

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
571-3

Première édition
First edition
1990-06

**Équipements électroniques utilisés sur les
véhicules ferroviaires**

Partie 3:

Composants, équipements électroniques
programmables et fiabilité des systèmes
électroniques

Electronic equipment used on rail vehicles

Part 3:

Components, programmable electronic equipment
and electronic system reliability



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 571-3: 1990

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
571-3

Première édition
First edition
1990-06

**Equipements électroniques utilisés sur les
véhicules ferroviaires**

Partie 3:
Composants, équipements électroniques
programmables et fiabilité des systèmes
électroniques

Electronic equipment used on rail vehicles

Part 3:
Components, programmable electronic equipment
and electronic system reliability

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

| | Pages |
|--------------------|-------|
| AVANT-PROPOS | 4 |

SECTION 1 - GENERALITES

Articles

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Domaine d'application | 6 |
| 1.2 Références normatives | 6 |

SECTION 2 - COMPOSANTS

| | |
|---|----|
| 2.1 Spécifications | 8 |
| 2.2 Choix et sélection des composants | 8 |
| 2.3 Commande des composants | 12 |
| 2.4 Contrôle des composants | 12 |
| 2.5 Conditions d'utilisation des composants | 14 |
| Tableau 1 - Taux de charge des composants électroniques | 16 |

SECTION 3 - EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES PROGRAMMABLES

| | |
|---|----|
| 3.1 Eléments constitutifs et interfaces | 18 |
| 3.2 Règles concernant le matériel | 20 |
| 3.3 Règles concernant le logiciel | 24 |
| 3.4 Interface avec les appareils de communication homme-machine ... | 28 |

SECTION 4 - FIABILITE DES SYSTEMES ELECTRONIQUES

| | |
|--|----|
| 4.1 Niveau de fiabilité | 28 |
| 4.2 Vérification de la fiabilité | 34 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| FOREWORD | 5 |
| SECTION 1 - GENERAL | |
| Clause | |
| 1.1 Scope | 7 |
| 1.2 Normative references | 7 |
| SECTION 2 - COMPONENTS | |
| 2.1 Specifications | 9 |
| 2.2 Choice and selection of components | 9 |
| 2.3 Ordering of components | 13 |
| 2.4 Checking of components | 13 |
| 2.5 Conditions of use for the components | 15 |
| Table 1 - Operating factors for electronic components | 17 |
| SECTION 3 - PROGRAMMABLE ELECTRONIC EQUIPMENT | |
| 3.1 Constituent parts and interfaces | 19 |
| 3.2 Rules relating to hardware | 21 |
| 3.3 Rules relating to software | 25 |
| 3.4 Interface to man-machine communication | 29 |
| SECTION 4 - ELECTRONIC SYSTEM RELIABILITY | |
| 4.1 Reliability level | 29 |
| 4.2 Proof of reliability | 35 |

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES UTILISES
SUR LES VEHICULES FERROVIAIRES

Partie 3: Composants, équipements électroniques
programmables et fiabilité des systèmes électroniques

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes ou sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique, et adoptée par le Comité Mixte International du Matériel de Traction Electrique (CMT). Elle constitue la troisième partie de la CEI 571.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 9(BC)279/CMT 164 | 9(BC)284 |

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES

Part 3: Components, programmable electronic equipment
and electronic system reliability

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 9: Electric Traction Equipment, and adopted by the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment (CMT). It constitutes Part 3 of IEC 571.

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

| Six Months' Rule | Report on Voting |
|------------------|------------------|
| 9(C0)279/CMT 164 | 9(C0)284 |

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

EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES UTILISES SUR LES VEHICULES FERROVIAIRES

Partie 3: Composants, équipements électroniques programmables et fiabilité des systèmes électroniques

SECTION 1 - GENERALITES

1.1 Domaine d'application

La présente partie 3 de la CEI 571 comporte les règles applicables aux équipements électroniques couverts par le domaine d'application de la CEI 571-1 en ce qui concerne:

- le choix des composants;
- les équipements électroniques programmables;
- la fiabilité des systèmes électroniques.

Les circuits électroniques de sécurité, s'ils sont imposés, doivent répondre à des exigences supplémentaires.

Toutes les prescriptions contenues dans cette norme s'appliquent aux produits de conception nouvelle mais non à ceux résultant de la continuation des séries en cours ou utilisant des solutions fondées sur des concepts bien établis.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente norme internationale. Au moment de la publication de cette norme, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur cette norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales actuellement en vigueur.

1.2.1 Normes CEI

68-1: 1988, Essais d'environnement - Première partie: Généralités et guide.

271: 1974, Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES**Part 3: Components, programmable electronic equipment
and electronic system reliability****SECTION 1 - GENERAL****1.1 Scope**

This Part 3 of IEC 571 presents the rules applicable to electronic equipment defined in the scope of IEC 571-1 relative to:

- choice of components;
- use of Programmable Electronic Systems;
- reliability of Electronic Systems.

Safety circuits, if required, shall meet additional requirements.

All requirements in this standard apply to newly designed products but not to those resulting from the continuation of production series or using solutions based upon concepts already introduced.

1.2 Normative References

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

1.2.1 IEC Standards

68-1: 1988, Environmental testing - Part 1: General and guidance.

271: 1974, List of basic terms, definitions and related mathematics for reliability.

- 300: 1984, Gestion de la fiabilité et de la maintenabilité.
- 319: 1978, Présentation des données de fiabilité pour les composants (ou pièces détachées) électroniques.
- 362: 1971, Guide pour l'acquisition des données de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité à partir des résultats d'exploitation des dispositifs électroniques.
- 409: 1981, Guide pour l'inclusion de clauses de fiabilité dans les spécifications de composants (ou pièces détachées) pour l'équipement électronique.
- 571-1: 1990, Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires - Partie 1: Généralités et essais des équipements électroniques.
- 571-2: 1988, Partie 2: Normalisation de certaines grandeurs mécaniques et électriques - Principes des dispositifs d'essai.
- 605: Essais de fiabilité des équipements.
- 617: Symboles graphiques pour schémas.

1.2.2 *Autre norme*

Recommandation V-24 du CCITT: 1988, Liste des définitions des circuits de jonction à l'interface entre l'équipement terminal de traitement de données (ETTD) et l'équipement de terminaison du circuit de données (ETCD).

