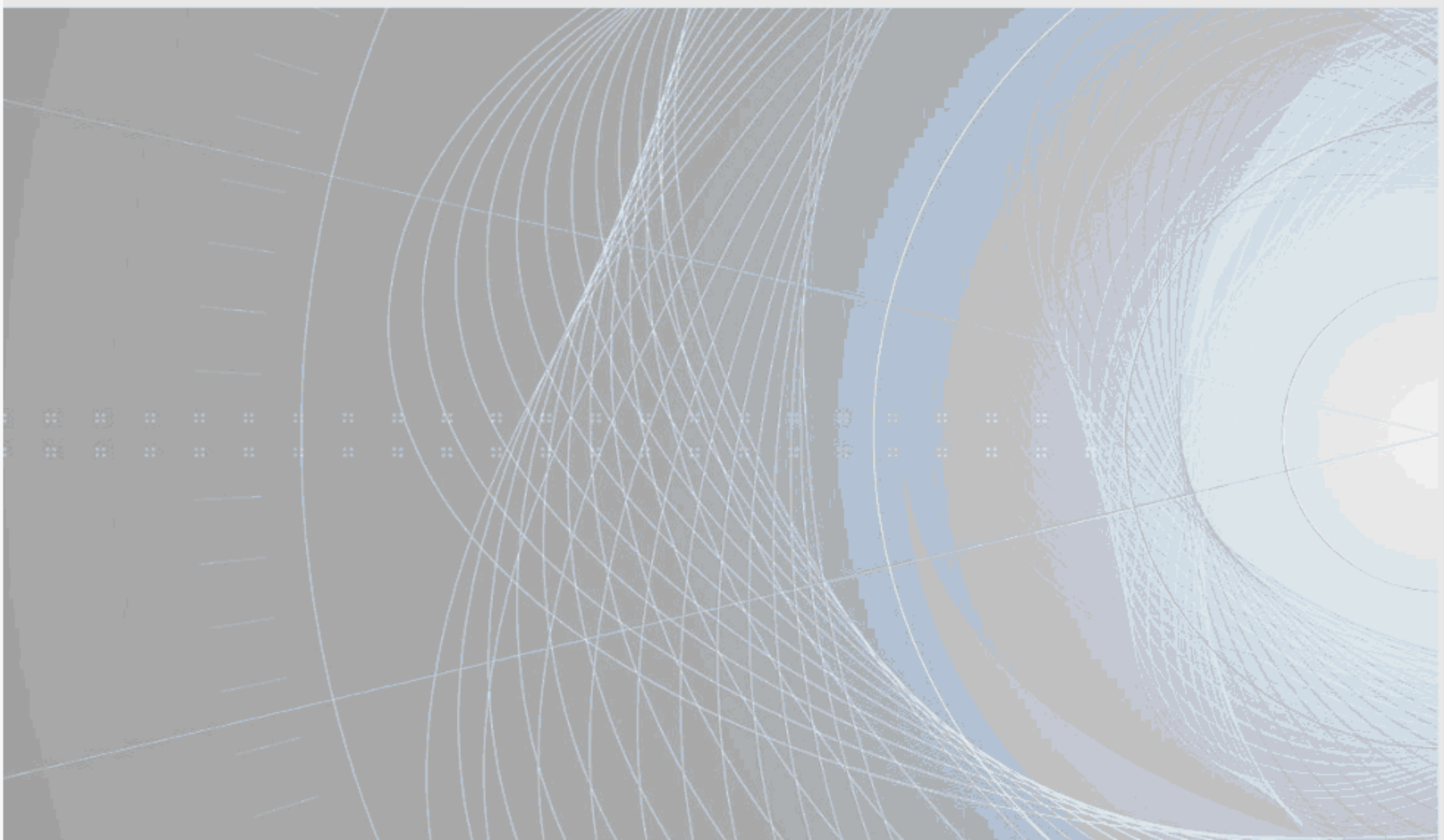


INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock

Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant





IEC 60571

Edition 3.0 2012-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock

Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 45.060

ISBN 978-2-83220-411-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	10
4 Environmental service conditions of operation	12
4.1 Normal service conditions	12
4.1.1 Altitude	12
4.1.2 Ambient temperature	12
4.1.3 Shock and vibration	13
4.1.4 Relative humidity	13
4.2 Special service conditions.....	13
4.2.1 General	13
4.2.2 Atmospheric pollutants.....	13
5 Electrical service conditions	13
5.1 Power supply	13
5.1.1 Supply from accumulator battery	13
5.1.2 Supply by a static converter or a rotating set	15
5.1.3 Supply change over	15
5.1.4 Supply with overhead line or third rail	15
5.2 Supply overvoltages.....	15
5.3 Installation.....	15
5.4 Surges, electrostatic discharge and transient burst susceptibility tests.....	16
5.5 Electromagnetic compatibility.....	16
6 Reliability, maintainability and expected useful life.....	16
6.1 Equipment reliability.....	16
6.1.1 Predicted reliability.....	16
6.1.2 Proof of reliability	16
6.2 Useful life	17
6.3 Maintainability.....	17
6.4 Maintenance levels	17
6.4.1 On-vehicle diagnosis and repair	17
6.4.2 Off-vehicle diagnosis and repair	17
6.5 Built-in diagnostics.....	17
6.6 Automatic test equipment.....	18
6.7 Alternative methods for fault diagnosis.....	18
6.8 Purpose built test equipment and special tools	18
7 Design.....	18
7.1 General	18
7.1.1 Quality management	18
7.1.2 Life cycle	19
7.2 Detailed practices – Hardware	19
7.2.1 Interfacing	19
7.2.2 Fault protection.....	19
7.2.3 Referencing power supplies	21

7.2.4	Interchangeability.....	21
7.2.5	Reduction of supply voltage	21
7.2.6	Polarity reversal.....	21
7.2.7	Inrush currents	21
7.2.8	Spare capacity	21
7.3	Detailed practices – Software.....	21
7.3.1	General	21
7.3.2	Software design measures	22
7.4	Equipment features.....	23
7.4.1	General	23
7.4.2	Memory checking.....	23
7.4.3	Self-test.....	23
7.4.4	Watchdog	24
7.4.5	Error indication	24
7.4.6	Recovery	24
8	Components	24
8.1	Procurement.....	24
8.2	Application.....	25
9	Construction	25
9.1	Equipment construction	25
9.1.1	General	25
9.1.2	Mechanical protection	25
9.1.3	Polarisation or coding	25
9.1.4	Dimensional requirements.....	25
9.1.5	Sockets and connectors.....	25
9.2	Component mounting.....	26
9.2.1	General	26
9.2.2	Layout	26
9.2.3	Fixing	26
9.2.4	Component terminations	26
9.2.5	Pre-set control	26
9.2.6	Select on test (SOT) components.....	26
9.3	Electrical connections	27
9.3.1	General	27
9.3.2	Soldered connections.....	27
9.3.3	Crimped connections	27
9.3.4	Wire wrap connections.....	27
9.3.5	Other connections.....	27
9.4	Internal flexible wiring (electrical and optical)	27
9.5	Flexible printed wiring	28
9.6	Printed boards – flexible and rigid	28
9.6.1	Printed board types.....	28
9.6.2	Procurement.....	28
9.6.3	Layout	28
9.6.4	Materials.....	28
9.7	Protective coatings for printed board assemblies.....	29
9.8	Identification.....	29
9.8.1	Bare printed board identification.....	29
9.8.2	Identification of subracks and printed board assemblies	29

9.8.3	Mounting position of subracks and printed board assemblies	29
9.8.4	Fuse and battery identification.....	29
9.9	Mounting	30
9.10	Cooling and ventilation.....	30
9.11	Materials and finishes	30
10	Safety.....	30
10.1	Introductory remarks.....	30
10.2	General	31
10.3	Functional safety	31
10.4	Personnel safety.....	31
11	Documentation	31
11.1	General	31
11.2	Supply and storage of documentation.....	31
11.3	Hardware and software documentation.....	31
11.3.1	General	31
11.3.2	Hardware documentation	31
11.3.3	Software documentation.....	32
11.4	Documentation requirements	32
11.4.1	Documents	32
11.4.2	Circuit diagrams.....	33
11.4.3	Component lists	33
11.4.4	Component layout.....	33
11.4.5	Block diagrams	33
11.4.6	Wiring diagrams.....	33
11.4.7	Interconnection diagrams	34
11.4.8	Equipment drawings.....	34
12	Testing	34
12.1	Categories of tests.....	34
12.1.1	General	34
12.1.2	Type tests.....	34
12.1.3	Routine tests	35
12.1.4	Investigation tests	35
12.2	List of tests.....	35
12.2.1	General	35
12.2.2	Visual inspection.....	35
12.2.3	Performance test	36
12.2.4	Cold start test	36
12.2.5	Dry heat test	37
12.2.6	Damp heat test, cyclic.....	37
12.2.7	Supply overvoltage.....	38
12.2.8	Surges, electrostatic discharge (ESD) and transient burst susceptibility tests.....	39
12.2.9	Radio frequency test	40
12.2.10	Insulation test	40
12.2.11	Salt mist test.....	42
12.2.12	Vibration, shock and bump test	42
12.2.13	Watertightness test.....	42
12.2.14	Equipment stress screening	43
12.2.15	Low temperature storage test.....	43

Annex A (informative) List of subclauses in which agreement between the parties (e.g. user and manufacturer) is mentioned	44
Bibliography	45
Figure 1 – System interfacing with the typical EMC areas A, B and C	20
Figure 2 – Supply overvoltage	39
Table 1 – Ambient temperature	12
Table 2 – List of tests	35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON ROLLING STOCK

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 third edition cancels and replaces the second edition issued in 1998 and its amendment 1 (2006). It constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- a) In 4.1.2, Table 1 has been modified according to IEC 62498-1. Additional explanation about the aim of this table is mentioned as notes.
- b) In 5.1.1.1, "32 V", "36 V", "64 V" and "87 V" have been added as the nominal voltage of equipment according to IEC 60077-1.
- c) In 5.3 and 5.5.7.2.1 (Figure 1), the word "interference" has been replaced by "disturbance" that is more appropriate because "disturbance" is the cause of "interference".
- d) In 12.2.7, "max" of the test waveform duration D has been replaced by "min" in the table in Figure 2. Specifying "min" can be expected to derive the duration time D longer than 1 s but quite near 1,0 s in almost all actual business case. On the other hand, specifying "max" may cause unnecessarily shorter D than 1,0 s.

- e) In 5.1.1.2, “0,7 U_n ” has been changed to “ $k U_n$ ” and some examples for Nickel-cadmium battery and Lead-acid battery are given as NOTE.
- f) Subclause 12.2.9, Radio frequency test, has been divided into 12.2.9.1, Radio frequency immunity test, and 12.2.9.2, Radio frequency-emission test.

The text of this standard is originally based on EN 50155. It was submitted to the National Committees for voting under the Fast Track Procedure.

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

FDIS	Report on voting
9/1711/FDIS	9/1735/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON ROLLING STOCK

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 ensure defined levels of functional safety are 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 purpose 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.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

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

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

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

IEC 60300-3-5, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

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

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

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

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

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

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

IEC 61124, *Reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity*

IEC 61188 (all parts), *Printed boards and printed board assemblies – Design and use*

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

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials, clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-22, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-22: Reinforced base materials clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

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

IEC 62236-3-2:2008, *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 62326 (all parts), *Printed boards*

IEC 62498-1:2010, *Railway Applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

ISO 9001, *Quality management systems – Requirements*

ISO 90003, *Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply:

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)

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

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 or box type unit, designed with a plug-in connection

3.4

subrack

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

3.5

rack

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

3.6

cubicle

any enclosure for housing electrical and/or electronic equipment

3.7

line replaceable unit

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

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

3.9

control system voltage supply

voltage supply used to power the vehicle control equipment

Note 1 to entry: 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 5.1. Where no battery is fitted, the nominal control system voltage is the normal controlled level of that voltage.

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

3.11**supply overvoltage**

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

3.12**surge**

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

Note 1 to entry: 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.

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

3.14**failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

Note 1 to entry: A temporary malfunction will not be 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 2 to entry: Attention is drawn to the possibility of a consequential failure of a second item of equipment resulting from a temporary malfunction of another item of equipment connected to it.

