are made via multipole connectors, such connectors and associated wiring harnesses shall be considered to be part of the electronic equipment.

If separate surge protection equipment is not provided locally (typically within 1 m of the equipment), then the requirements of 3.4.2 shall apply.

3.4.2 Surge levels

For design purposes, electronic equipment shall be considered to be subject to one or more forms of electrical disturbance:

- a) all connections to electronic equipment capable of being connected to the control system voltage supply shall withstand the application of the surge waveform as described in 10.2.6.2;
- b) all connections to electronic equipment not connected to the control system voltage supply but connected to vehicle wiring and liable to be affected by electromagnetic coupling from other wiring shall withstand the application of the surge waveform as described in 10.2.6.2. Where wiring to electronic equipment is shielded (e.g. screened cables), these connections shall be exempt from the above requirements.

The surges appear irrespective of the value of the control system supply voltage.

The surges are of either polarity, and shall be assumed to occur with the control system supply voltage both present and absent.

If the input impedance of the circuit is high (with respect to the source impedance of the surge), then the surge will be a voltage waveform, but if the impedance is low, then it will be a current waveform.

3.5 Compatibilité électromagnétique

L'équipement doit être protégé afin de ne pas être perturbé par des interférences conduites ou rayonnées. Il doit être capable de satisfaire aux exigences des essais d'interférence appropriés définis en 10.2.7 et 10.2.8.1.

De plus, l'équipement ne doit pas émettre des perturbations radioélectriques (RFI) de niveau supérieur à celui défini en 10.2.8.2.

4 Fiabilité, maintenabilité et durée de vie

4.1 Fiabilité de l'équipement

4.1.1 Fiabilité prévisionnelle

L'utilisateur peut exiger de la part du constructeur soit un calcul prévisionnel de fiabilité, soit une conformité aux objectifs de fiabilité de l'utilisateur. La méthode utilisée pour le calcul de la fiabilité doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur au moment de l'offre, et doit être en conformité avec une norme reconnue.

4.1.2 Vérification de la fiabilité

Lorsque l'utilisateur a exigé un niveau de fiabilité, les actions énoncées ci-dessous sont nécessaires.

Le comportement en service de l'équipement doit être surveillé avec soin.

Le constructeur de l'équipement et l'utilisateur doivent convenir d'enregistrer toutes les interventions qui ont été effectuées sur l'équipement.

Afin de vérifier le niveau de fiabilité de l'équipement, un rapport de défaillance doit être présenté à la fin d'une période convenue mutuellement (kilomètres ou heures de service) identifiant les composants remplacés (référence du circuit, type, fabricant, numéro de lot de fabrication, kilomètres et/ou heures de fonctionnement, etc.), la définition et la cause des défauts (défauts de conception, logiciel, problèmes de composants, etc.).

Afin de démontrer que l'équipement atteint ses exigences de fiabilité, il est recommandé de le soumettre à une évaluation de la fiabilité. La CEI 60605-2, la CEI 60605-3, la CEI 60605-4 et la CEI 60605-6 peuvent servir de guide. La procédure détaillée d'évaluation de la fiabilité doit être établie dans le contrat.

4.2 Durée de vie

La durée de vie de l'équipement électronique doit être de 20 ans, sauf accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur au moment de l'offre.

Lorsque le constructeur a l'intention d'utiliser des composants dont la durée de vie connue est inférieure à celle de l'équipement, leur utilisation et leurs procédures de remplacement doivent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

4.3 Maintenabilité

L'équipement doit être conçu de façon qu'aucune maintenance périodique ne soit nécessaire, sauf accord contraire.

Les exigences spéciales de maintenance doivent être précisées par l'utilisateur, si nécessaire, au moment de l'offre.

Les circuits imprimés équipés et/ou les tiroirs équipés doivent pouvoir être testés individuellement.

3.5 Electromagnetic compatibility

The equipment shall be protected so as not to be adversely affected by conducted or radiated interference, and shall be capable of meeting the relevant interference test requirements as described in 10.2.7 and 10.2.8.1.

In addition, the equipment shall not emit radio frequency interference (RFI) in excess of the level defined in 10.2.8.2.

4 Reliability, maintainability and expected useful life

4.1 Equipment reliability

4.1.1 Predicted reliability

The user may require the manufacturer to predict his reliability figure or meet the user's reliability target. The method of calculation shall be agreed at the time of tendering between the manufacturer and the user, and shall be in accordance with a recognized standard.

4.1.2 Proof of reliability

Where the user has specified a required reliability level, the following actions are necessary.

The equipment performance shall be carefully monitored.

The equipment manufacturer and the user shall agree to record all actions carried out on the equipment.

To demonstrate the reliability level of the equipment a defect report shall be presented at the end of a mutually agreed period (kilometres or service hours) identifying the components replaced (circuit reference number, type, manufacturer, number of manufacturing lot, kilometres and/or operating hours, etc.), the definition and cause of faults (design weakness, software, component problems, etc.).

In order to show whether the equipment meets its stated reliability requirements, the equipment should be subjected to a reliability evaluation. IEC 60605-2, IEC 60605-3, IEC 60605-4 and IEC 60605-6 may be used as a guide. The detailed reliability evaluation procedure shall be stated in the contract.

4.2 Useful life

The useful life of the electronic equipment, unless otherwise agreed at the time of tendering between the equipment manufacturer and the user, shall be taken as 20 years.

When the manufacturer intends to use components with a known life less than the useful life of the electronic equipment, their use and procedures for their regular replacement shall be agreed between the involved parties.

4.3 Maintainability

Unless otherwise agreed, equipment shall be designed such that regular periodic maintenance shall not be necessary.

Special maintenance requirements, if any, shall be defined by the user at the time of tendering.

Printed board assemblies and/or subracks shall be capable of being individually tested.

De plus, le constructeur d'équipement doit attirer l'attention sur les procédures de maintenance nécessaires ou interdites.

NOTE Des procédés de maintenance tels que le nettoyage par ultrasons, le raccordement de testeur, le contrôle de l'isolement électrique, les dispositions d'emballage pour le transport, peuvent réduire le niveau de fiabilité de l'équipement à la suite de contraintes additionnelles qu'ils induisent sur l'équipement et ses composants.

4.4 Niveaux de maintenance

4.4.1 Diagnostic à bord du véhicule

L'utilisateur et le constructeur doivent convenir de la nature des unités (par exemple tiroirs ou blocs enfichables) qui peuvent être déposées lors du diagnostic à bord du véhicule.

Ces unités, définies comme « remplaçables en ligne », doivent être conçues de façon à permettre leur remplacement facile.

L'utilisateur et le constructeur doivent également se mettre d'accord sur l'utilisation d'outillages spécialisés nécessaires lors de la maintenance.

La conception de l'équipement doit permettre d'identifier une unité remplaçable en ligne défaillante soit à l'aide d'un dispositif d'essai portable, soit à l'aide d'un dispositif d'essai intégré, les deux étant accompagnés d'instructions d'essai.

La maintenance ou les procédures de diagnostic à ce niveau ne doivent pas imposer le démontage ou le remplacement de composants de l'unité remplaçable en ligne.

4.4.2 Diagnostic et réparation hors véhicule

La conception des équipements doit permettre un diagnostic complet et une vérification des performances de chacun des types d'équipements embarqués dans des centres de maintenance par du personnel qualifié, à l'aide des équipements d'essai et des instructions qui y sont associées.

Les équipements doivent être construits de façon à permettre l'accès nécessaire au diagnostic et aux réparations sans détérioration ou perturbation des composants ou du câblage.

De plus, les cartes électroniques doivent avoir des dispositifs d'essai (par exemple connecteurs d'essai, plage d'essai, etc.) pour faciliter le diagnostic et la réparation.

4.5 Diagnostics intégrés

Des signalisations judicieuses d'aide au diagnostic doivent être prévues de façon à visualiser l'état des données d'entrée et de sortie des principales fonctions de commande, des alimentations, etc.

Des programmes d'autotest doivent être capables de fournir des indications claires sur l'état de fonctionnement de l'équipement.

Tous les systèmes de diagnostic intégré susceptibles de simuler les équipements plutôt que de les surveiller en permanence doivent pouvoir être isolés de manière appropriée de façon à éviter toute interruption du fonctionnement normal de l'équipement lorsque celui-ci n'est pas dans des conditions d'essai.

L'utilisation de composants supplémentaires pour les diagnostics intégrés ne doit pas influencer de manière inconsiderée la fiabilité de l'équipement; ils doivent être pris en compte pour les calculs de fiabilité.

In addition, the equipment manufacturer shall advise what maintenance procedures are necessary or prohibited.

NOTE Maintenance processes such as ultrasonic cleaning, connecting of diagnostic test equipment, electrical insulation testing, and transportation packaging arrangements, can reduce the equipment reliability level through additional stressing of the assembly and components.

4.4 Maintenance levels

4.4.1 On-vehicle diagnosis

The user and manufacturer shall agree on the nature of units (e.g. subracks or plug-in units) to be exchanged as a result of on-vehicle fault diagnosis.

These units, defined as line replaceable units, shall be designed so they can be easily exchanged.

The user and manufacturer shall also agree on the use of any specialized tools required in this maintenance procedure.

Equipment shall be designed such that a failed line replaceable unit can be identified by the use of either suitable portable test equipment or built-in diagnostics, both with associated test instructions.

Maintenance or diagnostic procedures at this level shall not require the removal or replacement of any component of the line replaceable unit.

4.4.2 Off-vehicle diagnosis and repair

Equipment shall be designed such that test equipment with associated test instructions shall enable the full diagnosis and validation of performance of each type of train-borne equipment in repair centres by qualified personnel.

Equipment shall be constructed such that access necessary for diagnosis and repair can be achieved without damage or undue disturbance to the components or wiring.

In addition, printed board assemblies shall have test facilities (e.g. test plugs, test pads, etc.) to aid the diagnosis and repair process.

4.5 Built-in diagnostics

Indicators to assist diagnostic maintenance shall be used where appropriate in order to display status of input data, output data, main control functions, power supplies, etc.

Self-test routines shall be capable of providing clear indication of the operational status of the equipment.

Any built-in diagnostic facilities capable of exercising rather than monitoring the equipment shall be suitably interlocked to prevent interruption of the normal operation of the equipment other than under test conditions.

The use of extra components for built-in diagnostics shall not considerably influence the reliability of the equipment, and shall be taken account of in reliability calculations.

4.6 Equipement d'essai automatique

L'utilisateur peut exiger un type précis d'équipement d'essai automatique pour la détection des pannes à bord du véhicule ou hors véhicule.

Dans ce cas lors de l'offre, l'utilisateur doit fournir tous les détails nécessaires concernant cet équipement et son interface avec l'équipement embarqué – par exemple un lit de clous, une sonde guidée (pour les réparations effectuées hors du véhicule) – ou les connecteurs de l'équipement (pour les diagnostics effectués à bord du véhicule).

Des blocs enfichables qui ne participent pas au fonctionnement de l'équipement peuvent être retirés pour faciliter le raccordement de l'équipement d'essai automatique.

4.7 Autres méthodes de diagnostics de pannes

Si les équipements électroniques embarqués ont été développés ou testés à l'aide d'équipements d'essai propres au constructeur, celui-ci peut proposer cette solution de diagnostic aux centres de maintenance, sous réserve que l'utilisation de tels équipements soit adaptée à l'installation et qu'il fournisse à l'utilisateur tous les supports nécessaires à la mise en œuvre de ces équipements.

4.8 Equipements spécifiques pour essai et outillages spéciaux

Si le constructeur envisage d'utiliser des équipements nécessitant des outils autres que ceux facilement disponibles dans l'industrie, il doit au préalable obtenir l'accord de l'utilisateur.

S'il est nécessaire de concevoir des équipements spécifiques pour essai et/ou un outillage spécial pour appliquer les procédures de maintenance de l'utilisateur, ces équipements, ou tous les détails de fabrication et d'approvisionnement de ceux-ci, doivent faire l'objet d'une proposition de vente à l'utilisateur.

L'équipement d'essai n'a pas nécessairement à être conforme à cette norme.

5 Conception

5.1 Généralités

5.1.1 Gestion de la qualité

Toute la conception doit être effectuée en conformité avec l'ISO 9001.

Le processus de conception doit être transparent et vérifiable par audit.

Si l'utilisateur désire des détails sur le processus de conception pour l'évaluation de l'offre, il doit le spécifier dans les documents d'appel d'offre.

Une attention particulière est à porter sur le besoin, évoqué dans l'ISO 9001, pour la conception d'un système, matériel et logiciel, de s'appuyer sur des spécifications fonctionnelles et d'interface clairement établies.

5.1.2 Cycle de développement

Toute conception doit se dérouler conformément à un modèle de cycle de développement qui doit être indiqué dans le plan qualité.

4.6 Automatic test equipment

The user may require to use a specific type of automatic test equipment for fault location either on or off the vehicle.

If this is required, details of such test equipment and its interfacing with the train-borne equipment, e.g. bed of nails or guided probe (for off-vehicle repairs), or equipment connector (for on-vehicle diagnosis), shall be provided by the user at the time of tendering.

It is permitted to remove plug-in units which do not contribute to the functioning of the equipment in order to facilitate the connection of automatic test equipment.

4.7 Alternative methods for fault diagnosis

Where train-borne electronic equipment has been developed or tested using proprietary test equipment, the manufacturer may offer this as an alternative for fault diagnosis within repair centres, provided that use of such equipment is practical to the installation and all support details are made available to the user.