SECTION 2 - COMPOSANTS

2.1 **Spécifications**

Tous les composants doivent répondre à une spécification, qui peut être:

- une norme CEI;
- une norme nationale ou une norme reconnue par un organisme international;
- un document technique défini par l'exploitant ferroviaire concerné;
- une spécification reconnue du constructeur de l'équipement.

2.2 **Choix et sélection des composants**

2.2.1 *Choix des composants*

Les composants utilisés doivent être d'un niveau de qualité adapté aux exigences ferroviaires.

- 300: 1984, Reliability and maintainability management.
- 319: 1978, Presentation of reliability data on electronic components (or parts).
- 362: 1971, Guide for the collection of reliability, availability and maintainability data from field performance of electronic items.
- 409: 1981, Guide for the inclusion of reliability clauses into specifications for components (or parts) for electronic equipment.
- 571-1: 1990, Electronic equipment used on rail vehicles - Part 1: General requirements and tests for electronic equipment.
- 571-2: 1988, Part 2: Standardization of certain mechanical and electrical quantities - Principles of test devices.
- 605: Equipment reliability testing.
- 617: Graphical symbols for diagrams.

1.2.2 Other standard

CCITT Recommendation V.24: 1988, List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE).

SECTION 2 - COMPONENTS

2.1 Specifications

All components shall comply with a specification, which may be:

- an IEC standard;
- a national standard or a standard recognized by an international body;
- a technical document defined by the rail network operator concerned;
- a recognized specification of the equipment manufacturer.

2.2 Choice and selection of components

2.2.1 Choice of components

The components used shall have a level of quality appropriate to railway requirements.

Chaque fois que cela est possible, les composants doivent être choisis chez un fabricant qui offre un système d'assurance qualité reconnu, tel le Système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ). L'exploitant ferroviaire a le droit de s'assurer de la validité du système d'assurance qualité.

Sauf accord particulier entre le constructeur de l'équipement électronique et l'exploitant ferroviaire ou son mandataire, chaque modèle de composant doit pouvoir être fourni par au moins deux fabricants.

Les composants et les familles de composants mis en oeuvre doivent avoir une grande probabilité d'être encore fournis longtemps après la mise en service du matériel. Si, malgré ces précautions, certains composants devenaient indisponibles, le constructeur de l'équipement électronique devra proposer une solution de remplacement économique.

2.2.2 *Catégorie climatique*

Les composants électroniques doivent être choisis dans une catégorie climatique encadrant les conditions d'environnement définies dans la CEI 571-1.

Il est recommandé d'adopter au moins la catégorie climatique 25/085 (-25 °C, +85 °C), suivant la CEI 68-1.

2.2.3 *Sélection des composants*

La sélection des composants, par examen visuel avant encapsulage, variation cyclique de température, rodage, etc. permet de réduire le taux des défaillances pendant la période de jeunesse.

Si l'exploitant ferroviaire désire employer des composants sélectionnés, il doit se mettre préalablement d'accord avec le constructeur de l'équipement sur les conditions de la sélection basées sur les normes reconnues:

- type de sélection;
- marquage des composants sélectionnés;
- documentation à fournir relative à la sélection et au contrôle des composants.

2.2.4 *Conditions particulières pour le choix des composants*

2.2.4.1 *Composants interdits*

Certains composants peuvent être interdits par l'exploitant ferroviaire, par exemple, fusibles montés sur cartes électroniques, potentiomètres, etc.

2.2.4.2 *Composants à durée de vie limitée*

Les composants à durée de vie limitée (diodes électroluminescentes, certains condensateurs électrolytiques, certains limiteurs de surtension etc.) doivent être évités. Si leur emploi s'avère cependant indispensable, l'attention de l'exploitant ferroviaire devra être attirée sur ce point. Le remplacement de ces composants doit être facile.

Wherever possible, the components shall be chosen from a manufacturer using a recognized system of quality assurance, such as the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ). The rail network operator has the right to make certain of the validity of the system of quality assurance.

Unless otherwise agreed between the manufacturer of the electronic equipment and the rail network operator or his representative, each component type shall be available from at least two manufacturers.

The components and the families of components used shall have a high probability of still being supplied for a long time after the equipment is put into service. If, despite these precautions, certain components should become unavailable, the manufacturer of the electronic equipment shall propose an economic alternative solution.

2.2.2 Climatic category

The electronic components shall be chosen for a climatic category covering the environment at conditions defined in IEC 571-1.

It is recommended to choose at least the climatic category 25/085 (-25 °C, +85 °C), in accordance with IEC 68-1.

2.2.3 Screening of components

Screening of the components, by visual examination before encapsulation, cyclic variation of temperature, burn in, etc. makes it possible to reduce the rate of defects during the initial period of use.

If the rail network operator desires the use of selected components, he shall come to a prior agreement with the equipment manufacturer on the conditions of implementation on the basis of the recognized standards:

- type of screening;
- marking of selected components;
- documentation to be supplied, relating to the selection and checking of the components.

2.2.4 Specific conditions for the choice of components

2.2.4.1 Prohibited components

Certain components may be prohibited by the rail network operator, for example, fuses fitted to electronic cards, potentiometers, etc.

2.2.4.2 Components with a limited service life

Inclusion of components with a limited service life (particular types of electrolytic capacitors, light-emitting diodes, surge-limiting devices, etc.) shall be avoided. Should their use nevertheless prove essential, the rail network operator's attention shall be drawn to this fact. Easy replacement shall be possible.

Lorsque des piles ou accumulateurs sont utilisés à l'intérieur de l'équipement, ils doivent être repérés, ainsi que le panneau frontal du tiroir dans lequel ils sont placés, pour signaler leur présence et pour indiquer la date de remplacement recommandée.

Ces piles ou accumulateurs doivent pouvoir être remplacés facilement en assurant, lorsque c'est nécessaire, la conservation des données en mémoire.

2.2.4.3 Bobinages

Les bobinages doivent résister aux contraintes de l'environnement ferroviaire: vibrations, chocs, température, surtensions, etc.

Les précautions à prendre concernent en particulier:

- le diamètre minimal du fil des enroulements, qui doit être suffisant pour résister aux contraintes mécaniques;
- l'imprégnation des bobinages, qui doit tout à la fois respecter l'émail, l'élasticité du vernis, et ne pas développer sur le fil des contraintes excessives;
- la fixation des enroulements, dont la masse ne doit pas pouvoir arracher les fixations quand celles-ci ne sont assurées que par le fil lui-même ou par les picots du composant.