3.15**damage**

any change in visual appearance or alteration of mechanical integrity

3.16**useful life**

under given conditions, the time interval beginning at a given instant of time and ending when the failure rate becomes unacceptable, or when the item is considered not repairable as a result of a fault or for other relevant factors

Note 1 to entry: For a repairable item the individual useful life may be ended by a failure which is not considered as repairable for any reason.

4 Environmental service conditions of operation

4.1 Normal service conditions

4.1.1 Altitude

The altitude at which the equipment is normally to function does not exceed the values called for in IEC 62498-1:2010, 4.2. When it exceeds this figure, compliance with the requirements shall be defined by agreement between user and manufacturer.

4.1.2 Ambient temperature

Electronic equipment shall be designed and manufactured to meet the full performance specification requirement 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.

Table 1 – Ambient temperature

Class	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4
	Ambient temperature outside vehicle °C	Internal cubicle temperature °C	Internal cubicle overtemperature 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
T4	–10 +40	–10 +70	+15	–10 +85
T5	+5 +45	+5 +70	+15	+5 +85
T6	–20 +45	–20 +75	(NOTE 2)	–20 +(NOTE 2)
TX	–40 +50	–40 +70	+15	–40 +85
<p>NOTE 1 The differences between this Table 1 (column 2) and IEC 62498-1:2010 Table 2 (column 3) are mainly due to the following reasons:</p> <p>IEC 62498-1 refers to a general application, where cubicles are provided without any particular thermal design.</p> <p>In electronic equipment, a thermal design is usually needed, to guarantee a convenient minimum and maximum ambient temperature for the electronic components. The values given for the maximum temperatures inside the cubicle has been restricted to a choice of two to allow manufacturers to have only two classes of cards.</p> <p>NOTE 2 This value may become as high as a level that some agreement between user and manufacturer may be necessary considering the effect of high temperature to the life and reliability of parts and to the cost of the thermal design.</p>				

For peripheral units (measuring transducers, etc.), or if the equipment is in a decentralized configuration, then if the above ambient temperature ranges are exceeded, 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 shall be assumed to be 3 °C/s, with a maximum variation of 40 °C.

4.1.3 Shock and vibration

The equipment shall be able to withstand, without deterioration or malfunction, 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 12.2.12.

For these purposes the equipment is specified as having the electronic units installed complete, and supported in their designed fixings, with anti-vibration mounts where fitted.

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

4.1.4 Relative humidity

Refer to Table 2 of IEC 62498-1:2010 with regarding the relative humidity ranges for the temperature classes T1 to TX as basis of design of the equipment.

The equipment shall be designed for the following humidity stresses (limit values) over the relevant range of the external ambient temperature as defined in 4.1.2:

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

In addition, any moisture condensation shall not lead to any malfunction or failure.

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

4.2 Special service conditions

4.2.1 General

Special arrangements shall be agreed between the appropriate parties involved when service conditions can be proved to be different from those mentioned in 4.1 (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 user and manufacturer.

4.2.2 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.

5 Electrical service conditions

5.1 Power supply

5.1.1 Supply from accumulator battery

5.1.1.1 General

The nominal voltage of equipment (U_n) so supplied shall be selected from amongst the following values:

24 V, 32 V, 36 V, 48 V, 64 V, 72 V, 87 V, 96 V, 110 V

NOTE These nominal voltage values are given only as standardising values for the design of equipment. They are not the off load battery voltages since these are determined by the types of battery, the number of cells and the operating conditions.

Following IEC 60077, different voltage variations may be used with agreement between user and manufacturer.

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

Minimum voltage: kU_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 5.1.1.4.

NOTE k may be 0,7 for conventional type battery like Lead-acid battery and 0,8 e.g. for Nickel-cadmium battery.

5.1.1.3 Interruptions 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.

5.1.1.4 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.

5.1.1.5 D.C. ripple factor

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

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

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 5.1.1.2 however shall not be exceeded.

5.1.2 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.

5.1.3 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 under the conditions stated in 5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.1.5 and 5.1.2.

- Class C1: at $0,6 U_n$ during 100 ms (without interruptions).
- Class C2: during a supply break of 30 ms.

5.1.4 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.

5.2 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 5.1.1.2 and/or 5.1.2 (as appropriate);
- b) the application of supply overvoltages as specified in 12.2.7.

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. Overvoltage of opposite polarity to the control system voltage supply need not be considered.

Overvoltage 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.

5.3 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 disturbance.

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.

5.4 Surges, electrostatic discharge and transient burst susceptibility tests

All electronic equipment shall withstand surges, electrostatic discharge and transient burst susceptibility tests as specified in IEC 62236-3-2.

The tests are specified in 12.2.7.

5.5 Electromagnetic compatibility

The equipment shall be protected so as not to be adversely affected by conducted or radiated disturbance as required in IEC 62236-3-2 and shall not emit radio frequency interference (RFI) in excess of the level defined in IEC 62236-3-2.

The tests are specified in 12.2.8.

6 Reliability, maintainability and expected useful life

6.1 Equipment reliability

6.1.1 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 user and manufacturer, and shall be in accordance with a recognized standard.

6.1.2 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 will be presented at the end of a mutually agreed period (km 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 60300-3-5, IEC 60605-2, IEC 60605-4, IEC 60605-6 and IEC 61124 may be used as guides.

The detailed reliability evaluation procedure shall be stated in the contract.

6.2 Useful life

The useful life of electronic equipment shall be agreed between user and manufacturer.

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.

6.3 Maintainability

Unless otherwise agreed, equipment shall be designed so 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.

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.

6.4 Maintenance levels

6.4.1 On-vehicle diagnosis and repair

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 to be easily exchanged.

User and manufacturer shall also agree on the use of any specialised tools required in this maintenance procedure.

Equipment shall be designed so 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.

6.4.2 Off-vehicle diagnosis and repair

Equipment shall be designed so 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 so 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.

6.5 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 into account in reliability calculations.

6.6 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 train-borne equipment, e.g. bed of nails or guided probe (for off-vehicle repair), 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 function of the equipment, to facilitate the connection of automatic test equipment.

6.7 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.

6.8 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.

7 Design

7.1 General

7.1.1 Quality management

All 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 implicit in the use of ISO 9001, for all system, hardware, and software design to proceed according to clearly laid down functional and interface specifications.

7.1.2 Life cycle

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

7.2 Detailed practices – Hardware

7.2.1 Interfacing

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

- electromagnetic compatibility;
- potential differences;
- personnel safety;

and to control propagation of damage arising from external faults.

The user may require galvanic isolation to meet the above. In this case the requirement 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.

7.2.2 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 minimise 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.

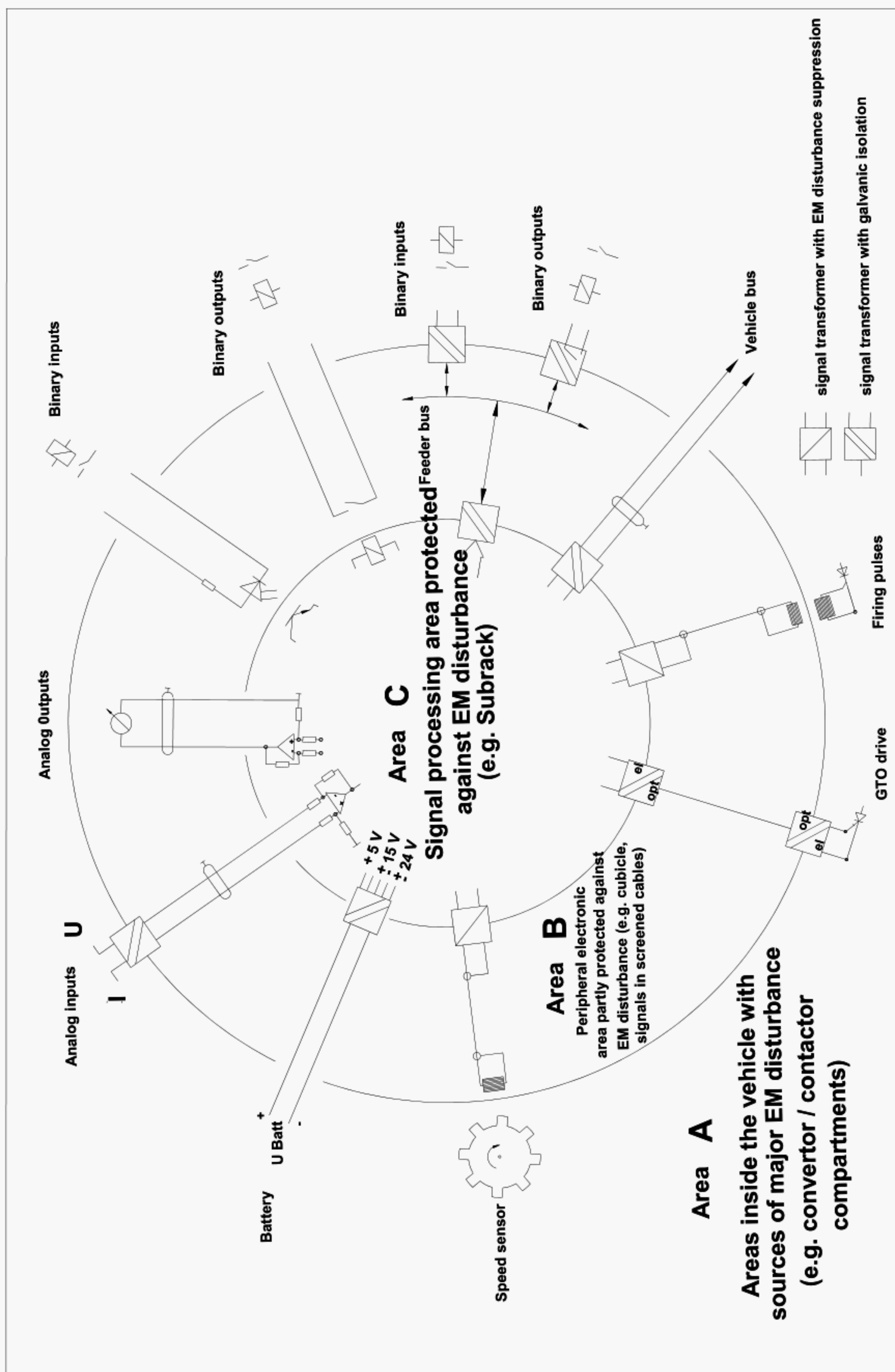


Figure 1 – System interfacing with the typical EMC areas A, B and C

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 minimised.

7.2.3 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.

7.2.4 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.

7.2.5 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.

7.2.6 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.

7.2.7 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.

7.2.8 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.

7.3 Detailed practices – Software

7.3.1 General

ISO 90003 shall be used for the application of ISO 9001 for software.

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.

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 7.3.2 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.

7.3.2 Software design measures

7.3.2.1 General

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 (Annex B).

7.3.2.2 Modular approach

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

7.3.2.3 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.

7.3.2.4 Recording

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

7.3.2.5 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.

7.3.2.6 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.

7.3.2.7 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 testable completely on the basis of the analysis.

7.3.2.8 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.

7.3.2.9 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.

7.4 Equipment features

7.4.1 General

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

7.4.2 Memory checking

Upon power up, during its initialisation, 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.

7.4.3 Self-test

The equipment shall include a self-test function which shall, as far as practicable, verify that the system is operational at each initialisation. 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.

7.4.4 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).

7.4.5 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.

7.4.6 Recovery

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

8 Components

8.1 Procurement

8.1.1 All components shall comply with detail specifications which define the component functional and physical parameters.

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

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

- a) EN or 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 EN or IEC generic specifications.

8.1.4 Except as provided for in 8.1.5, 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 8.1.1 above.

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

8.1.6 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 at least half of the agreed useful life of the electronic equipment as defined in 6.2. 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.

8.1.7 Specialised 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 manufacturer.

8.2 Application

8.2.1 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.

8.2.2 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.

8.2.3 All components shall be used:

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

8.2.4 The choice of temperature range, derating, packaging 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 6. The life expectancy of components shall not be less than the useful life of the equipment except for components with a known life as defined in 6.2.

9 Construction

9.1 Equipment construction

9.1.1 General

Equipment shall comply with the following constructional requirements.

9.1.2 Mechanical protection

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

9.1.3 Polarisation or coding

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

9.1.4 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 160 mm or 220 mm.

9.1.5 Sockets and connectors

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

9.2 Component mounting

9.2.1 General

Equipment shall comply with IEC 61188-5 and the following constructional requirements.