4.8 Purpose-built test equipment and special tools

The prior approval of the user shall be obtained regarding the use of items requiring tools other than readily available industrial tools.

Where purpose-built test equipment and/or special tools are required to carry out the user's formal maintenance procedures, this equipment, or alternatively the manufacturing and procurement details for it, shall be offered for sale to the user.

Test equipment does not necessarily have to comply with this standard.

5 Design

5.1 General

5.1.1 Quality management

The whole design shall proceed according to ISO 9001.

The design process shall be visible and auditable.

If the user requires details of this process for tender evaluation, he shall define this in the tender documents.

Particular attention is drawn to the need, implied in ISO 9001, that all system hardware and software design shall proceed with clearly laid down functional and interface specifications.

5.1.2 Life cycle

All design shall proceed according to a defined life cycle model, which shall be laid down in the quality plan.

5.2 Règles détaillées – Matériel

5.2.1 Interfaces

Toutes les interfaces doivent être réalisées de façon à ce que l'équipement puisse remplir ses exigences en ce qui concerne

- la compatibilité électromagnétique;
- les différences de potentiel;
- la sécurité du personnel

et à maîtriser la propagation de défaillances provenant de défauts extérieurs.

L'utilisateur peut demander un isolement galvanique pour remplir les prescriptions ci-dessus. Dans ce cas, les exigences et points particuliers de cette application doivent être spécifiées lors de l'appel d'offre.

Un exemple de système d'interfaces avec différents environnements CEM est donné à la Figure 1.

5.2.2 Protection contre les défauts

Les câbles de sortie doivent être dimensionnés au moins pour la valeur limite de courant du dispositif de protection du circuit.

L'équipement doit être protégé contre les défauts externes (par exemple conditions de court-circuit ou de circuits ouverts selon les cas). Des limitations de courant afin de minimiser l'utilisation de fusibles doivent être incorporées dans les alimentations régulées des équipements électroniques. Si l'utilisateur souhaite interdire l'utilisation de fusibles internes à l'équipement, il doit l'indiquer au moment de l'appel d'offre. En cas d'utilisation de microdisjoncteurs sur les circuits de sortie, le courant disponible en cas de court-circuit doit être suffisant pour permettre le déclenchement de ces dispositifs. De plus, les dispositifs à réarmement manuel doivent être facilement accessibles.

Tous les dispositifs de protection utilisés doivent être disposés de façon à minimiser les risques d'incendie à l'intérieur de l'équipement.

5.2 Detailed practices – Hardware

5.2.1 Interfacing

All interfaces shall be so implemented as to allow the equipment to meet its requirements in respect of

- potential differences;
- electromagnetic compatibility;
- personnel safety

and to control the propagation of failure arising from external faults.

The user may require galvanic isolation to meet the above requirements. In this case, the requirements and particular areas for its application shall be declared at the tender stage.

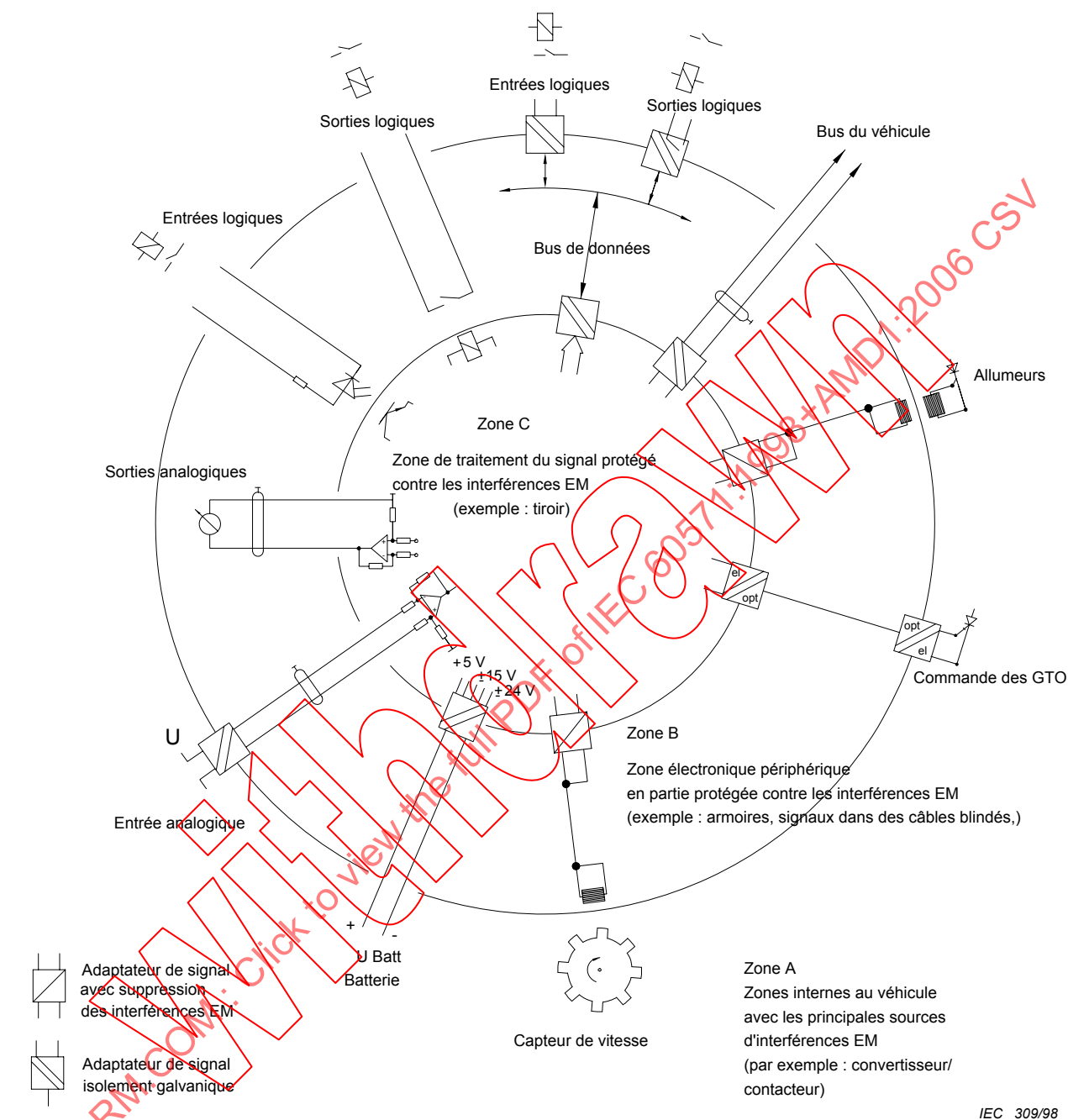
An example of system interfacing with various EMC areas is given in Figure 1.

5.2.2 Fault protection

Outgoing cables shall be rated to at least the current limit value of the protective device for that circuit.

Equipment shall be protected against external faults (e.g. short-circuit or open circuit conditions as appropriate). Regulated power supply units for electronic equipment shall incorporate current limiting to minimize the use of fuse elements. If the user wishes to forbid the use of fuses internal to the equipment, this shall be declared at the time of tendering. Where protective devices of the tripping type are incorporated in the output circuits, the available current under short-circuit conditions shall be sufficient to operate them. In addition, devices with manual resetting shall be easily accessible.

Any protective devices used shall be so arranged that the risk of fire within the equipment is minimized.

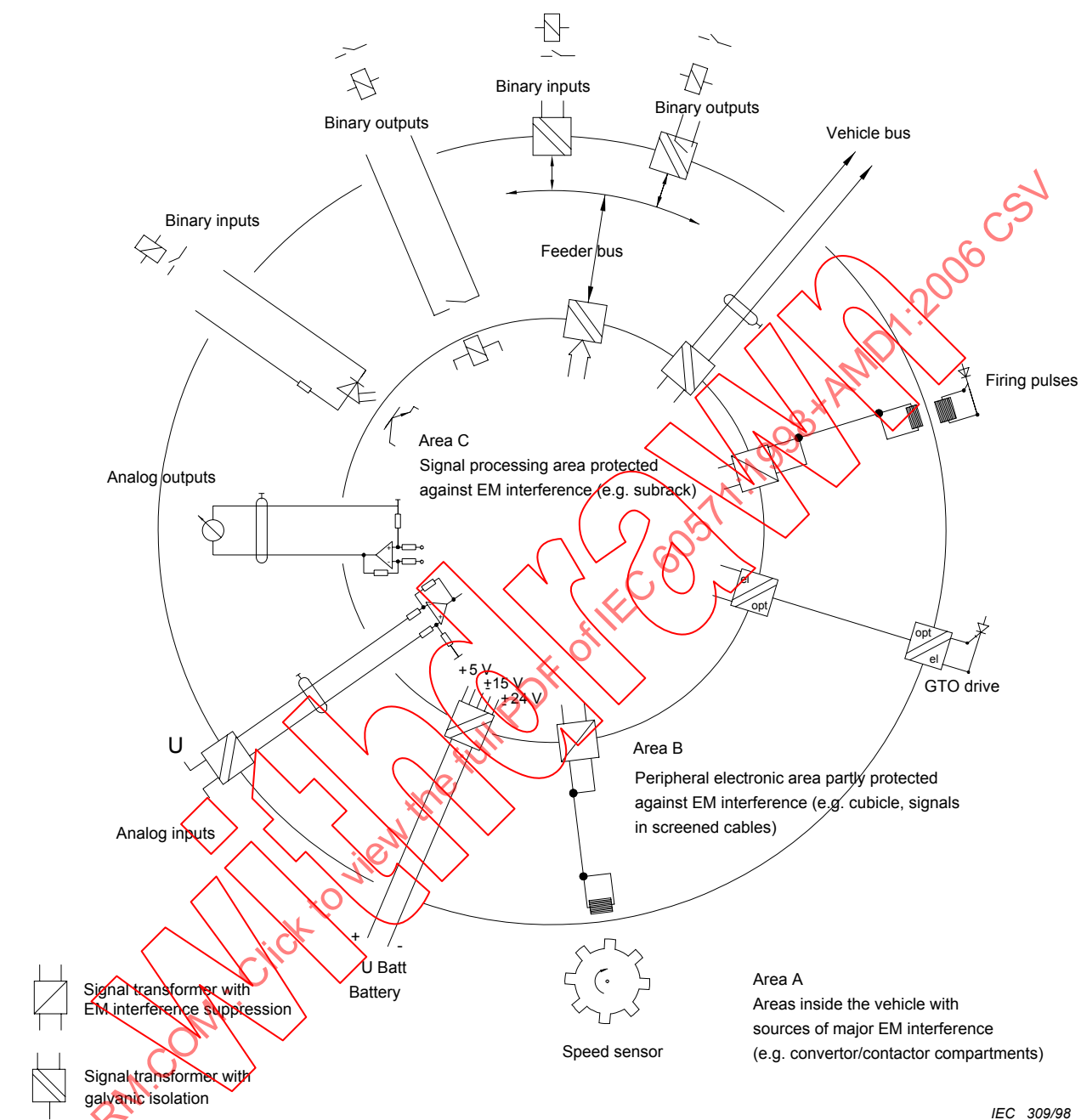


Zone A = Zone interne au véhicule avec les principales sources d'interférences EM (par exemple: convertisseur/contacteur).

Zone B = Zone électronique périphérique en partie protégée contre les interférences EM (exemple: armoires, signaux dans des câbles blindés).

Zone C = Zone de traitement du signal protégée contre les interférences EM (exemple: tiroir).

Figure 1 – Système d'interface avec les zones d'EMC typiques A, B et C



Area A = Area inside the vehicle with sources of major EM interference (e.g. convertor/contactors compartments).
 Area B = Peripheral electronic area partly protected against EM interference (e.g. cubicle, signals in screened cables).
 Area C = Signal processing area protected against EM interference (e.g. subrack).

Figure 1 – System interfacing with the typical EMC areas A, B and C

5.2.3 Potentiel de référence des alimentations

Il convient que les sorties des alimentations isolées galvaniquement ne soient pas flottantes. Lorsque les sorties ne sont pas référencées à un potentiel (par exemple batterie ou source de tension), il est alors recommandé de raccorder un des pôles de sortie de l'alimentation au châssis du véhicule ou à un point de masse défini. Il convient que cette référence et les moyens de connexion soient définis et fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

5.2.4 Interchangeabilité

Chaque carte électronique d'un système doit former un ensemble fonctionnel complet. Elle doit être complètement interchangeable avec une autre carte de même fonctionnalité, sans nécessiter de réglage du matériel lors de l'insertion de la carte dans le système.

5.2.5 Diminution de la tension d'alimentation

L'équipement ne doit pas être endommagé, lorsque la tension d'alimentation est ou descend en dessous de la limite basse de sa valeur spécifiée, quel que soit le taux de variation de tension. De plus, suite à ces conditions, l'équipement ne doit pas générer des signaux de sortie erronés qui puissent conduire à des pannes sur d'autres équipements.

5.2.6 Inversion de polarité

Afin d'éviter des dégâts à l'équipement, celui-ci doit être équipé de moyens électriques ou mécaniques afin d'assurer la protection contre une inversion de polarité de la tension d'alimentation.

5.2.7 Appel de courant

La conception de l'équipement doit prendre en compte le courant d'appel qui peut apparaître à la mise sous tension, afin que les dispositifs de protection ne se déclenchent pas et qu'aucun dommage n'apparaisse.