2.2.4.4 Protection contre la corrosion

Tous les composants, y compris les constituants mécaniques et les radiateurs, doivent être protégés contre la corrosion.

2.3 Commande des composants

Les commandes passées par le constructeur de l'équipement électronique aux fabricants de composants doivent préciser les caractéristiques des composants, notamment:

- spécification technique;
- niveau de qualité;
- organisme de surveillance;
- classe de sélection.

2.4 Contrôle des composants

Le constructeur de l'équipement électronique doit s'assurer que les composants sont contrôlés avant leur mise en oeuvre.

Where primary or secondary batteries are used internal to the equipment, they and 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.

It shall be easy to replace these batteries whilst still preserving the programmed data where required.

2.2.4.3 Coils

Coils shall be able to withstand the stresses of the railway environment: vibrations, impacts, temperature, overvoltage, etc.

The precautions to be taken relate in particular to:

- the minimum diameter of the winding wire, which shall be sufficient to withstand mechanical stresses;
- the impregnation of the coils, which needs to be compatible with the enamel and the elasticity of the varnish and shall not give rise to excessive stresses in the wire;
- the fixing arrangement for the windings, which takes into account the mass, shall be such that the connections cannot be pulled off, if they are held only by the wire or by the pins of the component.

2.2.4.4 Protection against corrosion

All components, including mechanical parts and heatsinks, shall be protected against corrosion.

2.3 Ordering of components

Orders placed by the manufacturer of the electronic equipment with the manufacturers of components shall specify the characteristics of the components, with particular attention to:

- technical specification;
- quality level;
- supervising inspectorate;
- selection class.

2.4 Checking of components

The manufacturer of the electronic equipment shall ensure that the components are checked prior to their installation.

Ce contrôle doit être effectué:

- soit chez le fabricant de composants;
- soit dans un laboratoire spécialisé;
- ou chez le constructeur de l'équipement électronique.

Les composants doivent être contrôlés suivant une méthode d'essais (contrôle par lot, par exemple) agréée par le constructeur de l'équipement et par le fabricant des composants.

2.5 Conditions d'utilisation des composants

Le taux de défaillance des composants est directement fonction:

- de la température ambiante; il y a donc lieu de prendre toute mesure à l'intérieur des tiroirs, armoires et coffres pour qu'elle n'excède en aucun cas les valeurs spécifiées par la CEI 571-1;
- de leur taux de charge; celui-ci doit donc être suffisamment faible pour minimiser les défaillances.

La définition des taux de charge pour les composants est précisée dans le tableau 1. Les grandeurs destinées à leur détermination sont calculées et mesurées aux conditions nominales de fonctionnement (tension, courant, puissance) à une température de 25 °C.

Si un équipement fonctionne de façon quasi permanente aux conditions maximales, les taux de charge des composants sont calculés avec ces valeurs.

Il est également nécessaire de tenir compte des surcharges transitoires.

Les valeurs des taux de charge fournies par le tableau 1 sont recommandées.

This checking shall be carried out:

- either on the premises of the component manufacturer;
- or in specialized laboratory;
- or on the premises of the equipment manufacturer.

The components shall be inspected using a method of testing (e.g., batch) agreed between the equipment manufacturer and the component manufacturer.

2.5 Conditions of use for the components

The failure rate of the components is directly related to:

- the ambient temperature; it is therefore necessary to take every measure inside the racks, cubicles and cabinets to ensure that in no case whatsoever it exceeds the values specified by IEC 571-1;
- their load ratings; these must therefore be low enough to minimize failures.

The load rating definitions for components are specified in Table 1. The values for determining them are calculated and measured under nominal conditions for operation (voltage, current, power) at a temperature of 25 °C.

If an equipment functions almost continuously under maximum conditions, the load rating of components shall be calculated with these values.

It is also necessary to take transient overloads into account.

The load rating values given in Table 1 are recommended.

Tableau 1 - Taux de charge des composants électroniques

| Composant | Définition du taux de charge | Valeur ¹⁾ | Autres conditions |
|--|--|------------------------|--|
| Résistances | $\rho = \frac{\text{Puissance effective}}{\text{Puissance nominale}}$ | $\rho \leq 0,5$ | |
| Condensateurs électrolytiques à l'aluminium (électrolyte non solide) | $\rho = \frac{U_c + \sqrt{2U_{\text{eff}}}}{U_n}$ U_c : tension continue appliquée $\sqrt{2U_{\text{eff}}}$: valeur crête de la tension alternative appliquée U_n : tension nominale | $0,5 < \rho \leq 0,95$ | |
| Condensateurs tantale solide | idem | $\rho \leq 0,5$ | $R > 1 \Omega/V$ V R: résistance de charge V: tension appliquée |
| Condensateurs d'autres types | idem | $\rho \leq 0,5$ | |
| Thermistances | $\rho = \frac{\text{Puissance effective}}{\text{Puissance nominale}}$ | $\rho \leq 0,5$ | |
| Diodes de redressement et de signal | $\rho = \frac{\text{Courant direct moyen de fonctionnement}}{\text{Courant direct moyen maximal}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) température de jonction $\leq 110^\circ \text{C}$ pour une température ambiante de 70°C b) tension inverse appliquée tension inverse limite $\leq 0,7$ pour une source régulée $\leq 0,5$ pour une source non régulée |
| Diodes de régulation de tension | $\rho = \frac{\text{Puissance de fonctionnement}}{\text{Puissance maximale}}$ | $\rho \leq 0,5$ | - température de jonction $\leq 110^\circ \text{C}$ pour une température ambiante de 70°C |
| Thyristors | $\rho = \frac{\text{Courant direct moyen de fonctionnement}}{\text{Courant direct moyen maximal}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) température de jonction $\leq 110^\circ \text{C}$ pour une température ambiante de 70°C b) tension inverse appliquée tension inverse limite $\leq 0,7$ pour une source régulée $\leq 0,5$ pour une source non régulée |
| Transistors | $\rho = \frac{\text{Puissance de fonctionnement}}{\text{Puissance maximale}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) température de jonction $\leq 110^\circ \text{C}$ pour une température ambiante de 70°C b) tension appliquée tension de claquage spécifiée $\leq 0,7$ c) même limite en courant |
| 1) Ces valeurs ne s'appliquent pas aux composants des circuits de puissance. | | | |