9.2.2 Layout

Component parts shall be so located, secured and disposed with respect to each other and the structural members so 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 printed boards or any other components.

9.2.3 Fixing

Components which do not have specific mechanical fixings, 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 they 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.

9.2.4 Component terminations

Connections to components shall be made so 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.

9.2.5 Pre-set control

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

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

9.2.6 Select on test (SOT) components

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

9.3 Electrical connections

9.3.1 General

Connections shall be of the following types.

9.3.2 Soldered connections

Soldered connections shall be made only to 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 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.

9.3.3 Crimped connections

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

9.3.4 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.

9.3.5 Other connections

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

9.4 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 not be less than the overall diameter of the wire including its insulation.

Grommets, bushes or edge protections 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 by 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.

Screened cables shall have an insulating sheath.

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

9.5 Flexible printed wiring

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.

9.6 Printed boards – flexible and rigid

9.6.1 Printed board types

The following types of printed board may be used:

- rigid single or double-sided;
- flexible and flexirigid 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 the 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.

9.6.2 Procurement

Printed boards shall be procured and manufactured according to the provisions of the relevant specification from IEC 62326 series and IEC 61188 series.

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

9.6.3 Layout

Board layout shall be carried out according to IEC 62326 series, with due regard to the service conditions of this standard.

9.6.4 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, IEC 61249-2-22 and IEC 62326 series, as appropriate.

For flexible printed boards the base material shall be a flexible copper-clad polyimide film of defined flammability (vertical burning test).

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

9.7 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 IC 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.

9.8 Identification

9.8.1 Bare printed board identification

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

9.8.2 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, bold, concise and durable.

Labelling of 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.

9.8.3 Mounting position of subracks and printed board assemblies

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

9.8.4 Fuse and battery identification

All fuse ratings shall be indicated adjacent to the fuse.

Where batteries are used internal to 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.

9.9 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 equipment: 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 not preferred and shall only be used 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 clause do not include individual components such as hybrid circuits, ASICs, etc.

9.10 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).

9.11 Materials and finishes

Materials and finishes shall be suitable for the conditions of use, and shall be chosen with respect to the environmental, 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 resistant to flame propagation.

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.

10 Safety

10.1 Introductory remarks

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

10.2 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.

10.3 Functional safety

Safety related functions for the equipment or system and their specific safety integrity requirements shall be defined in accordance with IEC 62278:2002 (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.

10.4 Personnel safety

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

11 Documentation

11.1 General

As referenced in Clause 7, the equipment design shall be documented according to the provisions of ISO 9001.

11.2 Supply and storage of documentation

The manufacturer and user shall agree in writing:

- 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 manufacturer.

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

11.3 Hardware and software documentation

11.3.1 General

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

11.3.2 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, current waveforms, and rise times, etc. where appropriate;

- 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 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 which may exist within the equipment or which may occur in use or in handling;
- t) maintenance documentation.

11.3.3 Software documentation

The following items provide a check list for software documentation:

- a) a software requirement specification describing the manufacturer's approach to 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 tools used to develop the software;
- i) integration test requirements and results;
- j) maintenance documentation.

11.4 Documentation requirements

11.4.1 Documents

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

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

All graphical symbols shall comply with IEC 60617.

11.4.2 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 practical, 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-energised position.

11.4.3 Component lists

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

11.4.4 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 polarising details where used.

11.4.5 Block diagrams

Block diagrams with symbols conforming to IEC 60617 and IEC 61082 series shall show the flow of information between the identifiable parts of a system.

11.4.6 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.).

11.4.7 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 both disturbance and interference.

11.4.8 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.

12 Testing

12.1 Categories of tests

12.1.1 General

There are three categories of tests:

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

At the time of tendering, the user shall identify any tests subject to agreement (see 12.2).

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.

In some cases where the tests subject to agreement are costly, agreement to carry out only those tests which are necessary is contained in the contract.

12.1.2 Type tests

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

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

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 the 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 user and manufacturer, so as to confirm that the quality of the product still meets the specified requirements.

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

- modification of equipment likely to affect its function or method of operation;

- failure or variations established during type or routine tests;
- resumption of production after an interruption of more than five years;
- change of manufacturing site.

12.1.3 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 each equipment.

12.1.4 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.

12.2 List of tests

12.2.1 General

Table 2 lists the type and routine tests for electronic equipment. In this table, the execution of tests marked "*" is mandatory. For the purpose of these tests ambient temperature shall be defined as $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Table 2 – List of tests

	Test	Type	Routine	Subclause
1	Visual inspection	*	*	12.2.2
2	Performance test	*	*	12.2.3
3	Cold start test	*	-	12.2.4
4	Dry heat test	*	-	12.2.5
5	Damp heat test, cyclic	-	-	12.2.6
6	Supply overvoltages	*	-	12.2.7
7	Surges, electrostatic discharge and transient burst susceptibility tests	*	-	12.2.8
8	Radio frequency test	-	-	12.2.9
8.1	Radio frequency immunity test	-	-	12.2.9.1
8.2	Radio frequency emission test	-	-	12.2.9.2
9	Insulation test	*	*	12.2.10
10	Salt mist test	-	-	12.2.11
11	Vibration, shock and bump test	*	-	12.2.12
12	Watertightness test	-	-	12.2.13
13	Equipment stress screening	-	-	12.2.14
14	Low temperature storage test	-	-	12.2.15
NOTE The execution of tests marked "-" is subject to contract agreement between the user and the manufacturer.				

12.2.2 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 or deterioration has occurred resulting from the tests.

12.2.3 Performance test

Measurements shall be carried out at the 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 that 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

D.C. supplied equipment:

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

A.C. 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 5.1.1.3.

Tests shall be carried out at nominal voltage.

The power supply input to the equipment under test (EUT) shall be interrupted for a period according to the classification given in 5.1.1.3 and 5.1.3 as appropriate.

The equipment shall continue to function and indicate 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 non-spurious operation occurs.

In case of a group of output signals, which are electrically identical, 4 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.

12.2.4 Cold start 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 shall be first 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 not be less than 2 h.

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

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

Test acceptance requirements:

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

The test specification shall detail the acceptance criteria.

12.2.5 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 EUT (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 4.1.2.

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 energised 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 stabilised, 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.

Test acceptance requirements:

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

The test specification shall detail the acceptance criteria.

12.2.6 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 EUT shall not alter such conditions (through heat dissipation, adsorption 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 EUT shall not be powered except during the performance check.

Temperatures: + 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.

12.2.7 Supply overvoltage

The supply overvoltage shall be generated as the trapezoidal overvoltage test as shown in Figure 2.

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).

In addition to the above, the following test requirements shall apply.

In all cases, the voltage levels and time durations of the test waveforms shall be measured with the test generator disconnected from the EUT.

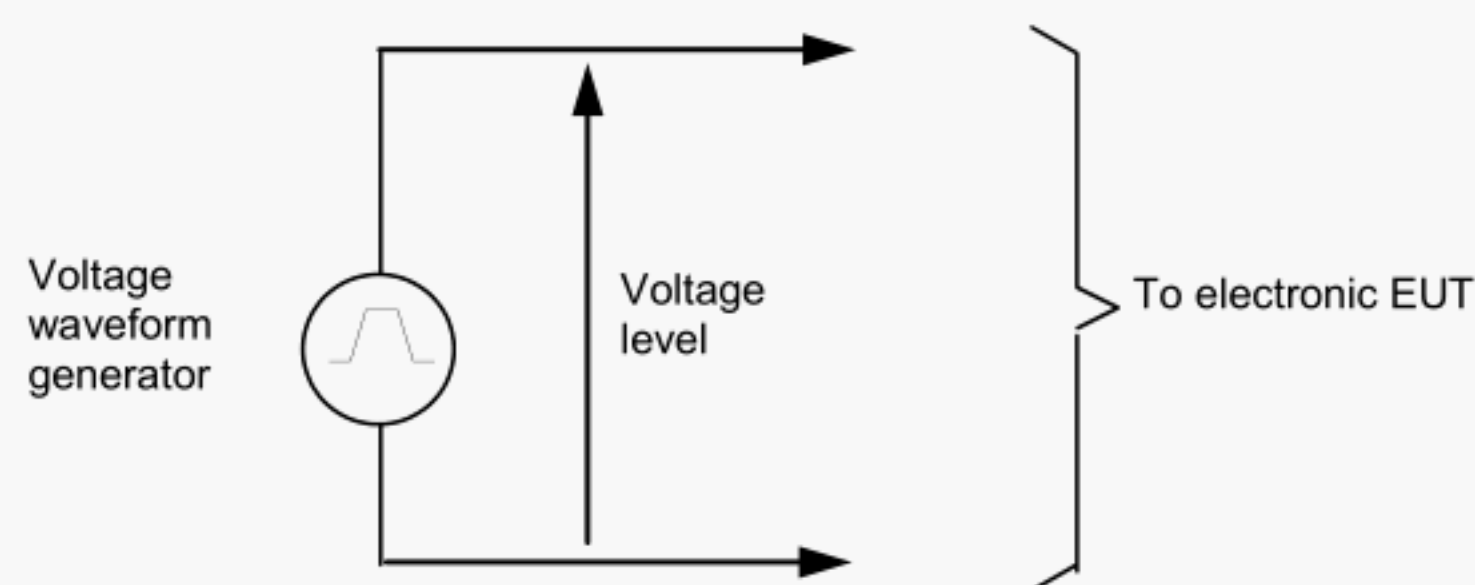
The electronic EUT shall be subjected to five applications of each voltage level and polarity specified.

The interval between successive applications of test waveforms shall not exceed 1 min.

During the test, the equipment shall be monitored to detect any failure or malfunction.

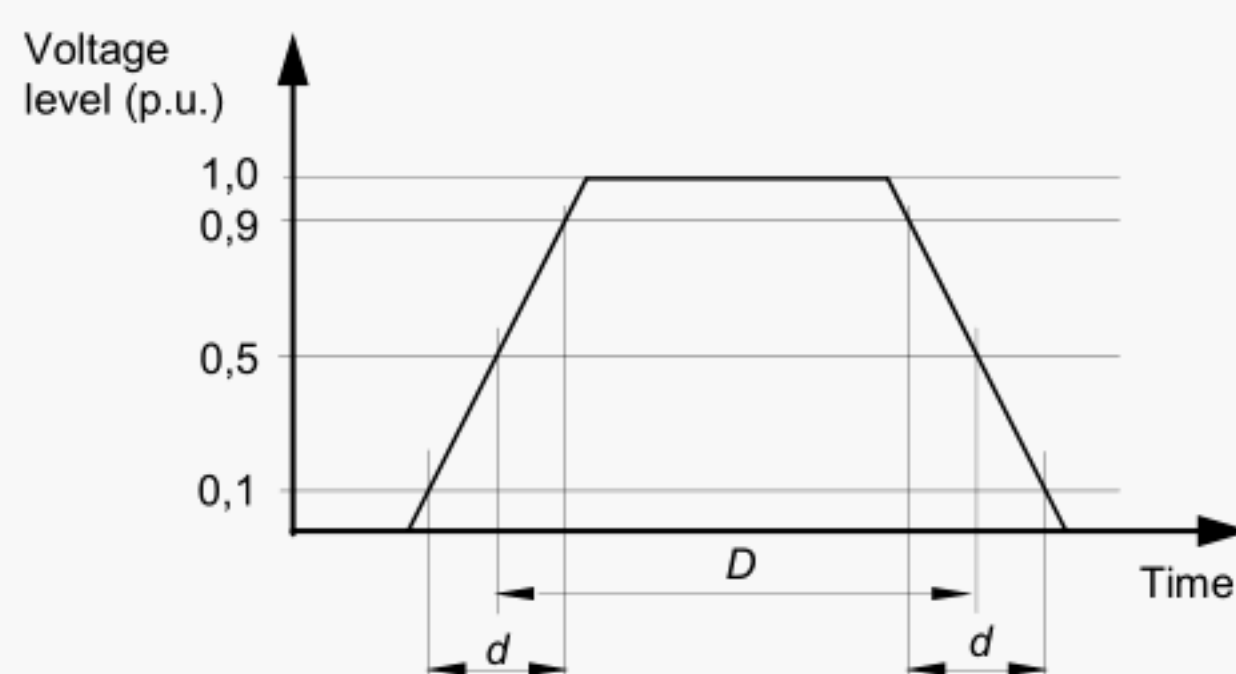
Test acceptance requirements:

- no failure shall occur;
- where non-linear surge absorbers are employed for surge suppression, checks shall be made at the end of the test sequence to verify that no degradation has occurred.