5.2.8 Réserves disponibles

Si l'utilisateur demande à disposer de réserves (par exemple réserves en entrée, en sortie, charges CPU, etc.) pour des extensions du système ou des évolutions pendant la durée de vie de l'équipement, il doit le spécifier au moment de l'offre. La conformité à cette exigence doit être prise en compte dans le processus de conception.

5.3 Règles détaillées – Logiciel

5.3.1 Généralités

L'ISO 9000-3 doit être utilisée pour l'application de l'ISO 9001 concernant le logiciel.

Les exigences et recommandations de l'ISO 9000-3 doivent être d'application obligatoire.

Les procédures de gestion de configuration doivent être appliquées en parallèle avec les activités du cycle de développement et elles doivent couvrir le logiciel et les outils utilisés pour son développement et sa maintenance.

Les phases du cycle de développement et la documentation du logiciel doivent y être incluses.

Le développement du logiciel doit être structuré en phases définies et en activités.

Toutes les informations relatives à la conception du logiciel doivent être notées.

5.2.3 Referencing power supplies

The output of galvanically isolated power supply units should not be allowed to float. When the outputs are not referenced to a voltage source (e.g. battery or voltage supply) then one of the supply rails should be connected to the vehicle frame or a defined earth point. This reference and the means of connection should be defined and mutually agreed.

5.2.4 Interchangeability

All individual printed board assemblies forming part of a system shall be functionally complete and fully interchangeable with any other unit of the same functional type without the need for any recalibration of the hardware after the board has been inserted in the system.

5.2.5 Reduction of supply voltage

The equipment shall not suffer damage, when the supply is, or falls below, the lowest limit of its specified source voltage, irrespective of the rate at which the voltage changes. In addition, the equipment shall not generate any spurious output which could lead to consequential failure of any other equipment under these conditions.

5.2.6 Polarity reversal

To prevent any damage to the equipment, electrical or mechanical means shall be provided to ensure protection against polarity reversal of the incoming power supply.

5.2.7 Inrush currents

The design of the equipment shall take account of inrush currents which may occur at the time of switch-on, so that protective devices do not trip and no damage occurs.

5.2.8 Spare capacity

If the user requires spare capacity (e.g. spare inputs, spare outputs, CPU loading, etc.) for system expansion or changes during the equipment life cycle, he shall specify this at the tender stage. Compliance with these requirements shall be included in the design process.

5.3 Detailed practices – Software

5.3.1 General

ISO 9000-3 shall be used for the application of ISO 9001 for software.

Requirements and recommendations of ISO 9000-3 shall have mandatory effect.

Configuration management procedures shall run in parallel with life cycle activities covering all the software and tools used for its development and its maintenance.

Life cycle issues and documentation of the software development shall be covered.

The development of the software shall be structured into defined phases and activities.

All information pertinent to the design of the software shall be recorded.

Les phases minimales et les documents exigés sont les suivants:

a) phase de spécification du logiciel

Dans cette phase, toutes les exigences relatives au logiciel doivent être établies et documentées dans une spécification des exigences du logiciel, incluant les interfaces avec l'environnement système et avec les autres logiciels.

b) phase de développement du logiciel

Dans cette phase, l'architecture du logiciel doit être définie, les modules spécifiés et le code écrit, en s'assurant que tous les éléments répondent aux exigences définies dans la spécification des exigences du logiciel. De plus, il convient de prendre en compte 5.3.2.

c) phase d'essai du logiciel

Cette phase couvre l'essai du logiciel à tous les niveaux de développement pour s'assurer qu'il est correct et cohérent par rapport à sa spécification. Les résultats des essais doivent être enregistrés.

d) phase d'intégration logiciel/matériel

Dans cette phase, le matériel et le logiciel doivent être intégrés et testés pour s'assurer de la conformité aux exigences du système (comme défini dans la spécification des exigences du logiciel par exemple). Les résultats des essais doivent être enregistrés.

e) phase de maintenance du logiciel

Il est important que la sûreté de fonctionnement du logiciel ne soit pas compromise en cas de correction, d'adjonction ou d'adaptation. Les dispositions prises doivent être définies et documentées.

5.3.2 Dispositions concernant le développement du logiciel

Les dispositions suivantes doivent être mises en œuvre, sauf si la justification de l'utilisation d'une quelconque autre disposition a été documentée et acceptée par l'utilisateur.

NOTE Des explications sur ces dispositions ainsi que sur d'autres dispositions utiles se trouvent dans la CEI 62279.

5.3.2.1 Approche modulaire

Le logiciel doit être décomposé en éléments de petites tailles et compréhensibles afin de maîtriser sa complexité. Cette approche comprend des dispositions telles que la limitation de la taille des modules et des interfaces entièrement définies.

5.3.2.2 Compilateur éprouvé

Un compilateur éprouvé doit être utilisé afin d'éviter les difficultés dues aux défaillances du compilateur qui peuvent apparaître pendant le développement, la vérification et la maintenance d'un logiciel.

5.3.2.3 Enregistrement

Toutes les données, les décisions et les justifications du projet logiciel doivent être enregistrées afin de faciliter la vérification, la validation, l'évaluation et la maintenance.

5.3.2.4 Méthodologie structurée

Des méthodes structurées doivent être appliquées afin de contribuer à la qualité du développement du logiciel, en mettant l'accent sur les parties amont du cycle de développement. Ces méthodes s'efforcent d'atteindre ce but à la fois à travers des procédures et une documentation (assistées par ordinateur) précises et intuitivement compréhensibles pour exprimer les spécifications de besoin et les caractéristiques de conception et de réalisation dans un ordre logique et de manière structurée.

Minimum phases and required documents are the following:

a) software requirements phase

In this phase all the requirements of the software shall be captured and documented in a software requirements specification, including interfaces to the system environment and to the other softwares.

b) software design phase

In this phase, the architecture of the software shall be defined, the modules specified and the code written, ensuring that all elements meet the requirements as defined in the software requirements specification. In addition, 5.3.2 should be taken into account.

c) software testing phase

This phase covers the testing of the software at each of its design levels to ensure its correctness and consistency with respect to its specification. Test results shall be recorded.

d) software/hardware integration phase

In this phase, the hardware and software shall be integrated and tested to ensure compliance with the requirements of the system (e.g. as defined in the software requirements specification). Test results shall be recorded.

e) software maintenance phase

It is important that the dependability of the software is not compromised when making corrections, enhancements or adaptations. The measures taken shall be defined and documented.

5.3.2 Software design measures

The following measures shall be used, unless the rationale for any alternative has been documented and agreed with the user.

NOTE Explanations on these and other useful measures may be found in IEC 62279.

5.3.2.1 Modular approach

The software shall be broken down into small, comprehensible parts in order to manage its complexity. This includes taking measures such as module size limitation and fully defined interface.

5.3.2.2 Translator proven in use

A translator proven in use shall be applied to avoid any difficulties due to translator failures which can arise during development, verification and maintenance of a software package.

5.3.2.3 Recording

All data, decisions and rationale in the software project shall be recorded to allow for easier verification, validation, assessment and maintenance.

5.3.2.4 Structured methodology

Structured methods shall be applied to promote the quality of software development by focusing attention on the early parts of the life cycle. The methods aim to achieve this through both precise and intuitive procedures and notations (assisted by computers) to identify the existence of requirement and implementation features in a logical order and a structured manner.

5.3.2.5 Méthodes de conception et de codage

On doit définir des méthodes de développement et de codage permettant d'assurer une présentation uniforme des documents de conception et du code, d'empêcher la programmation personnalisée et de standardiser les méthodes de conception.

5.3.2.6 Analyse et programmation structurée

On doit concevoir et réaliser le programme de manière à en faciliter l'analyse. Le déroulement du programme doit pouvoir être entièrement testé en s'appuyant sur son analyse.

5.3.2.7 Langage de programmation

Le langage de programmation choisi doit permettre la vérification du code avec un minimum d'effort et doit faciliter le développement du programme, sa vérification et sa maintenance.

5.3.2.8 Techniques éprouvées

Des techniques éprouvées doivent être utilisées. Ces techniques sont par exemple

- a) les méthodes semi-formelles telles que les
 - blocs diagrammes logiques/fonctionnels;
 - diagrammes séquentiels;
 - diagrammes de flux de données;
 - tables de décision/de vérité;
- b) les méthodes d'essai telles que
 - l'analyse des valeurs limites;
 - les classes d'équivalence et l'essai de partitionnement des entrées;
 - la simulation de processus.

5.4 Caractéristiques de l'équipement

L'équipement doit être construit avec les caractéristiques suivantes pour assurer un fonctionnement dans toutes les conditions.

5.4.1 Contrôle de la mémoire

A la mise sous tension, lors de son initialisation, l'équipement doit effectuer un contrôle afin de vérifier que

- a) la mémoire nécessaire est disponible et opérationnelle;
- b) toute la mémoire du programme, éventuellement répartie sur différents circuits intégrés ou cartes électroniques, est fonctionnellement compatible.

Des moyens permettant d'associer les mémoires à la carte électronique correspondante, et les cartes électroniques au tiroir doivent être prévus en utilisant soit un repérage sur le composant, soit un dispositif de codage interne. La méthode doit être indiquée à l'utilisateur.

5.4.2 Autotest

Le système doit comporter une fonction d'autotest devant dans la mesure du possible vérifier à chaque initialisation que l'équipement est opérationnel. En cas de défaillance de la fonction d'autotest, un message de diagnostic doit apparaître, dans la mesure du possible, pour indiquer la zone où se situe la défaillance. Si possible, l'équipement doit passer à l'état de reprise.

5.3.2.5 Design and coding methods

Design and coding methods shall be defined to ensure a uniform layout of the design documents and the produced code, as well as enforcing egoless programming and a standard design method.

5.3.2.6 Structured programming and analysis

The program shall be designed and implemented in such a way as to facilitate the analysis of the program. The program behaviour shall be entirely testable on the basis of the analysis.

5.3.2.7 Programming language

The programming language chosen shall facilitate the verification of the code with a minimum of effort and aid program development, verification and maintenance.

5.3.2.8 Proven techniques

Proven techniques shall be used. Examples of such techniques include

- a) semiformal methods, e.g.
 - logic/function block diagrams;
 - sequence diagrams;
 - data flow diagrams;
 - decision/truth tables;
- b) testing methods, e.g.
 - boundary value analysis;
 - equivalence classes and input partition testing;
 - process simulation.

5.4 Equipment features

The equipment shall be constructed with the following features, intended to provide operation under all conditions.

5.4.1 Memory checking

Upon power-up and during initialization, the equipment shall perform a check to show that

- a) all required memory is present and functional;
- b) all program memory, which may be split between individual integrated circuits or printed board assemblies, is functionally compatible.

Means to relate memories to the correct printed board assembly, and printed board assemblies to the subrack, shall be provided either by visual indication on the body of the device or by internal coding. The method shall be declared to the user.

5.4.2 Self-test

The equipment shall include a self-test function which shall, as far as practicable, verify that the system is operational at each initialization. As far as possible in the event of self-test failing, diagnostic information shall be made available to indicate the area of the fault. Where possible, the system shall enter the recovery state.

5.4.3 «Chien de garde»

L'équipement doit comporter une fonction « chien de garde » pour permettre à l'équipement de passer à l'état de reprise en cas de défaillance du logiciel opérationnel (par exemple le logiciel entrant dans une boucle non prévue du fait d'une perturbation transitoire anormale).

5.4.4 Traitement d'erreur

En cas de détection d'erreurs, le processeur doit enregistrer ou indiquer l'apparition d'un tel événement. Il doit passer alors à l'état de reprise.

5.4.5 Reprise

L'équipement doit, dans la mesure du possible, redémarrer à partir de n'importe quel état de défaut ou d'erreur dans lequel il est forcé, avec une interruption minimale de ses fonctions. Cette reprise peut nécessiter une réinitialisation du processeur. Dans le cas où cette reprise n'est pas possible ou non réalisable de façon sûre, le constructeur doit en indiquer l'effet sur l'équipement.

6 Composants

6.1 Approvisionnement

6.1.1 Tous les composants doivent répondre à des spécifications particulières qui définissent les paramètres physiques et fonctionnels des composants.

6.1.2 Tous les composants utilisés doivent avoir été fabriqués en accord avec un système qualité répondant aux exigences de l'ISO 9001 ou de l'ISO 9002, selon le cas, ou d'un système qualité équivalent.

6.1.3 Les spécifications de composants données ci-dessus doivent être en conformité avec les normes ou documents listés ci-dessous:

- a) spécifications CEI;
- b) autres normes ou spécifications internationales, régionales ou nationales;
- c) spécification du constructeur du composant;
- d) spécification du constructeur d'équipement.

Lorsque c'est possible, dans les cas c) et d), les documents doivent faire référence aux spécifications génériques de la CEI.

6.1.4 Sauf dans le cas de 6.1.5, les composants utilisés doivent avoir plusieurs sources d'approvisionnement. Dans le cadre de cette norme, la «multisource» doit impliquer une interchangeabilité complète physique et fonctionnelle en accord avec la spécification détaillée de 6.1.1 ci-dessus.

6.1.5 Lorsque des composants monosources ne peuvent pas être évités, leur utilisation doit être justifiée et portée à l'attention de l'utilisateur au moment de l'offre.