Table 1 - Operating factors for electronic components

| Component | Definition of the load rating | Value ¹⁾ | Other conditions |
|---|--|------------------------|---|
| Resistors | $\rho = \frac{\text{Real power}}{\text{Nominal power}}$ | $\rho \leq 0,5$ | |
| Aluminium electrolytic capacitors (non-solid electrolyte) | $\rho = \frac{U_c + \sqrt{2}U_{\text{eff}}}{U_n}$ U_c : continuous voltage applied $\sqrt{2}U_{\text{eff}}$: peak value of the alternating voltage applied U_n : nominal voltage | $0,5 < \rho \leq 0,95$ | |
| Solid tantalum capacitors | idem | $\rho \leq 0,5$ | $R < 1 \Omega/V$ R: load resistance V: voltage applied |
| Capacitors other types | idem | $\rho \leq 0,5$ | |
| Thermistors | $\rho = \frac{\text{Real power}}{\text{Nominal power}}$ | $\rho \leq 0,5$ | |
| Rectifying and signal diodes | $\rho = \frac{\text{Mean forward operating current}}{\text{Mean max. forward current}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) junction temperature $< 110^\circ\text{C}$ for an ambient temperature of 70°C b) <u>inverse voltage applied</u> inverse voltage limit $< 0,7$ for a regulated source $< 0,5$ for a non-regulated source |
| Voltage regulation diodes | $\rho = \frac{\text{Operating power}}{\text{Maximum power}}$ | $\rho \leq 0,5$ | - junction temperature $< 110^\circ\text{C}$ for an ambient temperature of 70°C |
| Thyristors | $\rho = \frac{\text{Mean forward operating current}}{\text{Mean max. forward current}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) junction temperature $< 110^\circ\text{C}$ for an ambient temperature of 70°C b) <u>inverse voltage applied</u> inverse voltage limit $< 0,7$ for a regulated source $< 0,5$ for a non-regulated source |
| Transistors | $\rho = \frac{\text{Operating power}}{\text{Maximum power}}$ | $\rho \leq 0,5$ | a) junction temperature $< 110^\circ\text{C}$ for an ambient temperature of 70°C b) <u>voltage applied</u> specified breakdown voltage $< 0,7$ c) same current limit |

1) This does not apply for components used in power circuits.

SECTION 3 - EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES PROGRAMMABLES

3.1 Eléments constitutifs et interfaces (voir figure 1)

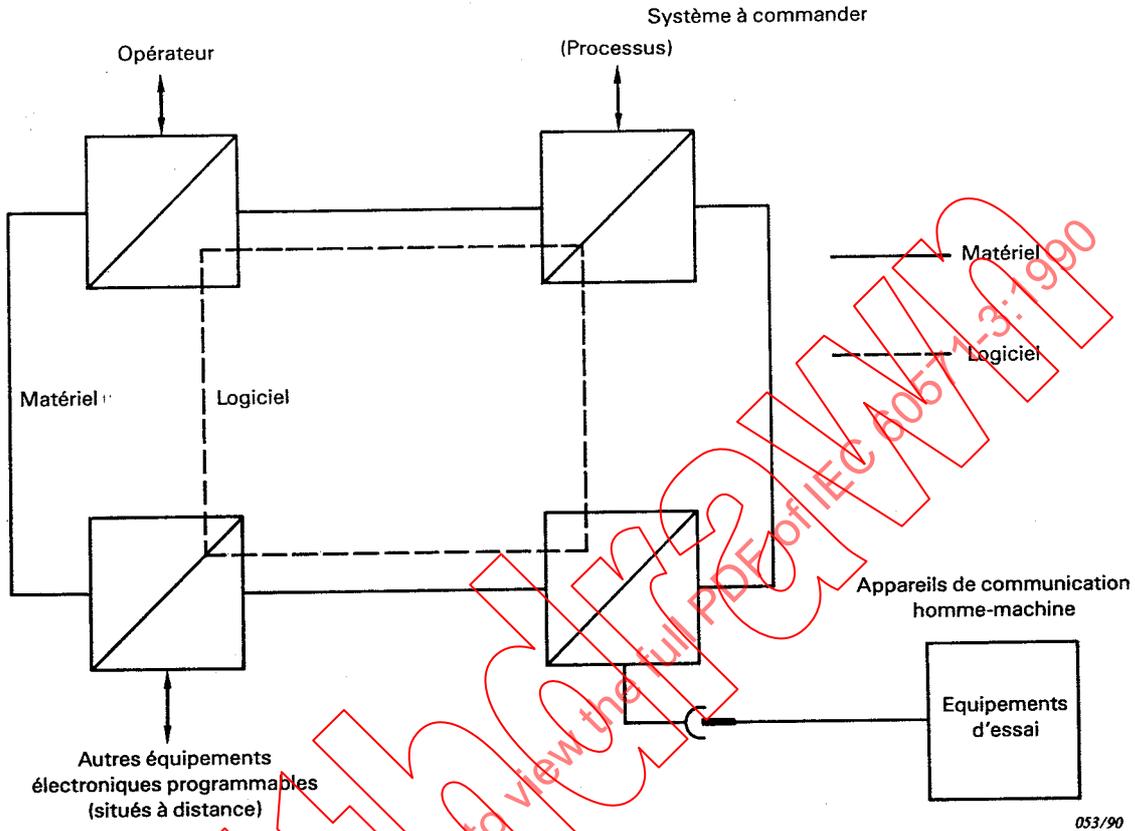


Figure 1 - Eléments constitutifs et interfaces des équipements électroniques programmables

3.1.1 Eléments constitutifs des équipements électroniques programmables

Les équipements électroniques programmables comprennent le matériel de traitement des informations (matériel), les programmes et/ou les jeux de données définissant les tâches à accomplir par les équipements (logiciel). A cela, il faut ajouter les appareils nécessaires pour les besoins de mise en service et d'entretien (par exemple, appareil de communication homme-machine).

3.1.2 Interfaces

En général, les interfaces suivantes existent entre l'équipement électronique programmable et le véhicule ferroviaire.