IEC 1890/12

Figure 2a – Test Circuit



IEC 1891/12

Figure 2b – Test waveform

Voltage level min.	Duration <i>d</i> max.	Duration <i>D</i> min.	Internal resistance (Tol. $\pm 10\%$)
1,4 U_n	0,1 s	1,0 s	1 Ω

Figure 2 – Supply overvoltage

12.2.8 Surges, electrostatic discharge (ESD) and transient burst susceptibility tests

12.2.8.1 Surges

The surge waveform (see 5.4) shall be generated and tested using the generator and waveform as specified in IEC 62236-3-2:2008 (Table 7).

12.2.8.2 Electrostatic discharge susceptibility test

This test is only to be carried out for equipment normally accessible to operating staff and passengers.

The equipment shall be in its housing with all covers and access panels in place, and with its earth connections.

The test shall be carried out in accordance with IEC 62236-3-2:2008 (Table 9).

12.2.8.3 Transient burst susceptibility test

This test attempts to simulate the conductive effect of an electric and/or magnetic field coupling into the input/output circuits and/or power supply lines of the EUT.

The test shall be carried out in accordance with IEC 62236-3-2:2008 (Table 7 and Table 8).

12.2.9 Radio frequency test

12.2.9.1 Radio frequency immunity test

All testing shall be carried out with the EUT arranged in a form as close to the installed conditions as possible including any associated wiring and agreed terminations.

The equipment shall be in its housing with all covers and access panels in place unless otherwise agreed with the user.

For conducted disturbances induced by radio frequencies fields, refer to IEC 62236-3-2:2008 (Table 7 and Table 8).

For radiated disturbances induced by radio frequencies fields, refer to IEC 62236-3-2:2008 (Table 9).

12.2.9.2 Radio frequency emission test

All testing shall be carried out with the EUT arranged in a form as close to the installed conditions as possible including any associated wiring and agreed terminations.

The equipment shall be in its housing with all covers and access panels in place unless otherwise agreed with the user.

The equipment shall be tested to the requirements as specified in IEC 62236-3-2:2008 (Table 3, Table 4, Table 5, and Table 6).

12.2.10 Insulation test

12.2.10.1 General

The aim of this test is to ensure that the mounting of components, their metal connections and casings, and the routing of wiring and printed board tracks, are not located too close to surrounding metal parts or fixings.

In addition the test will verify the design clearances of circuits with requirements for galvanic isolation.

The test shall be carried out on fully assembled parts of equipment, and/or complete equipment dependent upon the scope of supply.

The test comprises two parts, an insulation measurement test (carried out before and after the voltage withstand test), and the voltage withstand test.

Insulation measurement and voltage withstand tests shall be carried out on one of these two alternatives:

- a) individual subracks and/or printed board assemblies, and racks and cubicles without subracks or printed board assemblies;

b) complete racks and cubicles fitted with all subracks and printed board assemblies.

Where galvanic isolation is required, the insulation measurement values shall be taken, and then test voltages applied between the two sides of the isolation barrier.

The insulation measurement tests shall then be repeated.

The voltage withstand test procedure shall be arranged such that individual circuits are subjected to the minimum number of applications of the dielectric test voltage.

For subracks and printed board assemblies with exposed metal parts, frames or front panels, or metal fixings, which can either be touched or require galvanic isolation, then the test shall be carried out between all the connections shorted together and these metal parts.

If the insulation test has been carried out as part of the routine test, then it shall not be repeated during the type test.

12.2.10.2 Insulation measurement test

The insulation resistance test shall be carried out at 500 V d.c. and the values recorded.

The test shall then be repeated after the voltage withstand test.

Test acceptance requirements:

There shall be no fundamental deterioration from the initial measurement.

12.2.10.3 Voltage withstand test

Whenever possible, a.c. voltage of 50 Hz or 60 Hz shall be used. If not applicable, a d.c. voltage of a value corresponding to the a.c. voltage peak shall be used.

The test voltage shall be applied by gradually increasing the voltage amplitude to the test voltage, and maintained at the specified level for 1 min or for a specified time length agreed between user and manufacturer.

The nominal d.c. input voltage, or a.c. input voltage, is the controlling factor for determining the test voltage.

A sinusoidal r.m.s. value of the test voltage shall be:

- 500 V for nominal battery voltages below 72 V (or 50 V a.c.),
- 1 000 V for nominal battery voltages from 72 V up to 125 V (or from 50 V to 90 V a.c.), and
- 1 500 V for nominal battery voltages above 125 V and up to 315 V (or from 90 V to 225 V a.c.),

with the exception that the secondary circuit of power supplies which operate in a galvanically isolated mode may be tested with a voltage for the corresponding lower voltage range.

Where part of the electronic equipment is galvanically connected to a power circuit, then this part of the equipment shall be subject to the same dielectric tests as that circuit.

Test acceptance requirements:

Neither disruptive discharge nor flashover shall occur.

12.2.11 Salt mist test

12.2.11.1 Salt solution

The solution for producing the salt mist shall be prepared by dissolving (50 ± 1) g sodium chloride (NaCl) analytical reagent quality, in distilled or demineralized water to make up $(1 \pm 0,02)$ l of final solution at 20 °C; if the pH does not lie between 6,5 and 7,2, the solution shall be rejected.

12.2.11.2 Test procedure

During the test, the temperature in the test chamber shall be maintained at (35 ± 2) °C.

The solution and the air used to produce the salt mist shall have a temperature equal to that of the test chamber.

The equipment should be tested in the manner in which they are expected to be used, i.e. protective covers should be in position and the equipment arranged, as nearly as possible, in the position it will occupy in actual use.

The test chamber shall be kept closed and spraying of the salt solution shall continue without interruption during the whole conditioning period.

The period shall be:

- for class ST1: 4 h;
- for class ST2: 16 h;
- for class ST3: 48 h;
- for class ST4: 96 h.

At the end of the test, the equipment shall be washed in running tap water for 5 min, rinsed in distilled or demineralized water, then dried to remove droplets of water and stored under standard atmospheric conditions of the testing area for not less than 1 h, no more than 2 h.

After that, the equipment is subjected to a visual examination.

Test acceptance requirements:

No major damage shall occur.

A performance check (see 3.8) shall not show any failure or damage nor any results which are beyond the specified tolerances.

12.2.12 Vibration, shock and bump test

The complete cubicle or rack together with its auxiliaries and mounting arrangements (including its shock-absorbing devices if the equipment is designed for mounting on such devices) shall be subjected to the tests indicated in IEC 61373.

12.2.13 Watertightness test

As electronic equipment is generally mounted either inside the body of the vehicle or in boxes outside, there is no need to carry out watertightness tests, apart from exceptional cases to be defined between user and manufacturer.

12.2.14 Equipment stress screening

The user may require a screening procedure to be applied to completed equipment or a part of it, for the purpose of eliminating dormant manufacturing or component defects.

The process may include:

- operation at elevated temperature;
- thermal cycling;
- vibration.

As appropriate to the equipment under consideration, the process, and the tests to be applied to the equipment, shall be agreed at the time of tender.

No condition specified for this procedure shall exceed the service conditions specified for the equipment or subassembly.

12.2.15 Low temperature storage test

Where the equipment is to be subjected to temperatures less than its minimum operating temperature, then a low temperature storage test may be carried out. This test shall be in accordance with IEC 60068-2-1.

The temperature value for the test shall be $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the time period shall be 16 h minimum.

After recovery, a performance check shall be carried out at ambient temperature.

Test acceptance requirements:

- no damage shall occur,
- the functional check does not show any failure nor any results which are beyond specified tolerances.

The test specification shall detail the acceptance requirements.

Annex A
(informative)

**List of subclauses in which agreement between the parties
(e.g. user and manufacturer) is mentioned**

4.1.1	Altitude
4.2	Special service conditions
5.1.1	Supply from accumulator battery
5.3	Installation
6.1.1	Predicted reliability
6.1.2	Proof of reliability
6.2	Useful life
6.3	Maintainability
6.4.1	On-vehicle diagnosis and repair
7.2.3	Referencing power supplies
7.3.2	Software design measures
9.3.5	Other connections
11.2	Supply and storage of documentation
12.1.2	Type tests
12.1.4	Investigation tests
12.2.3	Performance test
12.2.9.1	Radio frequency immunity test
12.2.9.2	Radio frequency emission test
12.2.13	Watertightness test
12.2.14	Equipment stress screening

Bibliography

IEC 60077 (all parts), *Railway applications – Electric equipment for rolling stock*

IEC 61287-1, *Railway applications – Power convertors installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test method*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
1 Domaine d'application	52
2 Références normatives	52
3 Termes et définitions	54
4 Conditions générales d'environnement en fonctionnement.....	56
4.1 Conditions normales de service	56
4.1.1 Altitude	56
4.1.2 Température ambiante	56
4.1.3 Chocs et vibrations	57
4.1.4 Humidité relative	57
4.2 Conditions spéciales de service	57
4.2.1 Généralités	57
4.2.2 Polluants atmosphériques	57
5 Conditions générales électriques.....	58
5.1 Alimentation	58
5.1.1 Alimentation par une batterie d'accumulateur	58
5.1.2 Alimentation par un convertisseur statique ou par un groupe tournant.....	59
5.1.3 Commutation d'alimentation	59
5.1.4 Alimentation par la caténaire ou le troisième rail.....	59
5.2 Surtensions d'alimentation	59
5.3 Installation.....	60
5.4 Essais de transitoires, de décharge électrostatique et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves	60
5.5 Compatibilité électromagnétique	60
6 Fiabilité, maintenabilité et durée de vie	60
6.1 Fiabilité de l'équipement	60
6.1.1 Fiabilité prévisionnelle.....	60
6.1.2 Vérification de la fiabilité	60
6.2 Durée de vie	61
6.3 Maintenabilité	61
6.4 Niveaux de maintenance.....	61
6.4.1 Diagnostic et réparation à bord du véhicule	61
6.4.2 Diagnostic et réparation hors véhicule	62
6.5 Diagnostics intégrés	62
6.6 Equipement d'essai automatique.....	62
6.7 Autres méthodes de diagnostics de pannes.....	62
6.8 Equipements spécifiques pour essai et outillages spéciaux	62
7 Conception	63
7.1 Généralités	63
7.1.1 Gestion de la qualité	63
7.1.2 Cycle de développement	63
7.2 Règles détaillées – Matériel	63
7.2.1 Interfaces	63
7.2.2 Protection contre les défauts.....	63
7.2.3 Potentiel de référence des alimentations	66

7.2.4	Interchangeabilité	67
7.2.5	Diminution de la tension d'alimentation.....	67
7.2.6	Inversion de polarité	67
7.2.7	Courants d'appel.....	67
7.2.8	Réserves disponibles	67
7.3	Règles détaillées – Logiciel.....	67
7.3.1	Généralités	67
7.3.2	Dispositions concernant le développement du logiciel.....	68
7.4	Caractéristiques de l'équipement	69
7.4.1	Généralités	69
7.4.2	Contrôle de la mémoire.....	69
7.4.3	Autotest.....	69
7.4.4	"Chien de garde".....	70
7.4.5	Traitement d'erreur	70
7.4.6	Reprise.....	70
8	Composants	70
8.1	Approvisionnement	70
8.2	Application.....	71
9	Construction	71
9.1	Construction des équipements	71
9.1.1	Généralités	71
9.1.2	Protection mécanique	71
9.1.3	Détrompage.....	71
9.1.4	Exigences dimensionnelles	71
9.1.5	Supports et connecteurs	72
9.2	Montage des composants	72
9.2.1	Généralités	72
9.2.2	Implantation.....	72
9.2.3	Fixations.....	72
9.2.4	Terminaisons des composants.....	72
9.2.5	Commandes préréglées	72
9.2.6	Composants d'ajustage.....	73
9.3	Connexions électriques.....	73
9.3.1	Généralités	73
9.3.2	Connexions soudées.....	73
9.3.3	Connexions serties	73
9.3.4	Connexions enroulées.....	73
9.3.5	Autres connexions	73
9.4	Câblage interne souple (électrique ou optique).....	73
9.5	Câblage imprimé souple	74
9.6	Cartes imprimées flexibles et rigides.....	74
9.6.1	Types de cartes imprimées	74
9.6.2	Approvisionnement	74
9.6.3	Implantation.....	75
9.6.4	Matériaux.....	75
9.7	Vernis de protection pour cartes imprimées équipées.....	75
9.8	Identification.....	75
9.8.1	Identification de la carte nue	75
9.8.2	Identification des tiroirs et cartes équipées.....	75