6.1.6 Les composants et les familles de composants utilisés doivent être choisis sur la base d'une grande probabilité de continuation d'approvisionnement pendant une longue période après la mise en service de l'équipement. Si, malgré ces précautions, certains composants devenaient indisponibles pendant la période contractuelle de fourniture de l'équipement, le constructeur de l'équipement électronique doit informer l'utilisateur et fournir une solution de remplacement.

5.4.3 Watchdog

The equipment shall include a watchdog function to cause it to enter a recovery state in the case of failure of the operational software (e.g. software entering an unintended loop due to abnormal transient disturbances).

5.4.4 Error indication

On detection of errors, the processor shall record or indicate that such an event has occurred. It shall then enter a recovery state.

5.4.5 Recovery

The equipment shall, as far as possible, recover from any fault or error state, into which it may be forced, with minimum disruption to its functions. This recovery may require the processor to re-initialize. Where it is not safe or practicable to recover from this state, the manufacturer shall declare the effect on the equipment.

6 Components

6.1 Procurement

6.1.1 All components shall comply with detail specifications which define the components' functional and physical parameters.

6.1.2 All components used shall have been manufactured according to a quality system compliant with the requirements of ISO 9001 or ISO 9002 as relevant, or with an equivalent quality system.

6.1.3 The component specifications referenced above shall be in accordance with one of the standards or documents listed below:

- a) IEC specifications;
- b) other international, regional or national standards or specifications;
- c) specification of the component manufacturer;
- d) specification of the equipment manufacturer.

Wherever possible in cases c) and d), the documents shall refer to IEC generic specifications.

6.1.4 Except as provided for in 6.1.5, components with a multiple source of supply shall be used. For the purpose of this standard, "multiple sourcing" shall imply complete interchangeability in respect of fit and function according to the specification detailed in 6.1.1 above.

6.1.5 Where single source components cannot be avoided, this shall be justified and be drawn to the attention of the user at the tender stage.

6.1.6 The components and the families of components used shall be chosen on the basis of a high probability that further supplies will be available for a long time after the equipment is put into service. If, despite these precautions, certain components should become unavailable during the period covered by the equipment supply contract, the manufacturer of the electronic equipment shall inform the user and provide an alternative solution.

6.1.7 Les composants spécifiques, tels que les circuits hybrides ou les circuits intégrés à la demande (ASIC), doivent faire l'objet d'une spécification détaillée suffisamment précise pour permettre une conception ultérieure ou l'approvisionnement d'un produit strictement interchangeable d'un autre fournisseur.

6.2 Application

6.2.1 Tous les composants doivent être d'un niveau approprié à l'utilisation et être soumis aux exigences (par exemple environnement, qualité, durée de vie, etc.) décrites dans cette norme.

6.2.2 Pour les composants ou les technologies qui n'ont pas eu d'application ferroviaire, l'utilisateur peut exiger la preuve de la conformité de ces composants ou de ces technologies avec les exigences de cette norme.

6.2.3 Tous les composants doivent être utilisés

- a) en accord avec les exigences de base du fabricant de composants;
- b) de telle manière que la durée de vie et les performances de l'équipement ne soient pas compromises.

6.2.4 La responsabilité du choix de la gamme de températures, du déclassement, du montage, de la sélection des composants, etc. incombe complètement au constructeur.

A la demande de l'utilisateur, le constructeur doit démontrer au moment de l'offre (par exemple par calculs ou autres applications), que l'équipement répond à toutes les exigences mentionnées dans cette norme avec des références particulières à la fiabilité et à la durée de vie des composants, comme cela est décrit à l'article 4. La durée de vie des composants ne doit pas être inférieure à la durée de vie utile de l'équipement, sauf pour les composants à durée de vie connue comme cela est définie en 4.2.

7 Construction

7.1 Construction des équipements

Les équipements doivent être en conformité avec les règles de construction suivantes:

7.1.1 Protection mécanique

Tout élément remplaçable en ligne doit pouvoir être posé sur une surface plane, sur l'une quelconque de ses faces, sans causer de dommage mécanique aux composants. Si nécessaire, une protection mécanique doit être installée.

7.1.2 Détrompage

A la demande de l'utilisateur, toutes les unités remplaçables en ligne doivent être équipées de dispositifs de détrompage pour éviter toute erreur d'insertion.

7.1.3 Exigences dimensionnelles

Châssis, tiroirs et blocs enfichables doivent être en conformité avec les exigences de dimensions de la CEI 60297.

NOTE Les dimensions les plus couramment utilisées de la CEI 60297 sont les 3U et 6U avec des circuits imprimés d'une profondeur de 160 mm ou de 220 mm.

6.1.7 Specialized components such as custom hybrid circuits and application-specific integrated circuits (ASIC), shall be subject to a detail specification sufficiently precise to allow subsequent redesign or sourcing of a completely interchangeable device from an alternative supplier.

6.2 Application

6.2.1 All components used shall be of such a grade as to be appropriate for use in the application, and subject to the requirements (e.g. environment, quality, life expectancy, etc.,) described in this standard.

6.2.2 For components or technology which have no history of rail application, the user may require evidence that these components or technology comply with the requirements of this standard.

6.2.3 All components shall be used

- a) in accordance with the component manufacturer's basic specifications;
- b) in such a manner as not to compromise the equipment life or performance.

6.2.4 The choice of temperature range, derating, mounting and screening, etc. of components is the complete responsibility of the manufacturer.

If required by the user, the manufacturer shall demonstrate (e.g. by calculations or other applications), at the time of tendering, that the equipment fulfils all the requirements given in this standard with particular reference to reliability and the life of components as described in clause 4. The life expectancy of components shall be not less than the useful life of the equipment except for components with a known life as defined in 4.2.

7 Construction

7.1 Equipment construction

Equipment shall comply with the following constructional requirements.

7.1.1 Mechanical protection

It shall be possible to lay all line replaceable units (LRU) on a flat surface on any of their faces, without causing mechanical damage to any component. Where necessary, mechanical guards shall be fitted.

7.1.2 Polarization or coding

Where required by the user, all line replaceable units shall incorporate mechanical means of polarization or coding to prevent incorrect insertion.

7.1.3 Dimensional requirements

Racks, subracks, and plug-in units shall comply with the dimensional requirements of IEC 60297.

NOTE The most commonly used dimensions of IEC 60297 are 3U and 6U with printed board depths of 160 mm or 220 mm.

7.1.4 Supports et connecteurs

Au moment de l'offre, l'utilisateur peut interdire l'utilisation de supports de circuits intégrés et/ou de connecteurs encartables.

7.2 Montage des composants

L'équipement doit être conforme à la CEI 60321 et aux exigences de construction suivantes.

7.2.1 Implantation

Les différents composants doivent être positionnés, fixés et disposés entre eux et par rapport aux cadres de façon à pouvoir être contrôlés, enlevés et remplacés sans risque de détérioration ou de perturbation excessive des autres éléments ou du câblage.

Dans la mesure du possible, le marquage du composant monté doit être visible.

Les équipements doivent être conçus de façon telle qu'aucun composant ne soit fixé aux borniers à moins qu'un système de fixation ou qu'une carte imprimée auxiliaire soit prévue et que l'identification du composant soit préservée.

Les composants à dissipation thermique doivent être montés de façon à ne pas détériorer le circuit imprimé ou les autres composants.

7.2.2 Fixations

Les composants ne possédant pas de fixations mécaniques spécifiques, et dont la masse peut engendrer des contraintes ou dommages sur les connexions soudées, en raison des vibrations rencontrées pendant la vie de l'équipement, doivent être fixés à la carte imprimée.

Le mode de fixation utilisé doit permettre le remplacement des composants sans risque de détérioration de la carte imprimée.

Tous les composants doivent être montés suivant les recommandations du fabricant ou, en l'absence de celles-ci, de façon telle que la fixation n'affecte pas les performances du composant ou de l'élément, y compris les joints de soudure.

7.2.3 Terminaisons des composants

Les raccordements des composants doivent être réalisés de façon à ce que l'effort mécanique ou thermique soit inférieur aux valeurs limites définies pour ce composant.

Le pliage des connexions ne doit en aucun cas provoquer de détériorations ou de contrainte permanente au niveau du raccordement entre le corps du composant et la connexion.

7.2.4 Commandes préréglées

Lorsque des préréglages sont nécessaires pour des réglages de service (c'est-à-dire qui ne sont pas des ajustements internes), ils doivent être accessibles y compris lorsque l'équipement complet et les équipements adjacents sont en service.

Ces commandes doivent conserver leurs réglages en fonctionnement normal et doivent être protégées contre tout dérèglement accidentel.

7.2.5 Composants d'ajustage

Les composants d'ajustage doivent être soudés sur des plots pour faciliter leur changement en cas de réajustement.

7.1.4 Sockets and connectors

At the time of tendering the user may prohibit the use of integrated circuit sockets and/or edge connectors.

7.2 Component mounting

Equipment shall comply with IEC 60321 and the following constructional requirements.

7.2.1 Layout

Component parts shall be so located, secured and disposed with respect to each other and the structural members that they can be inspected, removed and replaced without damage to, or undue disturbance of, other parts or wiring.

Wherever possible, the marking on the fitted component shall be visible.

Equipment shall not be designed to have components attached to wiring terminal blocks unless adequate clamping or an auxiliary printed board assembly is provided and component identification is preserved.

Heat dissipating components shall be mounted so that they will not cause damage to the printed boards or any other components.

7.2.2 Fixing

Components which do not have specific mechanical fixings and whose weight may, through vibration during the life of the equipment, cause stress or damage to the soldered connections, shall be secured to the printed board.

The method of securing shall be such that the components can be replaced without damage to the printed board.

All components shall be mounted in accordance with the component manufacturer's recommendations or, in the absence of such recommendations, in such a way that the method of fixing has no adverse effect on the performance of the component or unit, including the soldered joints.

7.2.3 Component terminations

Connections to components shall be made such that no mechanical or thermal stress exceeds the limits specified for the component.

Bending of component leads shall not cause damage or permanent stress to the component body/lead junction.

7.2.4 Pre-set control

Where pre-set controls have been deemed necessary for operating adjustments (i.e. not internal calibration), they shall be accessible even with the complete equipment and adjacent equipments in operation.

Such controls shall retain their settings in normal operation and shall be protected against accidental adjustment.

7.2.5 Select-on-test (SOT) components

Where SOT components are used they shall be soldered to component mounting posts to facilitate removal for recalibration purposes.

7.3 Connexions électriques

Les connexions doivent être réalisées selon l'un des principes suivants.

7.3.1 Connexions soudées

Les connexions soudées ne doivent être utilisées que pour les composants spécialement conçus pour cet usage.

Les conducteurs souples/torsadés et les tresses métalliques conçus pour assurer la flexion ne doivent pas être soudés mais fixés par sertissage et toutes les contraintes doivent être supprimées au niveau des connexions électriques.

Les câbles et les connexions argentés ou dorés des composants ne doivent pas être soudés, sauf si l'épaisseur du revêtement est suffisamment fine pour éviter des effets néfastes sur les joints brasés.

Les conducteurs et les composants soudés doivent, dans la mesure du possible, être dessoudables sans affecter les autres raccordements.

Les flux de brasage ne doivent pas être corrosifs.

7.3.2 Connexions serties

Les connexions serties doivent être réalisées conformément aux exigences de la CEI 60352-2.

7.3.3 Connexions enroulées

Toutes les connexions enroulées doivent être réalisées au moins conformément à la CEI 60352-1 et être de type renforcé. Une connexion soudée et une connexion enroulée sur la même borne ne sont pas autorisées. Le fil utilisé doit être adapté au procédé d'enroulage choisi et la connexion enroulée doit être constituée d'au moins trois spires jointives.

7.3.4 Autres connexions

Les autres types de connexions, par exemple le déplacement d'isolant, l'insertion en force, etc. ne doivent être utilisés qu'après accord préalable de l'utilisateur.

7.4 Câblage interne souple (électrique ou optique)

Les câbles sujets à flexion doivent être équipés de colliers ou de supports placés près des raccordements et à des points adaptés le long de leur cheminement.

Le câblage doit être réalisé de façon à ne pas être affecté par les températures extrêmes.

Le câblage ne doit pas avoir un rayon de courbure inférieur à la valeur minimale spécifiée par le fabricant. Si cette valeur minimale n'est pas précisée pour le câble électrique, le rayon de courbure intérieur ne doit pas être inférieur au diamètre total du câble avec son isolant.

Le câblage doit passer dans des oeillets ou des passe-fils chaque fois qu'il traverse un matériau susceptible de provoquer des dégradations.

Le câblage interne doit être maintenu par des colliers, des supports, des gouttières ou tout moyen similaire.

Le câblage doit être bridé dans les prises et les fiches de façon à ce que les connexions internes au connecteur ne soient pas soumises à des efforts de traction ou de torsion préjudiciables lors d'une utilisation normale ou de manipulations.

Si possible, on doit prévoir une longueur de câble suffisante à chacune de ses extrémités pour permettre de refaire une connexion.

7.3 Electrical connections

Connections shall be of the following types.

7.3.1 Soldered connections

Soldered connections shall be made only for components specially designed for that purpose.

Flexible/stranded conductors and metallic braiding designed for flexing shall not be soldered but fitted with crimped tags, and strain shall be relieved before the electrical connections.

Silver- or gold-plated wires or components shall not be soldered, unless the plating is thin enough to avoid any adverse effect on the joints.