SECTION 3 - PROGRAMMABLE ELECTRONIC EQUIPMENT

3.1 Constituent parts and interfaces (see Figure 1)

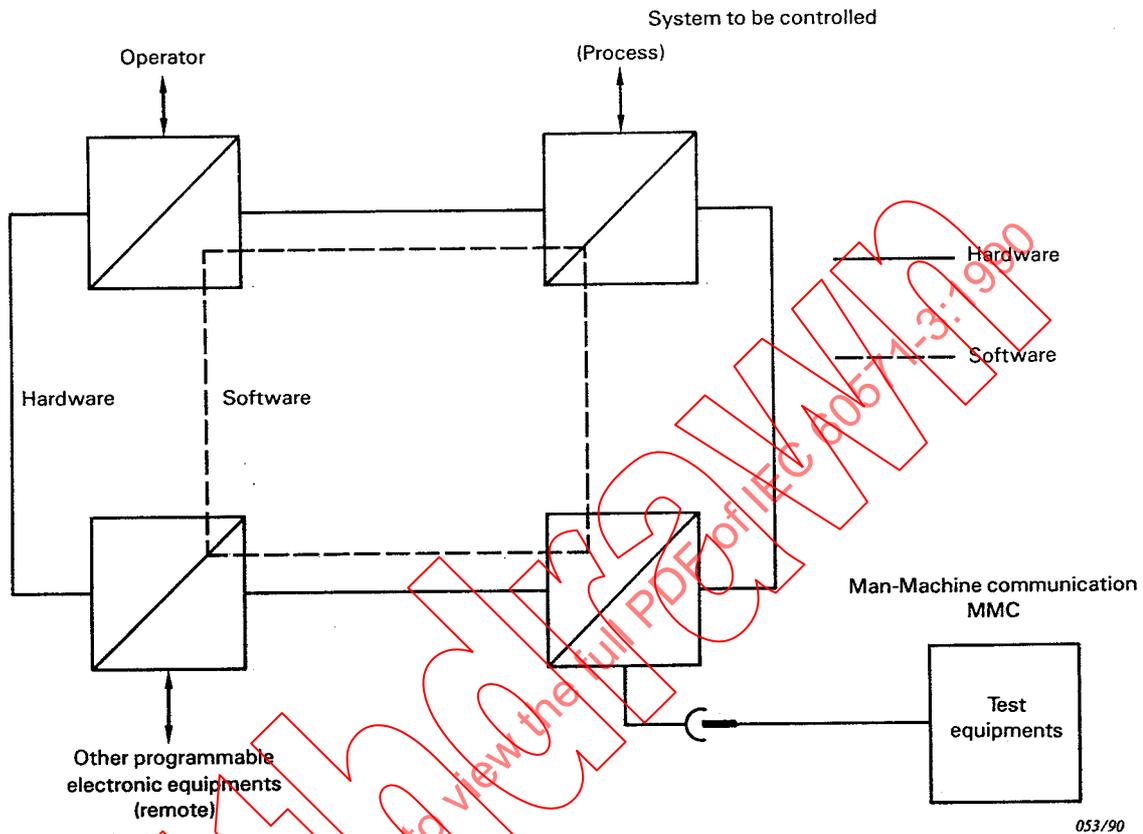


Figure 1 - Constituent parts and interfaces of programmable electronic equipment

3.1.1 Constituent parts of programmable electronic equipment

Programmable electronic equipment includes equipment for signal processing (hardware), programs and/or sets of data for determining the tasks to be performed by the equipment (software). In addition, equipment will be necessary for commissioning and maintenance purposes (e.g., man-machine communication - MMC).

3.1.2 Interfaces

Generally, the following interfaces exist between the programmable electronic equipment and the rail vehicle.

3.1.2.1 Interface avec l'opérateur

Cette interface est située entre les circuits d'entrée/sortie de l'équipement électronique programmable et les dispositifs de contrôle et de signalisation à la disposition de l'opérateur (conducteur par exemple). Cette interface permet d'une part l'entrée des valeurs de commande et de référence et, d'autre part, la sortie des valeurs mesurées, des grandeurs concernant le processus et des signalisations concernant l'état du système.

Les détails devront faire l'objet d'un accord entre le constructeur de l'équipement et l'exploitant ferroviaire.

3.1.2.2 Interface avec le système à commander

Cette interface est située entre les circuits d'entrée/sortie et les dispositifs reliés au système à commander, tels que les capteurs (par exemple pour la mesure et le contrôle des grandeurs) et les actionneurs ou l'électronique de puissance.

Les détails doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur de l'équipement et exploitant ferroviaire.

3.1.2.3 Interface avec d'autres équipements électroniques programmables

Cette interface est située entre les circuits d'entrée/sortie des différents équipements électroniques.

NOTE - Les spécifications relatives aux interfaces avec d'autres équipements électroniques programmables sont en cours d'étude.

3.1.2.4 Interface avec les appareils de communication homme-machine

L'interface avec les appareils de communication homme-machine est située entre les unités d'entrée/sortie et les équipements d'essai. Généralement, cette interface est nécessaire pour raccorder les équipements utilisés pour la mise en service et pour l'entretien. Les spécifications de cette interface sont décrites à l'article 3.4.

3.2 Règles concernant le matériel

Les équipements électroniques programmables doivent satisfaire aux prescriptions et conditions d'essais des CEI 571-1 et 571-2.

De plus, les prescriptions suivantes doivent être respectées.

3.2.1 *Choix de composants à haut niveau d'intégration (LSI)*

Compte tenu de la rapidité des progrès dans le domaine des circuits LSI (processeurs et mémoires, par exemple), il est très important de s'assurer de la continuité de l'approvisionnement en composants équivalents ou pour le moins compatibles.

Pour cela, seuls sont autorisés des fabricants qualifiés et des familles de circuits LSI largement répandues. Partout où cela est possible, des composants ayant plusieurs sources d'approvisionnement doivent être utilisés. Les sources d'approvisionnement multiples impliquent une complète compatibilité physique et fonctionnelle, conformément aux renseignements publiés par les fabricants (voir également 2.2.1).

3.1.2.1 Interface with the operator

This interface is situated between the input/output circuits of the programmable electronic equipment and the control and signalling devices used by the operator (e.g., driver). This interface permits the input of reference values and commands and the output of measured values, process quantities and status (reporting) signals.