9.8.3	Position de montage des tiroirs et cartes équipées	76
9.8.4	Identification des batteries et fusibles	76
9.9	Montage	76
9.10	Refroidissement et ventilation	76
9.11	Matériaux et produits de finition	76
10	Sécurité	77
10.1	Remarques introductives	77
10.2	Généralités	77
10.3	Sécurité de fonctionnement	77
10.4	Sécurité du personnel	77
11	Documentation	77
11.1	Généralités	77
11.2	Fourniture et archivage de la documentation	77
11.3	Documentation relative au matériel et au logiciel	77
11.3.1	Généralités	77
11.3.2	Documentation relative au matériel	78
11.3.3	Documentation relative au logiciel	78
11.4	Exigences sur la documentation	79
11.4.1	Documents	79
11.4.2	Schémas des circuits	79
11.4.3	Nomenclature	80
11.4.4	Implantation des composants	80
11.4.5	Synoptiques	80
11.4.6	Schémas de câblage	80
11.4.7	Schémas des interconnexions	80
11.4.8	Plans des équipements	80
12	Essais	80
12.1	Catégories d'essais	80
12.1.1	Généralités	80
12.1.2	Essais de type	81
12.1.3	Essais de série	81
12.1.4	Essais d'investigation	81
12.2	Liste des essais	81
12.2.1	Généralités	81
12.2.2	Inspection visuelle	82
12.2.3	Essai de qualification	82
12.2.4	Essai de démarrage à froid	83
12.2.5	Essai de chaleur sèche	83
12.2.6	Essai de chaleur humide, cyclique	84
12.2.7	Surtension d'alimentation	85
12.2.8	Essais de transitoires, de décharge électrostatique (ESD) et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves	86
12.2.9	Essais de fréquences radio	87
12.2.10	Essai d'isolement	87
12.2.11	Essai de brouillard salin	89
12.2.12	Essais de vibrations, chocs et secousses	89
12.2.13	Essai d'étanchéité	89
12.2.14	Déverminage de l'équipement	90
12.2.15	Essai de stockage à basse température	90

Annexe A (informative) Liste des paragraphes dans lesquels un accord entre les parties (par exemple utilisateur et constructeur) est mentionné	91
Bibliographie	92
Figure 1 – Système d'interface avec les zones d'EMC typiques A, B et C	66
Figure 2 – Surtension d'alimentation	86
Tableau 1 – Température ambiante	56
Tableau 2 – Liste des essais	82

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets 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.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1998 et son amendement 1 (2006), dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- a) En 4.1.2, le Tableau 1 a été modifié conformément à la CEI 62498-1. Une explication complémentaire sur l'objet de ce Tableau est indiquée par des NOTES.
- b) En 5.1.1.1, les tensions nominales des équipements "32 V", "36 V", "64 V" et "87 V" ont été ajoutées, conformément à la CEI 60077-1.
- c) En 5.3 et 5.5.7.2.1 (Figure 1), le terme "interférence" a été remplacé par le terme "perturbation", plus approprié, car c'est la "perturbation" qui cause l'"interférence".

- d) En 12.2.7, dans le tableau de la Figure 2, le "max." de la durée D de la forme d'onde d'essai a été remplacé par "min.". Préciser "min." peut entraîner une durée D supérieure à 1 s, mais assez proche de 1,0 s dans presque tous les cas d'utilisation commerciale. En revanche, préciser "max." peut provoquer inutilement une durée D inférieure à 1,0 s.
- e) En 5.1.1.2, " $0,7 U_n$ " a été remplacé par " $k U_n$ " et des exemples pour les batteries au nickel-cadmium ou au plomb-bioxyde de plomb sont indiqués en NOTE.
- f) Le paragraphe 12.2.9, Essai de fréquence radio, a été divisé en 12.2.9.1, Essai d'immunité aux fréquences radio, et 12.2.9.2, Essai d'émission de fréquences radio.

La présente norme est basée à l'origine sur l'EN 50155. Elle a été soumise aux Comités Nationaux pour vote suivant la procédure par voie express.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1711/FDIS	9/1735/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT

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.

La présente 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 la présente 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.

Un logiciel d'intégrité de sécurité de niveau 1 ou supérieur ne doit être envisagé que si l'on constate qu'il reste un risque de sécurité résiduel et qu'il est nécessaire de l'effectuer 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 la présente 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 la présente norme. Les dispositifs d'allumage complets sont couverts par la CEI 61287-1.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

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

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

CEI 60297 (toutes les parties), *Structures mécaniques pour équipements électroniques – Dimensions des structures mécaniques de la série de 482,6 mm (19 pouces)*

CEI 60300-3-5, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques*

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

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

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

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

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

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

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

CEI 61124, *Essais de fiabilité – Plan d'essais de conformité d'un taux de défaillance constant et d'une intensité de défaillance constante*

CEI 61188 (toutes les parties), *Cartes imprimées et cartes imprimées équipées – Conception et utilisation*

CEI 61188-5, *Cartes imprimées et cartes imprimées équipées – Conception et utilisation – Partie 5: considérations sur les liaisons pistes-soudures*

CEI 61249-2-7, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-7: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuille stratifiée tissée de verre E avec de la résine époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre*

CEI 61249-2-22, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-22: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre*

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

CEI 62236-3-2:2008, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – 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 62326 (toutes les parties), *Cartes imprimées*

CEI 62498-1:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*

ISO 9001, *Systèmes de management de la qualité – Exigences*

ISO 90003, *Ingénierie du logiciel – Lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001:2000 aux logiciels informatiques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

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)

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.

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 ou un boîtier, conçu avec une connexion enfichable

3.4

tiroir

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

3.5

châssis

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

3.6

armoire

toute enceinte pouvant accueillir des équipements électriques et/ou électroniques

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

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

3.9

source d'alimentation de l'équipement

alimentation de tension utilisée pour alimenter l'équipement

Note 1 à l'article: 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 5.1. Lorsqu'aucune batterie n'est installée, la tension nominale de la source d'alimentation est le niveau normal, régulé de cette tension.

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

3.11

surtension d'alimentation

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

3.12

transitoire

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

Note 1 à l'article: 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.

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.

3.14

défaillance

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

Note 1 à l'article: 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 2 à l'article: L'attention est attirée sur la possibilité d'une défaillance d'une autre partie de l'équipement, liée à un dysfonctionnement temporaire d'une partie qui lui est connectée.

3.15

détérioration

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

3.16

durée de vie utile

dans des conditions données, intervalle de temps commençant à un instant de temps donné et se terminant lorsque le taux de défaillance devient inacceptable, ou lorsque l'équipement est considéré irréparable suite à un défaut ou pour toute autre raison appropriée

Note 1 à l'article: 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.

4 Conditions générales d'environnement en fonctionnement

4.1 Conditions normales de service

4.1.1 Altitude

L'altitude à laquelle l'équipement est normalement destiné à fonctionner ne dépasse pas les valeurs indiquées en 4.2 de la CEI 62498-1:2010. Si ces valeurs sont dépassées, la conformité aux exigences doit être définie par un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

4.1.2 Température ambiante

L'équipement électronique doit être conçu et fabriqué afin qu'il puisse répondre à l'exigence des 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.

En outre, l'équipement doit être conforme au démarrage aux conditions thermiques particulières pendant une courte durée, comme indiqué dans la colonne 3.

Tableau 1 – Température ambiante

Classe	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4
	Température ambiante à l'extérieur du véhicule	Température à l'intérieur de l'armoire	Dépassement de température à l'intérieur de l'armoire pendant 10 min	Température de l'air autour de la carte équipée
	°C	°C	°C	°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
T4	–10 +40	–10 +70	+15	–10 +85
T5	+5 +45	+5 +70	+15	+5 +85
T6	–20 +45	–20 +75	(NOTE 2)	–20 +(NOTE 2)
TX	–40 +50	–40 +70	+15	–40 +85

NOTE 1 Les raisons principales pour lesquelles il existe des différences entre ce Tableau 1 (colonne 2) et le Tableau 2 (colonne 3) de la CEI 62498-1:2010 sont les suivantes:

La CEI 62498-1 concerne une application générale, dans laquelle les armoires sont fournies sans conception thermique particulière.

Dans un équipement électronique, une conception thermique est habituellement nécessaire pour garantir une température ambiante minimum et une température ambiante maximum appropriées pour les composants électroniques. Il est nécessaire que les valeurs données pour les températures maximales à l'intérieur de l'armoire se limitent à un choix entre deux valeurs pour permettre aux constructeurs de n'avoir que deux classes de cartes.

NOTE 2 Cette valeur peut être aussi élevée que nécessaire selon l'accord entre l'acheteur et le fournisseur, compte tenu de l'effet des températures élevées sur la durée de vie et la fiabilité des pièces et le coût de la conception thermique.

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 ci-dessus.

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

4.1.3 Chocs et vibrations

L'équipement doit être capable de résister, sans détérioration ni dysfonctionnement, 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 dans les conditions de service spécifiées, il doit satisfaire aux essais de vibrations, chocs et secousses décrits en 12.2.12.

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.

4.1.4 Humidité relative

Voir le Tableau 2 de la CEI 62498-1:2010 concernant les gammes d'humidité relative pour les classes de température T1 à TX comme base de la conception de l'équipement.

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 4.1.2:

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

En outre, la condensation ne doit provoquer ni dysfonctionnement ni défaillance.

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.

4.2 Conditions spéciales de service

4.2.1 Généralités

Lorsqu'il est prouvé que les conditions de service sont différentes de celles mentionnées en 4.1 (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. Les vérifications de l'efficacité de telles installations peuvent, si nécessaire, faire l'objet d'essais de type optionnels, qui peuvent être effectués sur le véhicule lui-même suivant des méthodes acceptées par l'utilisateur et le constructeur.

4.2.2 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'offres.

5 Conditions générales électriques

5.1 Alimentation

5.1.1 Alimentation par une batterie d'accumulateur

5.1.1.1 Généralités

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

24 V, 32 V, 36 V, 48 V, 64 V, 72 V, 87 V, 96 V, 110 V

NOTE Ces valeurs de tensions nominales sont données seulement comme valeurs normalisées pour la conception de l'équipement. Elles n'indiquent pas 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.

Conformément à la CEI 60077, des tensions différentes peuvent être utilisées par un commun accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.1.1.2 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:	kU_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 5.1.1.4.

NOTE k peut être de 0,7 pour les types de batteries conventionnelles comme les batteries au plomb-bioxyde de plomb et de 0,8 pour les batteries au nickel-cadmium.

5.1.1.3 Interruptions de la tension d'alimentation

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

- Classe S1: pas d'interruption
- Class 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.

5.1.1.4 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.

5.1.1.5 Facteur d'ondulation continue

Toutes les batteries en charge présentent une ondulation de tension définie par le facteur d'ondulation en courant continu qui, sauf indication contraire, 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 5.1.1.2 ne doivent pas être dépassées.

5.1.2 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.

5.1.3 Commutation d'alimentation

Un équipement alimenté alternativement par une batterie d'accumulateur ou par une source stabilisée continue doit fonctionner correctement dans les conditions précisées en 5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.1.5 et 5.1.2.

- Classe C1: à $0,6 U_n$ pendant 100 ms (sans interruption).
- Classe C2: pendant une coupure d'alimentation de 30 ms.

5.1.4 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.

5.2 Surtensions 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 5.1.1.2 et/ou 5.1.2 (selon le cas);
- b) l'application de surtensions d'alimentation spécifiée en 12.2.7.

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. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte les surtensions de polarité opposées à celles de l'alimentation.

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.

5.3 Installation

Il convient 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.

5.4 Essais de transitoires, de décharge électrostatique et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves

Tous les équipements électroniques doivent réussir les essais de transitoires, de décharge électrostatique et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves spécifiés dans la CEI 62236-3-2.

Les essais sont spécifiés en 12.2.7.

5.5 Compatibilité électromagnétique

Les équipements doivent être protégés de façon à ne pas être influencés de façon néfaste par des perturbations rayonnées ou conduites, comme exigé dans la CEI 62236-3-2, et ne doivent pas émettre de perturbations radioélectriques (RFI) dépassant le niveau défini dans la CEI 62236-3-2.