Soldered wires and components shall as far as possible be capable of disconnection without disturbing other connections.

Solder fluxes shall be non-corrosive.

7.3.2 Crimped connections

Crimped connections shall be in accordance with the requirements of IEC 60352-2.

7.3.3 Wire-wrap connections

All wire-wrap connections shall, as a minimum, comply with IEC 60352-1 and be of the modified type. Soldered and wrapped wire connections on the same post are not allowed. The wire used shall be suitable for the chosen wrapping process, and at least three turns of the wire shall be in close contact.

7.3.4 Other connections

Other methods of connection, e.g. insulation displacement, press-fit, etc., shall only be used by prior agreement with the user.

7.4 Internal flexible wiring (electrical and optical)

Wiring which could be subjected to flexing shall be provided with suitable clamps, sheaths or supports adjacent to the terminations and at suitable locations along its route.

Wiring shall be so arranged that its performance shall not be affected by extremes of temperature.

Wiring shall not be bent to a radius less than the minimum permissible value specified by its manufacturer. Where a minimum radius is not specified for electrical cable, the inside radius of the bend shall be not less than the overall diameter of the wire, including its insulation.

Grommets or bushes shall be fitted where wiring passes through any material likely to cause abrasion damage.

Internal wiring shall be adequately supported by clamping, looming, troughing, or similar means.

Wiring shall be clamped into plugs and sockets in such a way that the connections inside the connector cannot be subjected to detrimental tensile or torsional stress under normal operation and handling.

Where practical, sufficient wire shall be provided to enable a re-connection to be made at each end of the wire.

Les câbles blindés doivent être recouverts d'une gaine isolante.

Le câblage doit être repéré à l'aide du schéma de câblage point à point ou d'une liste de câblage.

7.5 Câblage imprimé souple

Le câblage imprimé souple doit être réalisé selon les prescriptions de la CEI 61188-5.

Le câblage imprimé souple ne doit pas supporter de composants autres que des connecteurs.

Le matériau de base doit être thermiquement et mécaniquement adapté à l'application. Il doit être auto-extinguible et ne pas favoriser la reprise d'humidité.

Les pliages à angle aigu doivent être évités dans la mesure du possible. Le rayon minimal de pliage ne doit pas être trop petit pour ne pas entraîner de fissure ou de détérioration du matériau de base ou de la couche de fermeture.

Le support doit être prévu pour qu'aux raccordements la séparation du matériau de base ou de la couche de fermeture ne puisse pas se produire.

Tout raccordement suivant cette technique doit permettre une reconnexion sans provoquer de détérioration du câblage.

7.6 Cartes imprimées flexibles et rigides

7.6.1 Types de cartes imprimées

Les types de cartes imprimées suivants peuvent être utilisés:

- rigide, simple ou double face;
- souple et flexorigide, simple ou double face;
- rigide, multicouche.

Les pistes de signaux en couches internes ne doivent pas être connectées directement au câblage du véhicule, sauf si des protections spécifiques contre des conditions de défaut externe sont utilisées.

Tous les trous utilisés pour les brasures de connexions doivent être métallisés, avec des pastilles sur les deux faces de la carte.

D'autres types peuvent être utilisés après accord préalable de l'utilisateur.

7.6.2 Approvisionnement

Les circuits imprimés doivent être approvisionnés et fabriqués selon les dispositions de la CEI 61188-5.

D'autres normes d'un domaine d'application équivalent peuvent être utilisées après accord préalable de l'utilisateur.

7.6.3 Implantation des pistes

L'implantation des pistes doit être effectuée en conformité avec les prescriptions de la CEI 61188-5, en fonction des conditions de service de la présente norme.

Screened cables shall have an insulating sheath.

All wiring shall be readily traceable to a point-to-point wiring diagram or list.

7.5 Flexible printed wiring

Flexible printed wiring shall be designed and constructed in accordance with IEC 61188-5.

Flexible printed wiring shall not carry components other than connectors.

The base material shall have suitable temperature ranges and mechanical properties to suit the application. It shall be flame-retardant and drip-proof.

Wherever possible sharp bends shall be avoided. The minimum bending radius shall not be so small that it results in cracking or deterioration of the base material or the overlay.

Adequate support to any transition termination shall be provided to ensure that separation of the base material or underlay does not occur.

Any termination using this technique shall be capable of re-connection without damage to the wiring system.

7.6 Printed boards – flexible and rigid

7.6.1 Printed board types

The following types of printed board may be used:

- rigid single- or double-sided;
- flexible and flexrigid, single- or double-sided;
- rigid multilayer.

Unless specific protection against external fault conditions are taken, signal tracks on inner layers shall not be used for direct connection to the vehicle wiring.

All holes used for soldered connections shall be plated through, with pads on both sides.

Other types may be used with prior approval of the user.

7.6.2 Procurement

Printed boards shall be procured and manufactured according to the provisions of IEC 61188-5.

Alternative standards of equivalent scope may be used with prior approval of the user.

7.6.3 Board layout

Board layout shall be carried out according to IEC 61188-5 with due regard to the service conditions of this standard.

7.6.4 Matériaux

Pour les circuits imprimés rigides et multicouches, le matériau de base doit être en verre époxy tissé, recouvert d'une feuille laminée, à inflammabilité définie (essai à la flamme verticale) conformément à la CEI 61249-2-7.

Pour les circuits imprimés souples, le matériau de base doit être un film polyimide cuivré flexible à inflammabilité définie (essai à la flamme verticale), conformément à la CEI 61249-2-7.

D'autres matériaux peuvent être utilisés à condition que leurs performances soient au moins égales à celles des matériaux de base spécifiés ci-dessus.

7.7 Vernis de protection pour cartes imprimées équipées

Toutes les cartes imprimées équipées doivent être protégées sur les deux faces par un vernis de protection transparent, afin d'éviter des détériorations ou dégâts dus à l'humidité ou à des polluants atmosphériques. Ce vernis de protection ne doit pas avoir d'incompatibilité avec les autres matériaux ou composants utilisés.

Le vernis de protection ne doit pas être appliqué sur les supports de circuits intégrés, les points d'essai ou sur les surfaces d'insertion des connecteurs directs, etc.

La réparation d'une carte imprimée équipée et vernie doit être possible sans obligation de retirer complètement le vernis.

Après réparation, la carte imprimée doit être localement revernie.

7.8 Identification

7.8.1 Identification de la carte nue

Le dessin de la carte nue doit comporter les informations permettant son identification correcte y compris son indice de révision.

7.8.2 Identification des tiroirs et cartes équipées

Le marquage des tiroirs et cartes équipées doit permettre leur identification correcte, y compris celle de leur numéro de série et leur indice de révision. Toutes les étiquettes doivent être claires, imprimées en caractères gras, concises et durables.

Le marquage de chaque unité remplaçable en ligne doit aussi inclure son identification, le nom ou la marque du constructeur et le numéro de série.

Des moyens doivent être prévus sur les tiroirs et cartes équipées pour pouvoir enregistrer toute modification d'indice de révision (installation, forme ou fonctionnement).

Lorsque c'est possible, l'étiquette d'identification doit être placée sur la face avant du bloc enfichable.

Pour des raisons de maintenance, il est aussi souhaitable que l'étiquette de modification soit installée sur cette face avant.

7.8.3 Position de montage des tiroirs et cartes équipées

L'emplacement de chaque tiroir ou carte équipée doit être marqué pour leur repérage.

7.6.4 Materials

The base material shall be an epoxide woven, glass-fabric laminated sheet of defined flammability (vertical burning test) for rigid printed boards and for use in the fabrication of multilayer printed boards, according to IEC 61249-2-7.

For flexible printed boards the base material shall be a flexible copper-clad polyimide film of defined flammability (vertical burning test), according to IEC 61249-2-7.

Other materials may be used providing they meet or exceed the performance of the base material specified above.

7.7 Protective coatings for printed board assemblies

All printed board assemblies shall be protected on both sides with a protective transparent coating in order to prevent deterioration or damage due to such causes as moisture and atmospheric contaminants. The coating shall not have any adverse reaction with any other materials or components used.

The protective coating shall not be applied to integrated circuit sockets, test points or to connector-contact mating surfaces, etc.

It shall be possible to repair a coated printed board assembly without the need for complete removal of the coating.

After repairing, the printed board shall be locally recoated.

7.8 Identification

7.8.1 Bare printed board identification

The artwork shall reproduce sufficient information to enable its correct identification, including its revision.

7.8.2 Identification of subracks and printed board assemblies

Labelling of subracks and printed board assemblies shall be adequate to enable their correct identification, including serial number and revision. All labels shall be clear, in bold characters, concise and durable.

Labelling of a line replaceable unit shall also include its identification name, manufacturer's name or trade-mark and serial number.

Means shall be provided on the subracks and printed board assemblies to record any change to fit, form or function.

Where possible, the identification label shall be placed on the front panel of plug-in units.

For maintenance purposes it is also desirable that the modification label be fitted to this front panel.

7.8.3 Mounting position of subracks and printed board assemblies

Each mounting position shall be marked to indicate the type of subrack or printed board assembly to be located in that position.

7.8.4 Identification des batteries et fusibles

Le calibre de chaque fusible doit être indiqué à côté de celui-ci.

Lorsque des accumulateurs ou des piles sont utilisés à l'intérieur de l'équipement, une étiquette indiquant leur présence et la date recommandée de leur remplacement doit figurer sur la face avant du module qui les contient.

7.9 Montage

L'équipement doit être installé dans une structure permettant son fonctionnement dans les conditions de service spécifiées. Cette structure peut être

- pour un équipement principal: une armoire, des châssis, des tiroirs et des cartes équipées;
- pour des équipements plus petits: des boîtiers individuels étanches.

Dans chaque cas, l'enveloppe doit assurer la protection nécessaire (code IP selon la CEI 60529) par rapport aux conditions de service, et doit permettre le démontage et la réparation de l'équipement concerné.

Un enrobage assurant une protection complémentaire (la protection, par exemple, d'une carte équipée par un enrobage silicone, une résine ou un autre matériau) est déconseillé et doit être utilisé uniquement lorsque des conditions spéciales d'environnement l'imposent (par exemple dans le cas d'un capteur extérieur).

Si le constructeur désire utiliser un ensemble enrobé, il doit avertir l'utilisateur le plus tôt possible.

NOTE Les exigences de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux composants individuels tels que les circuits hybrides, ASIC, etc.

7.10 Refroidissement et ventilation

Le refroidissement à l'intérieur de l'équipement ne doit pas s'effectuer par ventilation forcée, à moins que des précautions convenues entre les parties concernées ne soient prises afin de ne pas affecter la durée de vie de l'équipement par l'introduction de polluants.

L'équipement doit être protégé contre tout défaut du système de ventilation forcée susceptible d'être utilisé. Les performances spécifiées de l'équipement doivent être maintenues jusqu'à la mise en action du dispositif de protection.

(Dans ce cas, il convient de prendre en compte les effets sur la durée de vie de l'équipement suite à l'utilisation des composants en dehors de leurs valeurs maximales spécifiées).

7.11 Matériaux et produits de finition

Les matériaux et produits de finition employés doivent être adaptés aux conditions d'utilisation et doivent être choisis en tenant compte de l'environnement, de l'usure et du vieillissement, de même que du risque de toxicité sur les personnes.

Tous les matériaux doivent être indéformables, insensibles à l'hygrométrie, résistants aux moisissures et soit ininflammables, soit non propagateurs de la flamme.

L'utilisateur doit fournir la liste des matériaux interdits ou contrôlés par des lois nationales.

De plus, le constructeur doit spécifier le processus d'élimination des produits contenant des matières toxiques.

7.8.4 Fuse and battery identification

All fuse ratings shall be indicated adjacent to the fuse.

Where batteries are used inside the equipment, the front panel of the module in which they are placed shall be marked to indicate their presence and to show the recommended date of replacement.

7.9 Mounting

The equipment shall be mounted in some way to ensure its ability to operate in the specified service conditions. Such mounting may comprise

- for major equipment: a cubicle, a number of racks, subracks and printed board assemblies;
- for smaller, localized equipments: individual sealed enclosures.

In each case, the enclosure shall provide the necessary protection (IP code according to IEC 60529) from the service conditions, and permit dismantling and repair of the contained equipment.

Encapsulation (the covering of, for example, a printed board assembly with silicon rubber, resin or other material) to provide additional protection is discouraged and shall be used only where (for example in the case of a remotely mounted transducer) special environmental conditions dictate it.

If the manufacturer intends to use encapsulation, he shall advise the user at the earliest possible stage.

NOTE The requirements of this subclause do not include individual components such as hybrid circuits, ASICs, etc.

7.10 Cooling and ventilation

Cooling shall not be achieved by the forced induction of air into the equipment enclosure, unless precautions agreed between involved parties are taken to ensure that the life of the equipment is not thereby adversely affected by the introduction of contaminants.

Where fan-assisted cooling is used, the equipment shall be protected so that no damage occurs due to the failure of the cooling system. The full performance specification shall be maintained until the related protective device operates.

(Damage in this context includes effects on the equipment life due to the operation of any component beyond its maximum specified ratings).

7.11 Materials and finishes

Materials and finishes shall be suitable for the conditions of use and shall be chosen with respect to the environment, wear and ageing factors, as well as to the risk of toxic influences on persons.