Details shall be subject to agreement between the equipment manufacturer and the rail network operator.

3.1.2.2 Interface with the system to be controlled

This interface is located between the input/output circuits and the devices linked to the system to be controlled, such as sensors (e.g., for measurement and control of quantities) and actuators or power devices.

Details shall be subject to agreement between the equipment manufacturer and the rail network operator.

3.1.2.3 Interface with other programmable electronic equipment

This interface is situated between the input/output units of different electronic equipment.

NOTE - The specifications relative to other interfaces for programmable electronic equipment are under consideration.

3.1.2.4 Interface for man-machine communication (MMC)

The interface for man-machine communication is situated between the input/output units and the test equipment. Generally, this interface is necessary for connecting equipment used for commissioning and maintenance purposes. This interface is specified in Clause 3.4.

3.2 Rules relating to hardware

Programmable electronic equipment shall meet all requirements and test conditions of IEC 571-1 and 571-2.

In addition, the following requirements shall be met.

3.2.1 *Choice of large scale integration components* (LSI)

With the rapid technical progress in the field of LSI circuits (e.g., processors and memories), it is very important to ensure continuity of supply of equivalent or, at least, compatible components.

Therefore, only qualified manufacturers and widely used families of LSI circuits are permitted. Wherever possible, components with multiple sources of supply shall be used. Multiple sourcing shall imply complete physical and functional compatibility according to the manufacturers' published data (see also 2.2.1).

Le niveau de qualité des composants électroniques doit être assuré (par exemple par des essais de type, par des contrôles à l'entrée et/ou à la sortie, par des contrôles au cours des différentes phases du processus de fabrication etc.), en accord avec le constructeur de l'équipement et avec le fabricant des composants électroniques.

3.2.2 *Montage des composants*

Des mesures particulières doivent être prises en ce qui concerne les cartes imprimées pour faciliter le contrôle de tous les circuits intégrés (par exemple, circuits intégrés destinés aux essais et/ou contacts ou bornes supplémentaires destinés à ces essais).

Sauf accord entre le constructeur de l'équipement et l'exploitant ferroviaire, les supports de composants ne doivent pas être utilisés. Toutefois, des composants LSI peuvent être montés sur de tels supports. La qualité de ces supports doit être conforme aux exigences particulières des équipements électroniques installés sur les véhicules ferroviaires.

Il y a lieu de faire particulièrement attention aux éventuelles perturbations du fonctionnement imputables à l'environnement.

Toutes les mémoires non volatiles doivent être repérées de manière telle qu'elles puissent être identifiées. Lorsque celles-ci sont montées sur le circuit imprimé, il doit être possible d'identifier visuellement le logiciel qu'elles contiennent et son indice de mise à jour. Cela peut être réalisé par des étiquettes autocollantes sur la face supérieure du circuit intégré; en outre, il y aura lieu de prévoir une codification interne des mémoires non volatiles.

3.2.3 *Compatibilité électromagnétique*

Un équipement électronique programmable dont les signaux sont de niveaux faibles est sensible aux perturbations électriques de toutes origines. Le constructeur de l'équipement électronique doit prendre des mesures appropriées, par exemple blindage, isolement galvanique, mise à la masse, filtrage, etc., afin d'obtenir l'insensibilité aux parasites.

3.2.4 *Dispositifs d'autotest*

Les systèmes microprocesseurs doivent comporter des moyens d'autotest. La portée de ces moyens d'autotest doit faire l'objet d'un accord entre constructeur d'équipement et exploitant ferroviaire en fonction des tâches que le microprocesseur doit accomplir (voir également 3.3.4).

3.2.5 *Redémarrage après une panne*

Les systèmes à microprocesseurs doivent être munis de moyens permettant à l'équipement de se mettre dans un état bien précis en cas de défaut de fonctionnement, par exemple à la suite de la défaillance d'une mémoire ou après une perturbation transitoire.

Après disparition du défaut, l'équipement doit reprendre automatiquement son fonctionnement normal, si cela est possible, (voir également 3.3.4).

The quality level of electronic components shall be ensured (e.g., by type-tests, input and/or output tests, intermediate tests in the manufacturing process) or by agreement between the component manufacturer and equipment manufacturer.

3.2.2 *Component mounting*

Special measures shall be taken on printed circuit boards to facilitate the testing of all integrated circuits (e.g., test circuits and/or additional contacts or terminals for testing purposes).

Sockets shall not be used, unless subject to agreement between the equipment manufacturer and the rail network operator. However, LSI circuits may be installed in sockets. The quality of these sockets shall meet the special requirements for electronic equipment on rail vehicles.

Particular attention shall be paid to possible malfunction due to the environment.

All non-volatile memories shall be coded in such a way that they can be identified. When assembled on to the circuit card, means shall be provided to visually identify the software content and its update designation. This can be achieved with self-adhesive labels on the upper surface of the integrated circuit, and in addition, some form of internal software-coding shall be provided in non-volatile memory.

3.2.3 *Electromagnetic compatibility*

Low signal level programmable electronic equipment is sensitive to electrical interference from all sources. The manufacturer of the electronic equipment shall take adequate measures, for example shielding, electrical isolation, earthing, filters, etc. in order to achieve noise immunity.

3.2.4 *Processor self-test*

Microprocessor systems shall contain means for self-test. The extent of the self-test capability shall be subject to agreement between the equipment manufacturer and the rail network operator depending on the tasks the microprocessor has to fulfil (see also 3.3.4).

3.2.5 *Restart after failure*

Microprocessor systems shall contain means to ensure that the equipment will enter a defined state in case of operation failure, for example, by memory failure or transient disturbance.

After the fault has been cleared, the equipment should, if possible, automatically return to normal operation (see also 3.3.4).

3.2.6 Mémoires sauvegardées par piles ou accumulateurs

Lorsqu'il est fait usage de mémoires sauvegardées par piles ou accumulateurs, la pile ou l'accumulateur doit pouvoir être remplacé facilement en conservant, lorsque c'est nécessaire, le contenu des données en mémoire (voir 2.2.4.2).

3.3 Règles concernant le logiciel

3.3.1 Conception structurée

Pour chaque projet, le logiciel doit être conçu et accompagné de documents tels qu'il soit possible à un personnel compétent de:

- a) comparer l'ensemble du programme aux exigences de la spécification fonctionnelle de l'équipement;
- b) vérifier le déroulement du programme, non seulement dans les conditions normales d'utilisation mais aussi lorsque les conditions d'entrée sont défectueuses;
- c) mettre en oeuvre les procédures de maintenance et d'entretien nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement.