Les essais sont spécifiés en 12.2.8.

6 Fiabilité, maintenabilité et durée de vie

6.1 Fiabilité de l'équipement

6.1.1 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 l'utilisateur et le constructeur au moment de l'offre, et doit être en conformité avec une norme reconnue.

6.1.2 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 sera présenté à la fin d'une période convenue mutuellement (km 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 convient de le soumettre à une évaluation de la fiabilité.

Les normes CEI 60300-3-5, CEI 60605-2, CEI 60605-4, CEI 60605-6 et CEI 61124 peuvent être utilisées comme guides.

La procédure détaillée d'évaluation de la fiabilité doit être établie dans le contrat.

6.2 Durée de vie

La durée de vie de l'équipement doit être convenue entre l'utilisateur et le constructeur.

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.

6.3 Maintenabilité

L'équipement doit être conçu de façon qu'aucune maintenance périodique ne soit nécessaire, sauf indication 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 soumis à essai individuellement.

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.

6.4 Niveaux de maintenance

6.4.1 Diagnostic et réparation 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 pouvoir être remplacées facilement.

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.

6.4.2 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.

6.5 Diagnostics intégrés

Des signalisations judicieuses d'aide au diagnostic doivent être prévues de façon à permettre la visualisation de 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.

6.6 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 une réparation effectuée 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.

6.7 Autres méthodes de diagnostics de pannes

Si les équipements électroniques embarqués ont été développés ou soumis à essai 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.

6.8 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 la présente norme.

7 Conception

7.1 Généralités

7.1.1 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'offres.

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

7.1.2 Cycle de développement

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

7.2 Règles détaillées – Matériel

7.2.1 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 dommages provenant de défauts extérieurs.

L'utilisateur peut demander un isolement galvanique pour satisfaire aux exigences ci-dessus. Dans ce cas, les exigences et points particuliers de cette application doivent être spécifiés lors de l'appel d'offres.

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

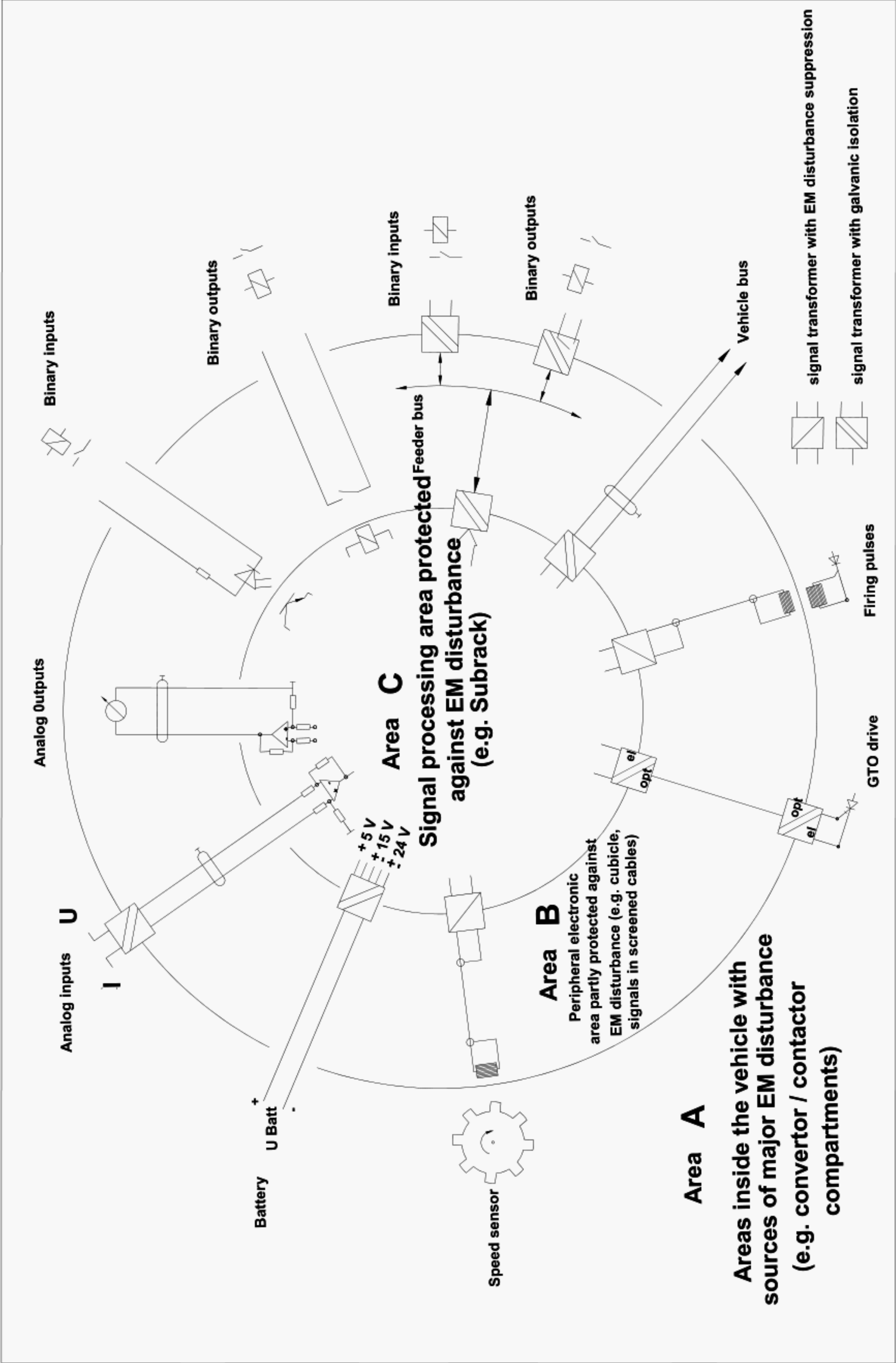
7.2.2 Protection contre les défauts

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'offres.



Légende

Anglais	Français
Battery	Batterie
U Batt	U Batt
Speed sensor	Capteur de vitesse
Analog inputs	Entrées analogiques
Analog outputs	Sorties analogiques
Binary inputs	Entrées binaires
Binary outputs	Sorties binaires
GTO drive	Commande GTO
el	él.
opt	opt.
Feeder bus	Bus de baies
Firing pulses	Impulsions d'allumage
Vehicle bus	Bus de véhicule
Area A	Zone A
Areas inside the vehicle with sources of major EM disturbance (e.g. converter / contactor compartments)	Zone interne au véhicule avec les principales sources de perturbations EM (par exemple: convertisseur/ contacteur)
Area B	Zone B
Peripheral electronic area partly protected against EM disturbance (e.g. cubicle, signals in screened cables)	Zone électronique périphérique en partie protégée contre les perturbations EM (exemple: armoires, signaux dans des câbles blindés)
Area C	Zone C
Signal processing area protected against EM disturbance (e.g. Subrack)	Zone de traitement du signal protégée contre les perturbations EM (exemple: tiroir).
Signal transformer with EMC disturbance suppression	Transformateur de signaux avec suppression des perturbations EMC
Signal transformer with galvanic isolation	Transformateur de signaux avec isolation galvanique

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

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 réduire au minimum les risques d'incendie à l'intérieur de l'équipement.

7.2.3 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 convient alors de raccorder un des pôles de sortie de l'alimentation au châssis du véhicule ou à un point de terre défini.

Il convient que cette référence et les moyens de connexion soient définis et fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

7.2.4 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.

7.2.5 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 de signaux de sortie erronés qui puissent conduire à des pannes sur d'autres équipements.

7.2.6 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.

7.2.7 Courants d'appel

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.

7.2.8 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.

7.3 Règles détaillées – Logiciel

7.3.1 Généralités

L'ISO 90003 doit être utilisée pour l'application de l'ISO 9001 concernant le logiciel.

Les procédures de gestion de configuration doivent être appliquées en parallèle avec les activités du cycle de développement et 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.

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 7.3.2.

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, on doit intégrer et soumettre à essai le matériel et le logiciel pour s'assurer de leur 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.

7.3.2 Dispositions concernant le développement du logiciel

7.3.2.1 Généralités

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 (Annexe B).

7.3.2.2 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.

7.3.2.3 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.

7.3.2.4 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.

7.3.2.5 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.

7.3.2.6 Méthodes de conception et de codage

Des méthodes de développement et de codage doivent être définies pour permettre d'assurer une présentation uniforme des documents de conception et du code, d'empêcher la programmation personnalisée et de normaliser les méthodes de conception.

7.3.2.7 Analyse et programmation structurée

Le programme doit être conçu et réalisé de manière à en faciliter l'analyse.

On doit pouvoir soumettre le déroulement du programme à un essai complet en s'appuyant sur son analyse.

7.3.2.8 Langage de programmation

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

7.3.2.9 Techniques éprouvées

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

- a) les méthodes semi-formelles telles que:
 - les schémas de principe logiques/fonctionnels;
 - les schémas séquentiels;
 - les schémas de flux de données;
 - les 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.

7.4 Caractéristiques de l'équipement

7.4.1 Généralités

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

7.4.2 Contrôle de la mémoire

A la mise sous tension et lors de son initialisation, l'équipement doit effectuer un contrôle permettant 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, consistant soit en un repérage sur le composant, soit en un dispositif de codage interne. La méthode doit être indiquée à l'utilisateur.

7.4.3 Autotest

Le système doit comporter une fonction d'autotest qui doit, 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.

7.4.4 "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 de perturbations transitoires anormales).

7.4.5 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.

7.4.6 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.

8 Composants

8.1 Approvisionnement

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

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

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

- a) spécifications EN ou 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 l'EN ou de la CEI.

8.1.4 Sauf dans le cas de 8.1.5, les composants utilisés doivent avoir plusieurs sources d'approvisionnement. Dans le cadre de la présente norme, la "multisource" doit impliquer une interchangeabilité complète physique et fonctionnelle en accord avec la spécification détaillée en 8.1.1 ci-dessus.

8.1.5 Si l'utilisation de composants monosources ne peut être évitée, cette utilisation doit être justifiée et portée à l'attention de l'utilisateur au moment de l'offre.

8.1.6 Les composants et les familles de composants utilisés doivent être choisis sur la base d'une grande probabilité de continuation d'approvisionnement pendant au moins la moitié de la durée de vie utile de l'équipement électronique, définie en 6.2. 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.

8.1.7 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 fabricant.

8.2 Application

8.2.1 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 la présente norme.

8.2.2 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 la présente norme.

8.2.3 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.

8.2.4 La responsabilité du choix de la gamme de températures, du déclassement, de l'emballage, 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 la présente norme avec des références particulières à la fiabilité et à la durée de vie des composants, comme cela est décrit à l'Article 6. 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 défini en 6.2.

9 Construction

9.1 Construction des équipements

9.1.1 Généralités

Les équipements doivent être en conformité avec les exigences de construction suivantes.

9.1.2 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.

9.1.3 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.

9.1.4 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.

9.1.5 Supports et connecteurs

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

9.2 Montage des composants

9.2.1 Généralités

L'équipement doit être conforme à la CEI 61188-5 et aux exigences de construction suivantes.

9.2.2 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 les circuits imprimés ou les autres composants.

9.2.3 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.

9.2.4 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.

9.2.5 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.

9.2.6 Composants d'ajustage

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

9.3 Connexions électriques

9.3.1 Généralités

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

9.3.2 Connexions soudées

Les connexions soudées ne doivent être utilisées que sur 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.

9.3.3 Connexions serties

Les connexions serties doivent être conformes à la CEI 60352-2.

9.3.4 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.

9.3.5 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.

9.4 Câblage interne souple (électrique ou optique)

Les câbles sujets à flexion doivent être équipés de colliers, de gaines 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 œillets, des passe-fils ou des protections de bords 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.

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.

9.5 Câblage imprimé souple

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.

9.6 Cartes imprimées flexibles et rigides

9.6.1 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.

9.6.2 Approvisionnement

L'approvisionnement en cartes imprimées et la fabrication de celles-ci doivent être conformes aux dispositions des spécifications concernées, données dans la série CEI 62326 et la série CEI 61188.

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

9.6.3 Implantation

L'implantation des pistes doit être effectuée en conformité avec les exigences de la série CEI 62326, en fonction des conditions de service de la présente norme.

9.6.4 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 série CEI 61249-2-7, CEI 61249-2-22 et CEI 62326, selon le cas.