All materials shall be dimensionally stable, non-hygroscopic, resistant to fungal growth and either non-ignitable or flame-retardant.

The user shall provide a list of materials which are forbidden or controlled by national law.

In addition, the manufacturer shall specify the method of disposal of any component which contains toxic material.

8 Sécurité

Ces mesures sont relatives à la fois à l'équipement principal et à tout équipement de maintenance, aux outils et aux procédures.

8.1 Généralités

L'équipement doit être conçu, construit et installé (en application du contrat) en conformité avec la législation nationale de sécurité en vigueur dans le ou les pays d'utilisation définis par l'utilisateur.

8.2 Sécurité de fonctionnement

Les fonctions relatives à la sécurité du matériel ou du système et leurs exigences spécifiques d'intégrité de sécurité doivent être définies en accord avec la CEI 62278 (paragraphe 4.3, 4.6 et 4.7).

NOTE Le niveau d'intégrité de sécurité pour tout logiciel ayant une fonction liée à la sécurité est dépendant du niveau des mesures de réduction de risques externes ou des systèmes de protection appliqués à cette fonction. Par exemple un circuit câblé «en sécurité intrinsèque» ou un appareil mécanique «en sécurité intrinsèque». Quand tous les risques liés à la sécurité sont couverts par de telles mesures, alors le logiciel associé n'est pas lié à la sécurité et est classé au niveau zéro d'intégrité de la sécurité.

8.3 Sécurité du personnel

L'utilisateur doit spécifier, au moment de l'offre, les exigences relatives à la sécurité du personnel, en ce qui concerne l'équipement, la construction et l'utilisation des matériaux.

9 Documentation

Comme indiqué à l'article 5, la structure de la documentation associée à la phase de conception de l'équipement doit respecter les exigences de l'ISO 9001.

9.1 Fourniture et archivage de la documentation

Le constructeur et l'utilisateur doivent se mettre d'accord par écrit sur

- la quantité, l'objet, le contenu, la présentation, le support et la procédure de mise à jour de la documentation exigée par l'utilisateur;
- l'objet, les conditions et la durée d'archivage de la documentation par le constructeur.

Cet accord écrit ne doit être considéré comme valable que s'il est inclus dans le contrat.

9.2 Documentation relative au matériel et au logiciel

Les éléments ci-après constituent une liste de la documentation que l'on peut raisonnablement estimer être exigée par l'utilisateur.

9.2.1 Documentation relative au matériel

Les éléments ci-après constituent une liste pour la documentation relative au matériel:

- le nom et le type de l'équipement;
- les objectifs fonctionnels de l'équipement;
- la composition de l'équipement complet;
- le principe de fonctionnement;
- les instructions de mise en service et les données d'initialisation;
- la description du fonctionnement des circuits, incluant les formes d'onde de tension et de courant, les temps de montée, etc., si appropriés;

8 Safety

These provisions relate to both the main equipment and any maintenance equipment, tools or procedures.

8.1 General

Equipment shall be designed, constructed and installed (as relevant to the contract) in full accordance with the current national safety legislation of the country or countries of use, as defined by the user.

8.2 Functional safety

Safety related functions for the equipment or system and their specific safety integrity requirements shall be defined in accordance with IEC 62278 (subclauses 4.3, 4.6 and 4.7).

NOTE Safety integrity level for any software associated with a safety related function is dependent on the level of external risk reduction measures or protective systems applied to that function. For example a hard wired "fail safe" circuit or a "fail safe" mechanical device. Where all safety risk is covered by such measures, then the associated software is not safety related and classed as safety integrity level zero.

8.3 Personnel safety

The user shall identify any requirements related to personnel safety, in respect of equipment, construction and use of materials, at the time of tendering.

9 Documentation

As referenced in clause 5, the equipment design shall be documented according to the provisions of ISO 9001.

9.1 Supply and storage of documentation

The supplier and user shall agree in writing on

- a) the quantity, scope, content, presentation, medium and updating process of documentation required by the user;
- b) the scope, conditions and duration applying to the storage of documentation by the supplier.

Such written agreement shall be considered only if contained within the contract.

9.2 Hardware and software documentation

The following items provide a check list for documentation which might reasonably be expected to be required by the user.

9.2.1 Hardware documentation

The following items provide a check list for hardware documentation:

- a) equipment name and type;
- b) functional purpose of the equipment;
- c) composition of the complete equipment;
- d) principle of operation;
- e) commissioning instructions and pre-setting data;
- f) description of circuit operation, including voltage and current waveforms, rise times, etc., where appropriate;

- g) la description fonctionnelle de l'interface;
- h) les indices de modification;
- i) certains documents de fabrication (schémas des circuits, schémas de câblage, etc.);
- j) la procédure de diagnostic à bord/hors du véhicule et l'équipement d'essai nécessaire;
- k) les précautions de stockage;
- l) le synoptique commenté;
- m) le schéma d'implantation et les plans de montage mécanique;
- n) la liste des composants;
- o) les spécifications des composants (y compris ASIC, FPGA, etc.) et les informations sur les sources d'approvisionnement de ces composants (c'est-à-dire le constructeur);
- p) les points d'essai;
- q) la liste des composants à durée de vie limitée;
- r) les informations concernant les matériaux dangereux qui pourraient se trouver dans les équipements et qui ont été acceptés par l'utilisateur;
- s) les informations relatives aux risques possibles d'implosion ou d'explosion à l'intérieur de l'équipement ou susceptibles de se produire lors de l'utilisation ou de la manipulation.

9.2.2 Documentation relative au logiciel

Les éléments ci-après constituent une liste pour la documentation relative au logiciel:

- a) une spécification des exigences du logiciel décrivant comment le constructeur satisfait la spécification des exigences du système;
- b) un descriptif logiciel présentant l'architecture et la conception du logiciel permettant de répondre à la spécification des exigences du logiciel;
- c) pour chaque module:
 - la description de ses caractéristiques d'exécution (par exemple entrées, sorties, fonction);
 - le code source écrit (assembleur ou langage évolué, selon le cas);
 - les prescriptions et les résultats d'essai;
- d) le dictionnaire de données, qui définit toutes les variables globales et toutes les constantes globales;
- e) l'implantation de la mémoire système;
- f) la dépendance matérielle (c'est-à-dire les exigences matérielles pour le logiciel);
- g) les détails du système de développement utilisé;
- h) les références détaillées de tous les outils utilisés pour développer le logiciel;
- i) les exigences d'essais d'intégration et les résultats.

9.3 Exigences sur la documentation

9.3.1 Documents

Tous les documents soumis à l'utilisateur doivent comporter un numéro de dessin approprié, un titre précisant l'élément particulier représenté et le type de plan.

Tous les documents et toutes les nomenclatures doivent porter un indice d'édition ou de révision ainsi qu'un libellé de chaque modification.

Tous les symboles graphiques utilisés doivent être conformes à la CEI 60617.

- g) functional interface description;
- h) modification status;
- i) certain manufacturing documents (circuit diagrams, wiring diagrams, etc.);
- j) on/off-vehicle diagnostic procedures and test equipment required;
- k) storage precautions;
- l) annotated functional block diagram;
- m) layout diagrams and mechanical arrangement drawings;
- n) component list;
- o) component specifications (including ASICs, FPGAs, etc.) and sourcing (i.e. manufacturer) information;
- p) test points;
- q) list of limited life components;
- r) information relating to any hazardous materials which may be present in the equipment and which were approved by the user;
- s) information relating to any implosion or explosion hazards within the equipment or which may occur in use or in handling.

9.2.2 Software documentation

The following items provide a check-list for software documentation:

- a) a software requirement specification describing the manufacturer's way to fulfill the requirement specifications for the system;
- b) a software description indicating the architecture and design of the software to meet the software requirement specification;
- c) for each module:
 - the performance description (e.g. input, output, function);
 - the written source code (assembler or high level, as appropriate);
 - test requirements and test results;
- d) data dictionary which defines all global variables and global constants;
- e) the system memory map;
- f) the hardware dependency (i.e. hardware requirements for the software);
- g) details of development system used;
- h) reference details of any tool used to develop the software;
- i) integration test requirements and results.

9.3 Documentation requirements

9.3.1 Documents

All documents submitted to the user shall bear an appropriate drawing number and title indicating the particular item shown and the type of drawing.

All documents and component lists shall have an issue or revision index and a record of modification.

All graphical symbols shall comply with IEC 60617.

9.3.2 Schémas des circuits

Les schémas des circuits doivent être établis pour chaque carte équipée et bloc enfichable de l'équipement complet.

Tous les schémas des circuits doivent être réalisés, dans la mesure du possible, pour que la séquence principale des événements se déroule de la gauche vers la droite (et si nécessaire, pour des raisons de disposition, du haut vers le bas).

Dans la mesure du possible, le schéma des circuits de chaque unité doit former un tout pouvant facilement être rattaché aux autres schémas et suffisamment explicite. Sur ces schémas doivent être montrés

- les niveaux de tension d'alimentation et les interconnexions;
- les connexions entre les circuits basse tension;
- les connexions entre ces circuits, l'équipement électronique, les capteurs et les unités de contrôle ou de commande;
- la mise à la masse des pièces métalliques;
- les connexions entre les lignes de zéro volt électronique;
- les boîtiers et leurs connexions;
- les câbles blindés ou torsadés.

Les composants discrets externes à une carte équipée ou à un bloc enfichable mais essentiels à son fonctionnement doivent être représentés en pointillés sur le schéma du circuit et identifiés de façon appropriée.

Tous les symboles des composants doivent être identifiés par leur repère au schéma. La valeur nominale des composants doit être indiquée sur le schéma de principe si la nomenclature ne fait pas partie du schéma.

Les points de connexion doivent être identifiés ou repérés pour les composants ayant trois connexions ou plus.

La fonction de tous les dispositifs de commande, d'interruption et d'autres indications doit être indiquée conformément au marquage de l'équipement. Les symboles des commutateurs doivent être représentés par une flèche indiquant le sens horaire vue par l'utilisateur.

Les relais doivent toujours être représentés en position de repos.

9.3.3 Nomenclature

Les nomenclatures doivent préciser, pour chaque repère au schéma, la référence et la spécification de ce composant.

9.3.4 Implantation des composants

Les plans d'implantation des composants doivent indiquer l'emplacement de chaque composant utilisé dans une carte équipée ou un bloc enfichable, marqué avec son numéro de référence du circuit et les détails de polarité.

9.3.5 Synthétiques

Les synthétiques réalisés conformément à la CEI 60617, à la CEI 61082-1, la CEI 61082-2, la CEI 61082-3 et la CEI 61082-4 doivent indiquer le flux d'informations entre les différentes parties identifiées d'un système.

9.3.2 Circuit diagrams

Circuit diagrams shall be generated for each printed board assembly and plug-in unit of the complete equipment.

Where practicable, all circuit diagrams shall be drawn so that the main sequence of events on the signal path is from left to right (and where necessary for arrangement purposes, from top to bottom).

Wherever practicable, the circuit diagram for any one unit shall be completely self-contained, self-explanatory, readily related to other circuit diagrams and shall show

- supply voltage levels and interconnections;
- connections between the low-voltage circuits;
- connections between these circuits, the electronic equipment, the transducers and the controlled or monitored devices;
- earth connections of the metallic parts;
- connections between the electronic zero volt lines;
- casings and their connections;
- screened or twisted cables.

Discrete components external to a printed board assembly or plug-in unit but essential to its operation shall be shown in dotted outline on the circuit diagram and be appropriately identified.

All component symbols shall be marked with their circuit references and the nominal value of components shall be marked on the circuit diagram where the component list is not included on the same diagram.

Components with three or more connections shall have the connection points identified or marked.

The function of all controls, switches and indicating devices shall be indicated in accordance with the inscriptions marked on the equipment. The symbols for rotary controls shall be marked with an arrow indicating clockwise rotation of the spindle when viewed from the operating end.

Relays shall always be shown in the de-energized position.

9.3.3 Component lists

Component lists shall identify, for each component, its reference number and the specification of that component.

9.3.4 Component layout

Component layout drawings shall show the location of each individual component used in a printed board assembly or plug-in unit, marked with its circuit reference number, outline and polarizing details, where used.

9.3.5 Block diagrams

Block diagrams with symbols conforming to IEC 60617, IEC 61082-1, IEC 61082-2, IEC 61082-3 and IEC 61082-4 shall show the flow of information between the identifiable parts of a system.

9.3.6 Schémas de câblage

Les schémas et listes de câblage doivent indiquer les liaisons entre les différentes parties de l'équipement ainsi que les liaisons extérieures (par exemple alimentation, distribution, alarme, etc.).

9.3.7 Schémas des interconnexions

Les schémas et listes d'interconnexions doivent indiquer les connexions nécessaires entre les équipements et tous les éléments qui lui sont connectés par des câbles externes.

Ces schémas doivent également indiquer les types de câble utilisés pour ces connexions ainsi que toutes les procédures de raccordement et câblage spécifique destinées à réduire les interférences.

9.3.8 Plans des équipements

Les plans des équipements doivent indiquer leur emplacement à l'intérieur des châssis ou des tiroirs, la disposition des ensembles et sous-ensembles à l'intérieur d'un coffret, et les principales caractéristiques mécaniques de toutes les armoires, châssis, tiroirs, blocs enfichables et cartes équipées.

10 Essais

10.1 Catégories d'essais

Il y a trois catégories d'essais:

- les essais de type;
- les essais de série;
- les essais d'investigation.