A cet effet, tous les logiciels doivent être conçus en utilisant une méthode de programmation structurée et agréée, permettant d'obtenir la documentation demandée au 3.3.3. Cette méthode doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant ferroviaire ou son mandataire et le constructeur de l'équipement électronique.

Des exceptions peuvent être faites dans certains cas particuliers (lorsque sont imposées des durées d'exécution très courtes, par exemple dans les fonctions de surveillance ou de protection rapide). Si tel est le cas, il y a lieu de préciser clairement la nature de la documentation.

On retiendra les méthodes suivantes parmi les plus connues: l'arbre de Jackson, les organigrammes structurés, les diagrammes de Nassi-Schneidermann, etc.

3.3.2 Exigences de conception

En tout premier lieu, la conception du logiciel doit répondre aux exigences détaillées de la spécification fonctionnelle de l'équipement. De plus, l'ensemble du programme doit être subdivisé en plusieurs modules logiciels. Les modules logiciels sont des parties du programme qui contiennent des données et des instructions et qui forment ensemble une unité logique. Pour faciliter la compréhension, il est recommandé qu'un module n'excède pas 50 lignes dans un langage de haut niveau ou 150 lignes en langage d'assemblage. Des modules d'une longueur supérieure ne seront autorisés qu'à titre exceptionnel (par exemple lorsque des temps d'exécution extrêmement courts sont nécessaires).

L'intérêt de ces modules est de permettre l'édification d'un programme à partir de telles unités. La structure interne de tels modules ne devra pas nécessairement être connue de l'utilisateur du programme. Toutefois, il devra pouvoir connaître la fonction de chaque module, les conditions précises d'entrée et de sortie dans ce module et les adresses précises des points d'accès et des points de sortie.

3.2.6 *Battery maintained memory*

Where battery maintained memory is used, it shall be easy to replace the battery, whilst still preserving the programmed data where required. (see 2.2.4.2).

3.3 Rules relating to software

3.3.1 *Structured design*

For any project, software shall be so designed and documented such that it is possible for competent staff to:

- a) fully compare the program with the performance of the equipment functional specification;
- b) verify the operation of the software not only under its intended mode of operation, but also under input fault conditions;
- c) carry out necessary maintenance and support of the equipment in service.

To this end, all software shall be designed using an agreed method of structured programming, capable of generating the documentation called for in 3.3.3. This method shall be subject to agreement between the rail network operator or his representative and the electronic equipment manufacturer.

Exceptions are allowed in special cases, where short execution times are required, for example, in fast control or protection circuits. In this case, special attention should be paid to clearly defined documentation.

Known methods include the Jackson tree, Structured Flowcharts, Nassi-Schneidermann charts, etc.

3.3.2 *Design requirements*

The software design shall, in the first instance, comply with the detail requirements of the equipment functional specification. The software shall, in addition, be broken down into several software modules. Software modules are parts of the program which contain data and operations connected together in a logical form. To aid understanding, it is recommended that a module, as written, should not exceed 50 lines of "high level" language, or 150 lines of assembly level code. Modules of greater length should be allowed only as an exception, for example when very short execution times are required.

The purpose of these modules is to build a program from such units. The inner structure of such modules need not necessarily be known to the user of the program. However, it is necessary to know the module function, defined input and output states and the exact addresses of the entry and exit points.

3.3.3 *Documentation*

Le constructeur et l'exploitant ferroviaire doivent se mettre d'accord sur la nature exacte de la documentation logicielle à fournir à l'exploitant ferroviaire et sur les conditions dans lesquelles cette documentation pourra être utilisée. En particulier, le constructeur de l'équipement électronique et l'exploitant ferroviaire - ou son mandataire - se mettront d'accord sur les modalités de modification des logiciels en fonction des évolutions des conditions d'utilisation du véhicule.

Le logiciel doit être documenté sans équivoque, suivant des règles reconnues. Les diagrammes fonctionnels peuvent être présentés suivant la CEI 617. La documentation du logiciel et les organigrammes fonctionnels doivent se correspondre de façon claire.

La documentation de base doit comprendre une description sommaire du logiciel, les organigrammes fonctionnels et les conditions particulières exigées (par exemple autotest, taille nécessaire de la mémoire).

La documentation complète comprend:

- 1) une description générale, sous forme d'organigramme, de la façon dont le constructeur interprète la spécification fonctionnelle;
- 2) les plans d'organisation du logiciel, indiquant la façon dont a été conçu le logiciel pour accomplir la fonction demandée;
- 3) un jeu hiérarchisé d'organigrammes ou son équivalent (organigrammes ou diagrammes arborescents suivant le cas) faisant le lien entre le programme d'ensemble et les modules individuels;
- 4) pour chaque module:
 - la description de son fonctionnement, sous forme d'organigramme ou de pseudo-code;
 - le code source (écrit en assembleur ou en langage de haut niveau suivant le cas);
 - les exigences et la procédure d'essai;
- 5) la localisation du programme dans les mémoires du système et le répertoire de ces mémoires;
- 6) les schémas des circuits du matériel;
- 7) les références détaillées des systèmes de développement utilisés;
- 8) les références détaillées des langages employés pour le développement du système;
- 9) toutes les normes de contrôle de la qualité du logiciel utilisées.

3.3.4 *Surveillance de défauts*

Les systèmes à microprocesseurs doivent être dotés d'un logiciel de surveillance du processeur et de la mémoire. Le rôle et l'importance du logiciel de surveillance doivent être définis par le constructeur de l'équipement électronique et l'exploitant ferroviaire en tenant compte du nombre de fonctions assurées et de l'importance de l'ensemble de l'équipement électronique programmable.

3.3.3 Documentation

The exact nature of the software documentation to be delivered to the rail network operator and the conditions under which it can be used shall be agreed upon by the equipment manufacturer and the rail network operator. In particular, the electronic equipment manufacturer and the rail network operator or his representative shall agree about the modalities of software modifications depending on the evolution of the operating conditions of the vehicle.

The software shall be documented without ambiguity in accordance with recognized rules. Functional charts may be drawn according to IEC 617. Software documentation and functional charts shall clearly correspond with each other.