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

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

9.7 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.

9.8 Identification

9.8.1 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.

9.8.2 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, 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.

9.8.3 Position de montage des tiroirs et cartes équipées

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

9.8.4 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.

9.9 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 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) n'est pas la méthode préférable; on ne doit l'utiliser que lorsque des conditions d'environnement particulières 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 cet article ne s'appliquent pas aux composants individuels tels que les circuits hybrides, ASIC, etc.

9.10 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, les effets sur la durée de vie de l'équipement suite à l'utilisation des composants en dehors de leurs valeurs maximales spécifiées sont à prendre en compte).

9.11 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.

10 Sécurité

10.1 Remarques introductives

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

10.2 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.

10.3 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 62278:2002 (Paragraphes 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, le logiciel associé n'est pas lié à la sécurité et est classé au niveau zéro d'intégrité de la sécurité.

10.4 Sécurité du personnel

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

11 Documentation

11.1 Généralités

Comme indiqué à l'Article 7, la structure de la documentation associée à la phase de conception de l'équipement doit respecter les dispositions de l'ISO 9001.

11.2 Fourniture et archivage de la documentation

Le fabricant et l'utilisateur doivent convenir par écrit:

- a) de la quantité, de l'objet, du contenu, de la présentation, du support et de la procédure de mise à jour de la documentation exigée par l'utilisateur;
- b) de l'objet, des conditions et de la durée d'archivage de la documentation par le fabricant.

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

11.3 Documentation relative au matériel et au logiciel

11.3.1 Généralités

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

11.3.2 Documentation relative au matériel

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

- a) le nom et le type de l'équipement;
- b) les objectifs fonctionnels de l'équipement;
- c) la composition de l'équipement complet;
- d) le principe de fonctionnement;
- e) les instructions de mise en service et les données d'initialisation;
- f) la description du fonctionnement des circuits, incluant les tensions, les formes d'onde de courant, les temps de montée, etc., si appropriés;
- 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 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 d'implosion ou d'explosion qui peuvent exister à l'intérieur de l'équipement ou susceptibles de se présenter lors de l'utilisation ou de la manipulation;
- t) la documentation de maintenance.

11.3.3 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 approche 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:
 - description de ses caractéristiques d'exécution (par exemple entrées, sorties, fonction),
 - le code source écrit (assembleur ou langage évolué, selon le cas),
 - les exigences 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;

j) la documentation de maintenance.

11.4 Exigences sur la documentation

11.4.1 Documents

Tous les documents soumis à l'utilisateur doivent comporter un numéro de dessin approprié, une date, un numéro de version et 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.

11.4.2 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.

11.4.3 Nomenclature

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

11.4.4 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.

11.4.5 Synoptiques

Les synoptiques réalisés conformément aux séries CEI 60617 et CEI 61082 doivent indiquer le flux d'informations entre les différentes parties identifiées d'un système.

11.4.6 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 les alimentations, la distribution, les alarmes, etc.).

11.4.7 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 à la fois les interférences et les perturbations.

11.4.8 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.

12 Essais

12.1 Catégories d'essais

12.1.1 Généralités

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 12.2).

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.

Certains essais soumis à un accord peuvent être coûteux. Dans de tels cas, les dispositions nécessaires pour effectuer uniquement les essais nécessaires sont précisées dans le contrat.

12.1.2 Essais de type

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

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

Si un équipement complet ou une partie de celui-ci est à peu près identique à un équipement soumis à essai antérieurement, le constructeur peut présenter un procès-verbal de ces essais, qui doivent comprendre au minimum les essais définis dans la présente 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.

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.

12.1.3 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.

12.1.4 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. Ils doivent être spécialement demandés soit par l'utilisateur soit par le constructeur et 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.

12.2 Liste des essais

12.2.1 Généralités

Le Tableau 2 donne la liste des essais de type et de série pour un équipement électronique. Dans ce Tableau, la réalisation des essais repérés par le signe "*" est obligatoire. Pour les besoins de ces essais, la température ambiante doit être de $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Tableau 2 – Liste des essais

	Essai	Type	Série	Paragraphe
1	Inspection visuelle	*	*	12.2.2
2	Essai de qualification	*	*	12.2.3
3	Essai de démarrage à froid	*	-	12.2.4
4	Essai de chaleur sèche	*	-	12.2.5
5	Essai de chaleur humide, cyclique	-	-	12.2.6
6	Surtensions d'alimentation	*	-	12.2.7
7	Essais de transitoires, de décharge électrostatique et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves	*	-	12.2.8
8	Essais de fréquences radio	-	-	12.2.9
8.1	Essai d'immunité aux fréquences radio	-	-	12.2.9.1
8.2	Essai d'émission de fréquences radio	-	-	12.2.9.2
9	Essai d'isolement	*	*	12.2.10
10	Essai de brouillard salin	-	-	12.2.11
11	Essais de vibrations, chocs et secousses	*	-	12.2.12
12	Essai d'étanchéité	-	-	12.2.13
13	Déverminage de l'équipement	-	-	12.2.14
14	Essai de stockage à basse température	-	-	12.2.15
NOTE La réalisation des essais repérés par le signe "-" est subordonnée à un accord contractuel entre l'utilisateur et le constructeur.				

12.2.2 Inspection visuelle

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

Un examen visuel doit également être réalisé après exécution d'un essai de type pour vérifier qu'aucun dommage ou qu'aucune détérioration ne résulte de cet essai.

12.2.3 Essai de qualification

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 permettant de vérifier que ses performances sont conformes à ses exigences fonctionnelles, comprenant les exigences de sa spécification particulière ainsi que celles de la présente 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 5.1.1.3.

Les essais doivent être exécutés à la tension nominale.

La tension d'entrée de l'alimentation de l'équipement soumis à essai doit être interrompue pendant la durée définie par la classe concernée et précisée en 5.1.1.3 et 5.1.3, selon le cas.

L'équipement doit continuer à fonctionner et à indiquer 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 que le fonctionnement est dépourvu de parasites.

Dans le cas de signaux de sortie électriquement identiques, il est nécessaire d'effectuer la surveillance 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.

12.2.4 Essai de démarrage à 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 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 est à effectuer, pendant que l'équipement est maintenu à la température basse.

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

Exigences d'acceptation d'essai:

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

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

12.2.5 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 soumis à 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 4.1.2.

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 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 la présente norme.

Exigences d'acceptation d'essai:

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

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

12.2.6 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 soumis à essai ne doit pas modifier ces conditions (par dissipation thermique, adsorption d'humidité ou par d'autres façons) hors des tolérances spécifiées.

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

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

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

Températures:	+ 55 °C et + 25 °C
Nombre de cycles:	2 (effet de respiration)
Durée:	2 × 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.

12.2.7 Surtension d'alimentation

Les surtensions de l'alimentation doivent être générées comme dans l'essai de surtension trapézoïdale représenté sur la Figure 2.

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.

En plus de ce qui précède, les exigences d'essai suivantes doivent s'appliquer.

Dans tous les cas, les niveaux de tension et les durées des formes d'onde d'essai doivent être mesurés avec le générateur d'essai déconnecté de l'équipement soumis à essai.

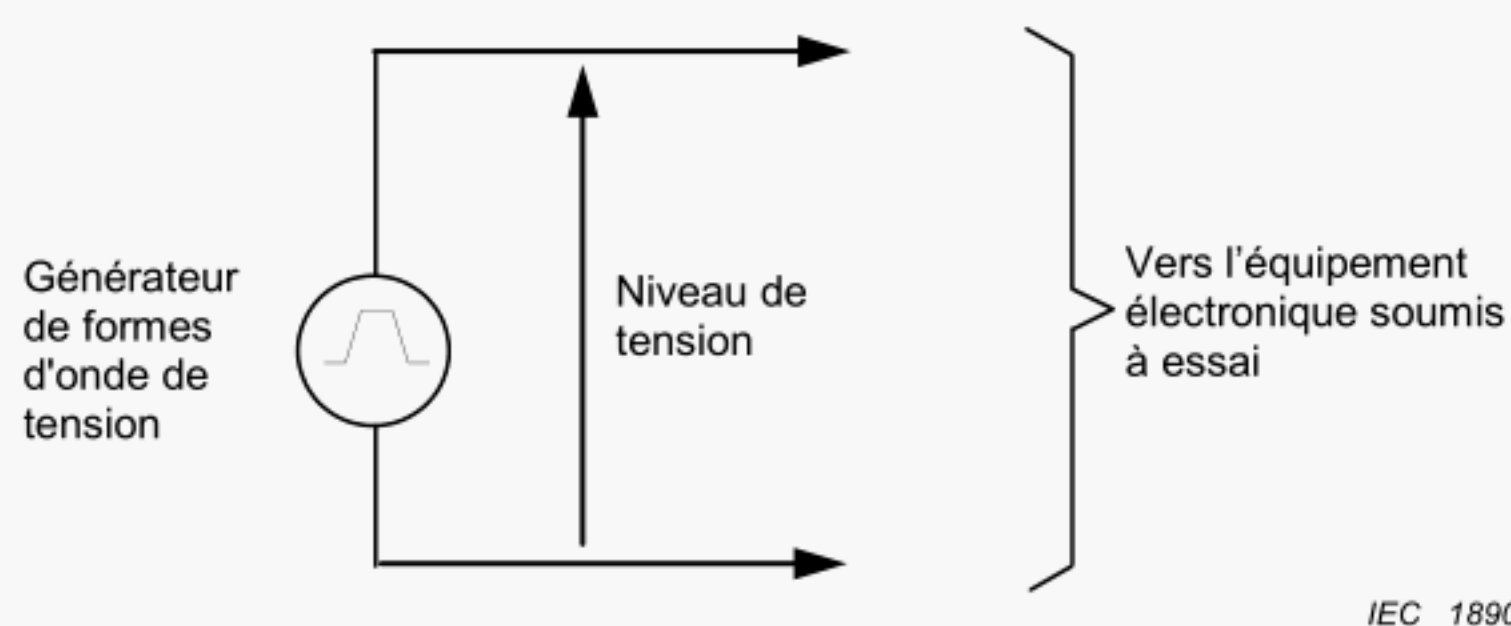
L'équipement électronique soumis à essai doit subir cinq applications de chaque niveau de tension et de polarité spécifié.

La période entre deux applications successives de l'onde ne doit pas dépasser 1 min.

Pendant l'essai, on doit contrôler l'équipement pour détecter toutes défaillances ou tous mauvais fonctionnements.

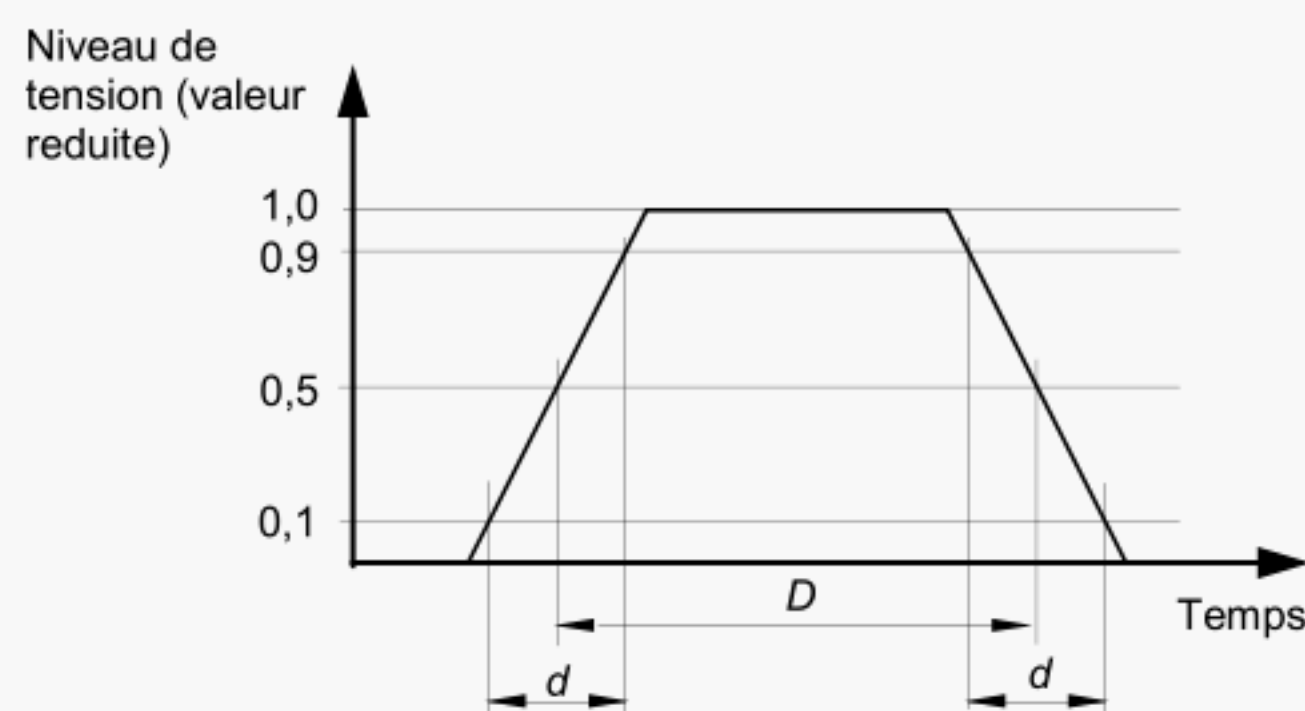
Exigences d'acceptation d'essai:

- aucune défaillance ne doit apparaître;
- lorsque des limiteurs de surtensions non linéaires sont employés pour les transitoires, un contrôle doit être effectué à la fin de l'essai pour vérifier qu'aucune dégradation n'est apparue.