Au moment de l'offre, l'utilisateur doit indiquer tout essai soumis à un accord (voir 10.2).

Un plan d'essai donnant la liste de tous les essais à exécuter et leurs spécifications doit être rédigé par le constructeur.

Pendant les essais de type et de série, l'équipement doit fonctionner correctement et ses performances ne doivent pas être en dehors de sa spécification.

NOTE Certains essais soumis à un accord pouvant être coûteux, il est conseillé de n'effectuer que ceux qui sont nécessaires. L'utilisateur peut exiger d'assister aux essais et d'en contrôler les résultats. Les dispositions nécessaires doivent être précisées au contrat.

10.1.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués pour vérifier qu'une production satisfait aux exigences spécifiées.

Les essais de type doivent être exécutés sur un seul équipement d'un modèle et d'un procédé de fabrication donnés.

Si un équipement complet ou une partie de celui-ci est à peu près identique à un équipement essayé antérieurement, le constructeur peut présenter un procès-verbal de ces essais, qui doivent comprendre au minimum les essais définis dans cette norme. Dans de tels cas, il n'est pas nécessaire de recommencer ces essais sur l'équipement considéré, après l'accord du client.

Certains de ces essais ou tous ces essais peuvent être répétés périodiquement sur des échantillons prélevés sur la production ou les livraisons en cours, selon accord entre l'utilisateur et le constructeur, de façon à confirmer que la qualité de la production est toujours conforme aux exigences spécifiées.

9.3.6 Wiring diagrams

Wiring diagrams and charts shall show the inter-unit wiring within equipment enclosures and, in addition, the services provided (i.e. supplies, distribution, alarms, etc.).

9.3.7 Interconnection diagrams

Interconnection diagrams and charts shall show the necessary connections between equipment enclosures and all items connected to the equipment by means of external cables.

They shall also show the type of cable to be used for these connections and any special arrangements for terminating or special wiring arrangements to reduce interference.

9.3.8 Equipment drawings

Equipment drawings shall show the layout of equipment mounted in racks or subracks, the disposition of units and sub-units within an enclosure, and the essential mechanical features of all cubicles, racks, subracks, plug-in units and printed board assemblies.

10 Testing

10.1 Categories of test

There are three categories of test:

- type tests;
- routine tests;
- investigation tests.

At the time of tendering, the user shall identify any tests subject to agreement (see 10.2).

A test plan listing all the tests to be performed and their specifications shall be written by the manufacturer.

During the type tests and routine tests, the equipment shall not malfunction or produce a performance which is outside its specification.

NOTE Since some of the tests subject to agreement may be costly, it is advisable to carry out only those tests which are necessary. The user may require to witness and check the results of any tests. Arrangements for this shall be contained in the contract.

10.1.1 Type tests

Type tests shall be carried out to verify that a product meets the specified requirements.

Type tests shall be performed on a single equipment of a given design and manufacturing process.

If a complete equipment, or a part of it, is almost identical to one tested previously, the manufacturer may supply a certificate of previous tests which shall cover at least the tests given in this standard. In such cases, it is not necessary to repeat these tests on the unit under consideration, after agreement by the user.

Some or all of these tests may be repeated from time to time on samples drawn from current production or deliveries, according to an agreement between the user and the manufacturer, so as to confirm that the quality of the product still meets the specified requirements.

De plus l'utilisateur peut exiger du constructeur de répéter un essai de type soit en totalité soit partiellement dans le cas:

- d'une modification de l'équipement susceptible d'affecter sa fonction ou son mode de fonctionnement;
- d'un défaut ou de variations apparues pendant les essais de type ou de série;
- d'une reprise de production après une interruption supérieure à cinq ans;
- d'un changement du lieu de production.

10.1.2 Essais de série

Les essais de série doivent être exécutés pour vérifier que les caractéristiques du produit correspondent bien à celles vérifiées lors de l'essai de type. Les essais de série doivent être exécutés par le constructeur sur chaque équipement.

10.1.3 Essais d'investigation

Les essais d'investigation ont pour but d'obtenir des informations complémentaires concernant les performances de l'équipement électronique en dehors des exigences spécifiées. Elles doivent être spécialement demandées soit par l'utilisateur soit par le constructeur et doivent faire l'objet d'un accord contractuel.

Les résultats des essais d'investigation ne peuvent entraîner ni refus de l'équipement ni pénalité.

NOTE De tels essais ne sont pas décrits dans la présente norme.

10.2 Liste des essais

Le Tableau 2 donne la liste des essais de type et de série pour un équipement électronique.

Tableau 2 – Liste des essais

	Essai	Type	Série	Paragraphe
1	Inspection visuelle	*	*	10.2.1
2	Essai de fonctionnement	*	*	10.2.2
3	Essai de froid	*	–	10.2.3
4	Essai de chaleur sèche	*	–	10.2.4
5	Essai de chaleur humide (cyclique)	–	–	10.2.5
6	Essai de surtension, de transitoires et de décharge électrostatique	*	–	10.2.6
7	Essai de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves	*	–	10.2.7
8	Essai d'interférence radioélectrique	–	–	10.2.8
9	Essai d'isolement	*	*	10.2.9
10	Essai de brouillard salin	–	–	10.2.10
11	Essai de vibrations, chocs et secousses	*	–	10.2.11
12	Essai d'étanchéité	–	–	10.2.12
13	Déverminage de l'équipement	–	–	10.2.13
14	Essai de stockage à basse température	–	–	10.2.14

NOTE 1 La réalisation des essais repérés par le signe «*» est obligatoire.

NOTE 2 La réalisation des essais repérés par le signe «–» est subordonnée à un accord contractuel entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE 3 Pour les besoins de ces essais, la température ambiante doit être de $+25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

In addition, the user may request the manufacturer to repeat a type test, either totally or in part, following

- a modification of equipment likely to affect its function or method of operation;
- a failure or variations established during type or routine tests;
- the resumption of production after an interruption of more than five years.
- a change of manufacturing site.

10.1.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured during the type test. Routine tests shall be performed by the manufacturer on all equipment.

10.1.3 Investigation tests

Investigation tests are intended to obtain additional information regarding the performance of the electronic equipment outside its specified requirements. They shall be specially requested, either by the user or by the manufacturer, and subjected to contract agreement.

The results of investigation tests may not be used as grounds for refusing acceptance of the equipment or to invoke penalties.

NOTE These tests are not described in this standard.

10.2 List of tests

Table 2 lists the type and routine tests for electronic equipment.

Table 2 – List of tests

	Test	Type	Routine	Subclause
1	Visual inspection	*	*	10.2.1
2	Performance test	*	*	10.2.2
3	Cooling test	*	–	10.2.3
4	Dry heat test	*	–	10.2.4
5	Damp heat test (cyclic)	–	–	10.2.5
6	Supply overvoltages, surges and electrostatic discharge tests	*	–	10.2.6
7	Transient burst susceptibility test	*	–	10.2.7
8	Radio interference test	–	–	10.2.8
9	Insulation test	*	*	10.2.9
10	Salt mist test	–	–	10.2.10
11	Vibration, shock and bump test	*	–	10.2.11
12	Watertightness test	–	–	10.2.12
13	Equipment stress screening	–	–	10.2.13
14	Low temperature storage test	–	–	10.2.14
NOTE 1 The execution of tests marked "*" is mandatory.				
NOTE 2 The execution of tests marked "–" is subject to contract agreement between the user and the manufacturer.				
NOTE 3 For the purpose of these tests ambient temperature shall be defined as +25 °C ± 10 °C.				

10.2.1 Inspection visuelle

L'inspection visuelle doit être exécutée pour s'assurer que l'équipement est correctement construit et répond aux exigences spécifiées, autant que l'on puisse en juger.

Une inspection visuelle doit aussi être exécutée après un essai de type pour vérifier qu'aucune détérioration ne s'est produite à l'issue de ces essais.

10.2.2 Essai de performance

Les mesures doivent être effectuées à la température ambiante.

Pour les essais de type, l'essai de fonctionnement doit consister en une série complète de mesures des caractéristiques de l'équipement particulier concerné pour vérifier que ses performances sont conformes à ses exigences fonctionnelles, comprenant les exigences de sa spécification particulière ainsi que celles de cette norme.

Pour les essais de série, l'essai de fonctionnement doit être le même que celui de l'essai de type, à l'exclusion des essais d'interruption et de variations de tensions d'alimentation décrits ci-dessous.

Sauf accord contraire, cet essai de type doit comporter ce qui suit.

a) Variations d'alimentation

Équipement alimenté en continu:

Les essais doivent être réalisés pour démontrer que le fonctionnement est correct à la tension d'alimentation nominale et aux limites supérieure et inférieure spécifiées.

Équipement alimenté en alternatif:

Les essais doivent être réalisés pour démontrer que le fonctionnement est correct

- 1) à la tension et à la fréquence nominales;
- 2) aux limites supérieure et inférieure de la tension et de la fréquence dans toutes configurations.

b) Essai d'interruption d'alimentation

NOTE Cet essai n'est pas applicable dans le cas des interruptions de classe S1 comme défini en 3.1.1.2.

Les essais doivent être exécutés à la tension nominale.

La tension d'entrée de l'alimentation de l'équipement à l'essai doit être interrompue pendant la durée définie par la classe concernée et précisée en 3.1.1.2 et 3.1.3, selon le cas.

L'équipement doit continuer à fonctionner correctement sans intervention de l'opérateur et sans procéder à une réinitialisation.

Cet essai doit être répété 10 fois de façon aléatoire pour couvrir tous les modes de fonctionnement.

La sortie de l'équipement doit être surveillée pendant toute la durée de l'essai pour s'assurer qu'aucun fonctionnement erroné n'apparaisse.

Dans le cas de signaux de sortie électriquement identiques, la surveillance a besoin d'être effectuée soit sur 20 % soit sur quatre d'entre eux (la plus grande valeur des deux).

Lorsque l'équipement est connecté à la source primaire de traction et non pas à une batterie, un essai doit être effectué pour simuler les effets d'interruption d'alimentation.

10.2.1 Visual inspection

The visual inspection shall be carried out to ensure that the equipment is of sound construction and, so far as can be ascertained, meets its specified requirements.

A visual inspection shall also be carried out after a type test has been performed to check whether any damage has occurred resulting from the tests.

10.2.2 Performance test

Measurements shall be carried out at ambient temperature.

The performance test for type testing shall consist of a comprehensive series of measurements of the characteristics of the equipment to check that its performance is in accordance with the functional requirements of the particular equipment concerned, including any special requirements of its individual specification, and general requirements of this standard.

The performance test for routine testing shall be as for type testing but excluding the supply interruption and variations test described below.

Unless otherwise agreed, this type test shall include the following.

a) *Supply variations*

DC supplied equipment:

Tests shall be performed to prove correct functioning at nominal supply voltage and at the specified upper and lower limits.

AC supplied equipment:

Tests shall be performed to prove correct functioning at

- 1) nominal voltage and frequency;
- 2) the upper and lower limits of voltage and frequency in all combinations.

b) *Supply interruption test*

NOTE This test is not applicable in the case of class S1 interruptions as defined in 3.1.1.2.

Tests shall be carried out at nominal voltage.

The power supply input to the equipment under test shall be interrupted for a period according to the classification given in 3.1.1.2 and 3.1.3 as appropriate.

The equipment shall continue to function correctly without intervention or need for resetting by the operator.

This test shall be repeated 10 times at random, covering all modes of operation.

The output of the equipment shall be monitored throughout the test to ensure that no spurious operation occurs.

In the case of a group of output signals which are electrically identical, four or 20 % (whichever is the greater) of these output signals need to be monitored.

Where equipment is connected to the primary traction supply and not fed via an interposing battery, a test shall be carried out to simulate the effects of supply interruptions.

10.2.3 Essai de froid

Cet essai est effectué conformément à la CEI 60068-2-1, essai Ad.

La carte équipée, le bloc enfichable, le tiroir ou le châssis est placé, hors tension, dans une chambre climatique.

Les valeurs des températures doivent être prises dans le Tableau 1 en accord avec la classe spécifiée par l'utilisateur.

L'équipement à l'essai doit tout d'abord être conditionné en étant laissé après la stabilisation thermique de la chambre, pendant une durée suffisante pour atteindre la stabilisation thermique. Dans tous les cas, cette durée ne doit pas être inférieure à 2 h.

A la fin de cette période, l'équipement doit être mis en fonctionnement, et une vérification des performances doit être effectuée, tout en maintenant l'équipement à basse température.

Après reprise, cette vérification est répétée à la température ambiante.

Exigences d'acceptation d'essai:

- aucun défaut ne doit apparaître;
- la vérification des performances ne doit indiquer aucune défaillance, ni détérioration, ni résultat hors tolérance.

La spécification d'essai doit détailler les critères d'acceptation.

10.2.4 Essai de chaleur sèche

Cet essai est effectué conformément à l'essai Bd de la CEI 60068-2-2 en utilisant une ventilation naturelle, sauf si une ventilation forcée est normalement utilisée pour l'équipement.

La valeur de la température dépend de la classe indiquée par l'utilisateur et du type d'équipement à l'essai (voir Tableau 1 pour plus de détails). Suivant la constitution de l'équipement, c'est-à-dire l'armoire, le châssis, le tiroir, le bloc enfichable, ou la carte imprimée équipée, la valeur de la température est choisie en conséquence comme indiqué en 2.1.2.