The standard documentation shall comprise a short description, functional charts and specific conditions required (e.g., self-test, necessary size of memory).

The extended documentation includes:

- 1) a general description of the manufacturer's approach to the functional specification in flowchart form;
- 2) the software system diagrams - indicating the design of the software to achieve the required function;
- 3) a hierarchical set of flowcharts or equivalent (flowcharts or tree diagrams as appropriate) relating the software system to individual modules;
- 4) for each module:
 - the operational requirement, illustrated by a flowchart or a pseudo-code;
 - the written source code (assembler or high level as appropriate);
 - the requirements and test procedure;
- 5) the system memory map and the memory listing;
- 6) the hardware circuit diagrams;
- 7) detail reference of development systems used;
- 8) reference details of any language used in the system development;
- 9) any software quality control standard used.

3.3.4 Fault monitoring

Microprocessor systems shall be provided with software for monitoring the processor and the memory. Application and extent of the monitoring software shall be agreed upon by the equipment manufacturer and rail network operator depending on the number of functions and the importance of the complete programmable electronic equipment.

Le système doit signaler tout défaut du processeur ou de la mémoire.

Les mesures à prendre en conséquence dépendront de l'application considérée (par exemple, le processeur devra, dans une telle situation, se mettre dans un état bien précis, qui pourra être l'arrêt ou le fonctionnement à performance réduite, etc.).

3.3.5 *Interface avec les appareils de contrôle pour la mise en service ou pour la maintenance*

Dans la mesure du possible, le logiciel devra fournir, au moyen d'un équipement adéquat, les accès au système qui permettront sa mise en service et sa maintenance (voir 3.1.2.4).

3.3.6 *Vérification du logiciel*

Le constructeur de l'équipement doit appliquer les procédures d'assurance de qualité suivantes:

- essai fonctionnel;
- analyse au stade de la conception pour vérifier si les exigences de 3.3.1 et 3.3.2 sont remplies;
- vérification de l'intégrité et de l'exactitude de la documentation du logiciel;
- vérification de l'identification correcte et définitive du logiciel.

Une documentation doit préciser ces procédures.

3.4 **Interface avec les appareils de communication homme-machine**

La recommandation V.24 du CCITT*) est prescrite pour cette interface. S'il y a des exigences supplémentaires, celles-ci doivent faire l'objet d'accords entre constructeur de l'équipement et exploitant ferroviaire. Une attention particulière doit être accordée au 3.2.3.

SECTION 4 - FIABILITE DES SYSTEMES ELECTRONIQUES

4.1 **Niveau de fiabilité**

Lorsque les équipements électroniques doivent atteindre un degré de fiabilité donné, cela doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur de l'équipement et l'exploitant ferroviaire.

Pour obtenir le niveau de fiabilité exigé, les aspects suivants doivent être pris en compte:

- a) spécification de l'équipement;

*) Norme RS 232-C de l'EIA (Electronic Industries Association).

The system shall indicate the detection of any failure of processor or memory.

Measures to be taken as a consequence shall be determined dependent upon the respective application (e.g., the processor should then enter a defined state, which may involve shutting down or operating at reduced performance, etc.).

3.3.5 *Interface with test equipment for commissioning or maintenance*

As far as possible the software shall be able to provide access to the system, by suitable equipment, for commissioning and maintenance (see 3.1.2.4).

3.3.6 *Testing of software*

The equipment manufacturer shall perform the following quality assurance procedures:

- functional test;
- analysis at the design stage to check that requirements of 3.3.1 and 3.3.2 are met;
- check whether software documentation is complete and correct;
- check whether software is definitively and correctly identified.

These procedures shall be documented.

3.4 **Interface for man-machine communication (MMC)**

The CCITT Recommendation V.24*) is required for this interface. Further requirements are to be agreed upon between the equipment manufacturer and the rail network operator. Special attention shall be paid to Sub-clause 3.2.3.

SECTION 4 - ELECTRONIC SYSTEM RELIABILITY

4.1 **Reliability level**

Where electronic equipment has to attain a given reliability level this shall be subject to agreement between the equipment manufacturer and the rail network operator.

In order to obtain the agreed reliability level, the following aspects shall be taken into account:

- a) equipment specification;

*) RS 232-C standard of EIA (Electronic Industries Association).

- b) conception du système;
- c) conception des circuits, conception mécanique, implantation et programmation;
- d) fiabilité des composants;
- e) durée de vie escomptée;
- f) niveaux de contraintes en exploitation dus à la température, aux taux de charge, aux vibrations, aux cycles de fonctionnement, etc.;
- g) qualité de la fabrication;
- h) maintenance.

La méthode utilisée pour le calcul, les mesures et l'interprétation des niveaux de fiabilité doivent faire l'objet, dès le début de l'étude, d'un accord entre le constructeur de l'équipement et l'exploitant ferroviaire.

Il est recommandé d'utiliser les normes CEI suivantes comme guides: 271, 300, 319, 362, 409, 571-1 et 605.

Un calcul de fiabilité prévisionnelle pourra être fait par une méthode d'allocation par équipement, utilisant des valeurs de taux de défaillance obtenues à partir de sources de données connues.

De préférence, on choisira la CEI 605 pour la mesure de la fiabilité des équipements et pour l'interprétation de cette mesure.

4.1.1 *Spécifications de l'équipement*

Les spécifications concernant l'équipement devront apporter toutes précisions en ce qui concerne le rôle des circuits, la qualité des composants, les conditions d'environnement, la nature des alimentations électriques et leurs perturbations éventuelles, les conditions d'essais, les performances et la durée de vie escomptée, etc.

4.1.2 *Conception du système*

La disponibilité du système peut être augmentée de façon significative par une conception convenable, par exemple en prévoyant une redondance de l'ensemble de l'équipement ou de parties vitales de celui-ci.

4.1.3 *Conception pratique des circuits, conception mécanique, implantation et programmation*

La fiabilité inhérente aux composants utilisés doit être totalement préservée; pour cela, on s'assurera que l'agencement mécanique, la disposition des circuits électriques et la programmation sont corrects et ne diminuent pas les performances des équipements ni leur fiabilité. Par exemple, proximité de composants dissipatifs, perturbations dues aux bruits engendrés par les circuits voisins, programmation insuffisamment déboguée etc.