IEC 1890/12

Figure 2a – Circuit d'essai



IEC 1891/12

Figure 2b – Forme d'onde d'essai

Niveau de tension	Durée d max.	Durée D min.	Résistance interne (Tol. $\pm 10\%$)
min.			
$1,4 U_n$	0,1 s	1,0 s	1 Ω

Figure 2 – Surtension d'alimentation

12.2.8 Essais de transitoires, de décharge électrostatique (ESD) et de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves

12.2.8.1 Surtension

La forme d'onde de surtension (voir 5.4) doit être générée et soumise à essai au moyen du générateur et de la forme d'onde spécifiées dans le Tableau 7 de la CEI 62236-3-2:2008.

12.2.8.2 Essai de susceptibilité de décharge électrostatique

Cet essai n'est à effectuer que sur le matériel normalement accessible au personnel de bord et aux passagers.

Le matériel doit être dans son habitacle avec tous ses capots et panneaux d'accès en place et avec ses connexions de terre.

L'essai doit être réalisé conformément au Tableau 9 de la CEI 62236-3-2:2008.

12.2.8.3 Essai de susceptibilité aux transitoires électriques rapides en salves

Le but de cet essai est de simuler l'effet de conduction d'un champ électrique et/ou magnétique sur des circuits d'entrée/sortie et/ou des lignes d'alimentation de l'équipement soumis à essai.

L'essai doit être effectué conformément au Tableau 7 et au Tableau 8 de la CEI 62236-3-2:2008.

12.2.9 Essais de fréquences radio

12.2.9.1 Essai d'immunité aux fréquences radio

Tous les essais doivent être effectués l'équipement soumis à essai étant placé dans des conditions aussi proches que possible de celles de l'installation réelle, incluant tout câblage associé et les connexions prévues.

L'équipement doit être installé dans son habitacle avec tous les capots et panneaux d'accès en place, sauf accord contraire avec l'utilisateur.

Pour les perturbations conduites induites par les champs radioélectriques, se référer au Tableau 7 et au Tableau 8 de la CEI 62236-3-2:2008.

Pour les perturbations rayonnées induites par les champs radioélectriques, se référer au Tableau 9 de la CEI 62236-3-2:2008.

12.2.9.2 Essai d'émission de fréquences radio

Tous les essais doivent être effectués avec l'équipement soumis à essai placé dans des conditions aussi proches que possible de celles de l'installation réelle, incluant tout câblage associé et les connexions prévues.

L'équipement doit être installé dans son habitacle avec tous les capots et panneaux d'accès en place, sauf accord contraire avec l'utilisateur.

L'équipement doit être soumis aux essais correspondant aux exigences spécifiées dans le Tableau 3, le Tableau 4, le Tableau 5 et le Tableau 6 de la CEI 62236-3-2:2008.

12.2.10 Essai d'isolement

12.2.10.1 Généralités

L'objectif de cet essai est de s'assurer que les composants, leurs connexions et leurs boîtiers, ainsi que le cheminement du câblage et les pistes du circuit imprimé, ne sont pas implantés trop près des cadres ou fixations métalliques.

De plus, l'essai vérifie que les distances d'isolement ont été respectées en fonction des exigences d'isolement galvanique.

L'essai doit être effectué sur tout ou partie de l'équipement suivant la fourniture.

L'essai se divise en deux parties, c'est-à-dire une mesure d'isolement (effectuée avant et après l'essai de tenue en tension) et un essai de tenue en tension.

La mesure d'isolement et l'essai de tenue en tension doivent être effectués selon une des deux possibilités suivantes:

- a) tiroirs et/ou cartes équipées individuellement, châssis et armoires sans les tiroirs ou cartes équipées;
- b) châssis et armoires équipés de tous les tiroirs et cartes équipées.

Lorsqu'un isolement galvanique est exigé, les valeurs de résistance d'isolement doivent être mesurées, et l'essai de tenue en tension est ensuite à effectuer entre les deux zones isolées.

La mesure d'isolement doit alors être répétée.

La procédure d'essai de tenue en tension doit être telle que chaque circuit ne soit soumis qu'à un nombre minimal d'essais de tenue en tension.

L'essai de tenue en tension doit être effectué entre toutes les connexions court-circuitées entre elles et les parties métalliques conductrices, lorsque les tiroirs et les cartes équipées possèdent des parties métalliques conductrices, des cadres, des faces avant ou des fixations métalliques accessibles ou isolés galvaniquement.

L'essai d'isolement ne doit pas être refait lors de l'essai de type s'il a été effectué pendant l'essai de série.

12.2.10.2 Mesure de la résistance d'isolement

La mesure de la résistance d'isolement doit être effectuée à 500 V continu et les valeurs doivent être relevées.

La mesure doit être répétée après l'essai de tenue en tension.

Exigences d'acceptation d'essai:

Il ne doit pas y avoir de dérive significative de la mesure initiale.

12.2.10.3 Essai de tenue en tension

Si possible, la tension d'essai doit être une tension alternative de fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz. Si ce n'est pas applicable, on doit utiliser une tension continue, de valeur correspondante à la valeur crête de la tension alternative.

Cette tension doit être appliquée en augmentant progressivement l'amplitude jusqu'à la valeur de la tension d'essai, et la maintenir à ce niveau pendant 1 min ou pendant une durée spécifiée qui aura été convenue entre l'utilisateur et le constructeur.

La détermination de la tension d'essai dépend de la valeur de la tension nominale continue d'alimentation, ou de la tension alternative d'alimentation.

La valeur efficace sinusoïdale de la tension d'essai doit être:

- 500 V pour les tensions de batterie nominales inférieures à 72 V (ou des tensions alternatives inférieures à 50 V),
- 1 000 V pour les tensions de batterie nominales comprises entre 72 V et 125 V (ou des tensions alternatives comprises entre 50 V et 90 V), et
- 1 500 V pour les tensions de batterie nominales comprises entre 125 V et 315 V (ou des tensions alternatives comprises entre 90 V et 225 V),

à l'exception des circuits secondaires des alimentations isolées galvaniquement qui peuvent être soumis à essai à une valeur de tension correspondant à la gamme de tensions la plus basse.

Lorsqu'une partie de l'équipement électronique est connectée galvaniquement à un circuit de puissance, cette partie de l'équipement doit alors faire l'objet des mêmes essais diélectriques que le circuit de puissance.

Exigences d'acceptation d'essai:

Il ne doit apparaître ni décharge disruptive ni arc.

12.2.11 Essai de brouillard salin

12.2.11.1 Solution saline

La solution destinée à produire le brouillard salin doit être préparée en dissolvant (50 ± 1) g de chlorure de sodium (NaCl) analytique dans de l'eau distillée ou déminéralisée de façon à obtenir $(1 \pm 0,02)$ l de solution finale à 20 °C; il est nécessaire que le pH de cette solution soit compris entre 6,5 et 7,2, sinon la solution doit être rejetée.

12.2.11.2 Procédure d'essai

Lors de l'essai, la température à l'intérieur de la chambre d'essai doit être maintenue à (35 ± 2) °C.

La solution et l'air utilisés pour produire le brouillard salin doivent avoir une température égale à celle de la chambre d'essai.

Il convient de soumettre à essai les équipements dans les conditions d'utilisation: il convient de poser les capots de protection et de placer l'équipement le plus près possible de la position réelle d'utilisation.

La chambre climatique doit être maintenue fermée et la pulvérisation de la solution saline doit continuer sans interruption pendant toute la durée de l'essai.

Cette durée doit être:

- pour la classe ST1: 4 h;
- pour la classe ST2: 16 h;
- pour la classe ST3: 48 h;
- pour la classe ST4: 96 h.

A la fin de l'essai, l'équipement doit être lavé à l'eau courante pendant 5 min, rincé dans de l'eau distillée ou déminéralisée, puis séché pour enlever les gouttelettes d'eau. Il faut ensuite le placer dans les conditions atmosphériques du lieu d'essai pendant une durée minimale de 1 h et maximale de 2 h.

Après cela, on soumet l'équipement à un examen visuel.

Exigences d'acceptation d'essai:

Aucune détérioration majeure ne doit apparaître.

La vérification des performances (voir 3.8) ne doit indiquer aucune défaillance, ni détérioration, ni résultat hors tolérance.

12.2.12 Essais de vibrations, chocs et secousses

L'armoire électronique complète ou le châssis muni de ses accessoires auxiliaires et de montage (y compris ses dispositifs amortisseurs s'ils sont prévus) doivent être soumis aux essais indiqués dans la CEI 61373.

12.2.13 Essai d'étanchéité

Des essais d'étanchéité, sauf dans des cas exceptionnels à définir entre l'utilisateur et le constructeur, ne sont pas nécessaires, les équipements électroniques étant généralement installés soit à l'intérieur du véhicule, soit dans des boîtiers extérieurs.

12.2.14 Déverminage de l'équipement

L'utilisateur peut exiger qu'une procédure de déverminage soit appliquée à tout ou partie de l'équipement, dans le but d'éliminer des défauts de fabrication potentiels ou des composants défectueux.

Le procédé peut inclure:

- un fonctionnement à température élevée;
- un cyclage thermique;
- des vibrations.

Le procédé et les essais à appliquer à l'équipement doivent être approuvés au moment de l'offre.

Pour cette procédure, aucune condition ne doit excéder les conditions de service spécifiées pour l'équipement ou le sous-ensemble.

12.2.15 Essai de stockage à basse température

Lorsque l'équipement est soumis à des températures inférieures à la température minimale de fonctionnement, un essai de stockage à basse température peut être effectué. Cet essai doit être conforme à la CEI 60068-2-1.

La valeur de la température d'essai doit être de -40 °C et la durée doit être au minimum de 16 h.

Après reprise, une vérification du fonctionnement doit être effectuée à la température ambiante.

Exigences d'acceptation d'essai:

- aucune dégradation ne doit apparaître;
- la vérification de fonctionnement ne fait apparaître ni défaillance ni de résultats hors tolérance.

La spécification d'essai doit préciser les exigences d'acceptation.

Annexe A

(informative)

Liste des paragraphes dans lesquels un accord entre les parties (par exemple utilisateur et constructeur) est mentionné

4.1.1	Altitude
4.2	Conditions spéciales de service
5.1.1	Alimentation par une batterie d'accumulateur
5.3	Installation
6.1.1	Fiabilité prévisionnelle
6.1.2	Vérification de la fiabilité
6.2	Durée de vie
6.3	Maintenabilité
6.4.1	Diagnostic et réparation à bord du véhicule
7.2.3	Potentiel de référence des alimentations
7.3.2	Dispositions concernant le développement du logiciel
9.3.5	Autres connexions
11.2	Fourniture et archivage de la documentation
12.1.2	Essais de type
12.1.4	Essais d'investigation
12.2.3	Essai de qualification
12.2.9.1	Essai d'immunité aux fréquences radio
12.2.9.2	Essai d'émission de fréquences radio
12.2.13	Essai d'étanchéité
12.2.14	Déverminage de l'équipement

Bibliographie

CEI 60077 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Equipements électriques pour matériel roulant*

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

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