Il est préférable d'effectuer l'essai de chaleur sèche sur des unités fonctionnelles plus petites (par exemple cartes équipées, blocs enfichables ou tiroirs) mais des précautions doivent être prises afin de s'assurer que tout équipement dissipant de la chaleur est alimenté ou est simulé en cas d'absence pendant l'essai.

L'équipement sous tension est placé dans une chambre climatique dans laquelle la température est progressivement élevée à la valeur spécifiée (voir ci-dessus). Une fois celle-ci stabilisée, l'équipement est laissé pendant 6 h dans la chambre. A la fin de cette période, une vérification des performances est effectuée à température élevée. Une fois cet essai terminé, l'équipement est ramené à la température ambiante. Une nouvelle vérification de performance est alors effectuée.

Lors de l'essai d'une armoire, une vérification supplémentaire de performance est effectuée, après un dépassement de la valeur de température pendant 10 min (voir détails au Tableau 1).

Pendant l'essai précédent, la température des composants définis au préalable doit être vérifiée afin de s'assurer qu'elle ne dépasse pas leurs limites de fonctionnement ou celles spécifiées par cette norme.

10.2.3 Cooling test

This test is carried out in accordance with IEC 60068-2-1, test Ad.

The printed board assembly, plug-in unit, subrack, or rack is placed, without any voltage applied, in a test chamber.

The temperature values shall be taken from Table 1 and according to the class specified by the user.

The equipment under test shall first be conditioned by leaving it, after thermal stabilization of the chamber, for a sufficient period of time in which to achieve thermal stabilization. In each case, this period shall be not less than 2 h.

At the end of this period the equipment shall be switched on and a performance check carried out, keeping the equipment at low temperature.

After recovery, this performance check is repeated at normal room temperature.

Test acceptance requirements:

- no damage shall occur;
- the performance check shall not show any failure or damage nor any results which are beyond the specified tolerances.

The test specification shall detail the acceptance criteria.

10.2.4 Dry heat test

This test is carried out in accordance with IEC 60068-2-2, test Bd, using natural ventilation, unless forced ventilation is normally provided for the equipment.

The temperature value for this test is dependent on the temperature range set by the user and the nature of equipment under test (see Table 1 for details). In the case of equipment including a cubicle, a rack, a subrack, a plug-in unit or printed board assembly, the temperature is taken as the appropriate temperature as given in 2.1.2.

It is preferable to carry out the dry heat test on smaller functional units (e.g. printed board assemblies, plug-in units, or subracks) but care shall be taken to ensure that any heat dissipating equipment is either energized or, if absent for the test, simulated.

The equipment with voltage applied is placed in a chamber where the temperature is progressively raised to the specified temperature (see above). Once the temperature has stabilized, the equipment is left for a time period of 6 h and then a performance check is carried out at the elevated temperature. Once this test is complete the equipment is then allowed to cool to ambient temperature and a further performance check is carried out.

In the case of a cubicle an extra performance check is carried out with the 10 min overtemperature value (see Table 1 for details).

During the above test, the temperature of any pre-specified components shall be checked to ensure they do not exceed their operating limits or those specified by this standard.

Exigences d'acceptation d'essai:

- il ne doit survenir ni défaillance, ni détérioration;
- il ne doit apparaître aucun résultat hors tolérance.

La spécification d'essais doit détailler les critères d'acceptation.

10.2.5 Essai de chaleur humide (cyclique)

La température et l'humidité de l'air dans la chambre d'essai doivent être contrôlables et l'enregistrement continu de ces valeurs doit être prévu.

L'eau provenant de la condensation doit être extraite de la chambre d'essai et ne doit pas être réutilisée.

Si l'air est humidifié par vaporisation d'eau, cette eau pulvérisée doit avoir une résistivité minimale de 500 $\Omega \cdot m$.

Les conditions climatiques dans la chambre doivent être maintenues aussi constantes que possible (si nécessaire par circulation d'air) et l'équipement à l'essai ne doit pas modifier ces conditions (par dissipation thermique, absorption d'humidité ou par d'autres façons) hors des tolérances spécifiées.

L'eau de condensation ne doit pas couler sur l'équipement à l'essai.

Cet essai est effectué conformément à l'essai Db de la CEI 60068-2-30.

L'équipement à l'essai ne doit pas être alimenté sauf pendant la vérification du fonctionnement.

Température: + 55 °C et + 25 °C

Nombre de cycles: 2 (effet de respiration)

Durée: 2 x 24 h

Mesures intermédiaires: un essai de fonctionnement doit être effectué au début du second cycle (pendant la condensation).

Si la condensation n'est pas constatée (faible inertie thermique des pièces à l'essai) au début du deuxième cycle, la vitesse de variation de la température peut être augmentée (mais sans dépasser 1 °C/min et en maintenant constante l'humidité relative).

Le retour à la température ambiante se fait dans les conditions contrôlées de reprise.

Vérifications et mesures finales:

- essai d'isolement (essai de tenue en tension et mesure de la résistance d'isolement);
- vérification du fonctionnement;
- inspection visuelle.

Exigences d'acceptation d'essai:

Les résultats de tous les essais d'isolement et de fonctionnement (obtenus après le premier et le second cycle) doivent être à l'intérieur des tolérances garanties.

Test acceptance requirements:

- no failure or damage shall occur;
- no out-of-tolerance results shall appear.

The test specification shall detail the acceptance criteria.

10.2.5 Damp heat test (cyclic)

The temperature and humidity of the air in the test chamber shall be controllable and means shall be provided for on-going recording of these values.

The water from moisture condensation shall be extracted from the test chamber and shall not be reused.

If the air is humidified by the spraying of water, the spray water shall have a minimum resistivity of 500 $\Omega \cdot m$.

The climatic conditions in the test chamber shall be kept as uniform as possible (if necessary by circulation) and the equipment under test (EUT) shall not alter such conditions (through heat dissipation, absorption of humidity or otherwise) beyond the specified tolerances.

No condensate water shall be allowed to drip on the EUT.

This test is carried out in accordance with IEC 60068-2-30, test Db.

The equipment under test shall not be powered except during the performance check.

Temperature: + 55 °C and + 25 °C

Number of cycles: 2 (respiration effect)

Time: 2 × 24 h

Intermediate measurements: a performance check shall be carried out at the beginning of the second cycle (during condensation)

If condensation has not occurred by the beginning of the second cycle, (low thermal inertia of test piece), speed of temperature variation can be increased (but not exceed 1 °C/min, and with a maintained relative humidity).

Return to ambient temperature is carried out under controlled recovery conditions.

Check and final measurements:

- insulation test (voltage withstand test and insulation measurement test);
- performance check;
- visual inspection.

Test acceptance requirements:

The results of all insulation and performance checks (results after the first and second cycles) shall be within the guaranteed tolerances.

10.2.6 Essai de surtension, de transitoires et de décharge électrostatique

Procédure d'essai:

Chaque connexion de l'équipement électronique à l'essai sujette aux exigences de surtension d'alimentation spécifiées en 3.2 et aux exigences de transitoires et de décharge électrostatique spécifiées en 3.4 doit être soumise tour à tour à tous les essais de formes d'ondes définies dans ce paragraphe.

Chaque connexion doit être testée sauf dans le cas de groupe de signaux où le nombre minimal de connexions doit être égal à quatre d'entre eux ou à 20 % d'entre eux (suivant la plus grande des deux valeurs). Un groupe est défini comme un ensemble de circuits d'entrées ou de sorties qui sont électriquement identiques. Il convient que le choix de l'échantillon tienne compte des différences de cheminement du circuit imprimé ainsi que de la proximité des composants sensibles.

Il peut être nécessaire pour certains équipements de connecter en parallèle une charge avec l'équipement à l'essai. Dans ce cas, la résistance de charge ne doit pas être inférieure à 10 fois l'impédance nominale de la source de l'équipement.

10.2.6.1 Surtensions d'alimentation

Les surtensions d'alimentation doivent être générées suivant

- a) soit la surtension trapézoïdale comme indiqué à la Figure 2;
- b) soit la variante d'essai comme indiqué à la Figure 3.

La forme d'onde d'essai doit être de même polarité que la source de tension d'alimentation, qui doit être présente avant et après l'injection de l'onde d'essai.

La tension doit être mesurée par rapport au potentiel de retour de la source de tension d'alimentation.

Comme variante à l'essai précédent, le constructeur peut démontrer par un calcul (à approuver par l'utilisateur) que l'équipement est capable de supporter ces formes d'onde.

10.2.6.2 Transitoires

La forme d'onde des transitoires (voir 3.4.2) doit être générée et soumise aux essais:

- a) soit en utilisant le circuit décrit en Figure 4, où la forme d'onde A est obligatoire alors que la forme d'onde B est facultative,
- b) soit en utilisant le générateur et la forme d'onde tels que spécifiés dans la CEI 61000-4-5.

Pour chaque essai la forme d'onde doit être générée:

- a) soit par rapport au potentiel de retour de la source de tension d'alimentation du système de commande,
- b) soit entre le potentiel de retour de la source de tension du système de commande et la borne de terre de l'équipement.

Les formes d'ondes d'essai doivent être de l'une ou l'autre des polarités et être appliquées avec la source de tension d'alimentation du système de commande présente et absente.

Quand l'onde d'essai est injectée en présence de la source de tension d'alimentation du système de commande, on doit éviter que l'énergie de surtension ne se dissipe en retour à l'intérieur de l'alimentation.

10.2.6 Supply overvoltages, surges and electrostatic discharge (ESD) tests

Test procedure:

Each connection to the electronic equipment being tested, subject to the requirements of supply overvoltages specified in 3.2, and of surges and electrostatic discharge specified in 3.4, shall be subjected in turn to all of the appropriate test waveforms defined in this subclause.

Each connection shall be tested, except in the case of a group of signals where the minimum number of connections shall be 20 % or four (whichever is the greater) of the number of connections in the group. A group is defined as a set of input or output circuits which are electrically identical. The sample to be tested should be selected to reflect differences in physical layout and proximity to sensitive devices.

It may be necessary for some equipment to discharge into a load connected in parallel with the equipment under test. In such cases the load resistors shall be not less than 10 times the nominal source impedance of the equipment.

10.2.6.1 Supply overvoltages

The supply overvoltages shall be generated as either

- a) either trapezoidal overvoltage as shown in Figure 2;
- b) or the alternative test shown in Figure 3.

The test waveform shall be of the same polarity as the control system supply voltage, which shall be present before and after the injection of the test waveform.

The voltage shall be measured with respect to the control system voltage supply return potential.

As an alternative to the above, the manufacturer may demonstrate that the equipment is capable of withstanding the waveforms by calculation (to be approved by the user).

10.2.6.2 Surges

The surge waveform (see 3.4.2) shall be generated and tested:

- a) either using the circuit given in Figure 4, where waveform A is mandatory, whilst waveform B is optional;
- b) or using the generator and waveform as specified in IEC 61000-4-5.

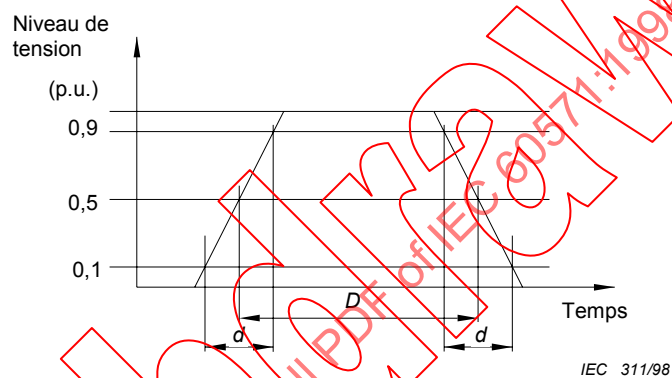
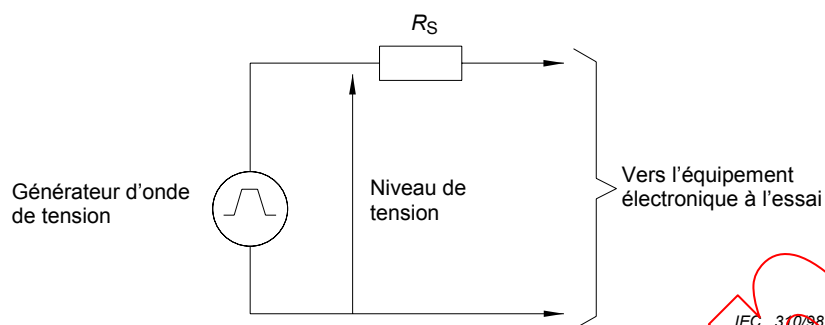
For each test the waveform shall be generated:

- a) either with respect to return potential of the control system voltage supply;
- b) or between the control system voltage potential return and equipment earth terminal.

The test waveforms shall be of either polarity and shall be applied with the control system voltage both present and absent.

Where the test waveform is injected with the control system voltage supply present, means shall be provided to prevent the surge energy dissipating back into the supply.

Lorsque des filtres de couplage sont utilisés, des oscillations sur l'onde de surtension sont acceptables pourvu que l'onde générée réponde aux prescriptions ci-dessus.



Niveau de tension (minimum)	Durée d (maximum)	Durée D (maximum)	Résistance en série R_s (tolérance $\pm 10\%$)
$1,4 U_n$	0,1 s	1,0 s	1 Ω

Figure 2 – Surtension d'alimentation