IEC 61000-1-2

Edition 1.0 2016-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-2: General – Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena

Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 1-2: Généralités – Méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques, y compris les équipements, du point de vue des phénomènes électromagnétiques

IEC 61000-1-2:2016-04(en-fr)

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

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

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue
The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub
The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary
65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

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

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue
Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary
65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

IEC 61000-1-2

Edition 1.0 2016-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

BASIC SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-2: General – Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena

Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 1-2: Généralités – Méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques, y compris les équipements, du point de vue des phénomènes électromagnétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 33.100.99

ISBN 978-2-8322-3304-7

CONTENTS

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 1-2: General – Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena

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 61000-1-2 has been prepared by technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

This first edition cancels and replaces the second edition of IEC TS 61000-1-2 published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- Alignment with the changes done in the latest edition of the functional safety standard IEC 61508.

- Complete review with regard to transforming this document into an International Standard (instead of the previous edition as Technical Specification).
- New structure of Annex B.

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

FDIS	Report on voting
77/513/FDIS	77/519/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.

A list of all parts in the IEC 61000 series, published under the general title *Electromagnetic compatibility (EMC)*, can be found on the IEC website.

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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

Immunity limits (insofar as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as international standards, technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and completed by a second number identifying the subdivision (example: IEC 61000-3-11).

Particular considerations for IEC 61000-1-2

The aim of this international standard with regard to EMC and functional safety is to address the possible effects of electromagnetic disturbances on safety-related systems and to specify requirements for the relevant phases of the lifecycle of a safety-related system. The objective is to achieve the systematic capability as specified in the electrical/electronic/programmable electronic system safety requirements specification with regard-to electromagnetic aspects.

This document makes use of existing relevant basic IEC standards, as far as appropriate. It considers the work of SC 65A relating to functional safety concepts of the IEC 61508 series and of TC 77 and its subcommittees relating to the electromagnetic environments. More details can be found in the publications of these committees.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 1-2: General – Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena

1 Scope

This part of IEC 61000 establishes a methodology for the achievement of functional safety only with regard to electromagnetic phenomena. This methodology includes the implication it has on equipment used in such systems and installations.

This standard:

a) applies to safety-related systems and installations incorporating electrical/electronic/programmable electronic equipment as installed and used under operational conditions;

b) considers the influence of the electromagnetic environment on safety-related systems;

c) is not concerned with direct hazards from electromagnetic fields on living beings nor is it concerned with safety related to breakdown of insulation or other mechanisms by which persons can be exposed to electrical hazards.

It mainly covers EMC related aspects of the design and application specific phases of safety-related systems and equipment used therein, and deals in particular with

- some basic concepts in the area of functional safety,
- the various EMC specific steps for the achievement and management of functional safety,
- the description and assessment of the electromagnetic environment,
- the EMC aspects of the design and integration process, taking into account the process of EMC safety planning on system as well as on equipment level,
- the validation and verification processes regarding the immunity against electromagnetic disturbances,
- the performance criterion and some test philosophy considerations for safety-related systems and the equipment used therein,
- aspects related to testing of the immunity of safety-related systems and equipment used therein against electromagnetic disturbances.

This International Standard is applicable to electrical/electronic/programmable electronic (E/E/PE) safety-related systems intended to comply with the requirements of IEC 61508 and/or associated sector-specific functional safety standards. It is intended for designers, manufacturers, installers and users of safety-related systems and can be used as a guide by IEC committees.

For safety-related systems covered by other functional safety standards, the requirements of this standard should be considered in order to identify the appropriate measures that should be taken with relation to EMC and functional safety.

NOTE This standard can also be used as a guide for considering EMC requirements for other systems having a direct contribution to safety.

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 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility*

IEC TR 61000-1-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*

IEC TR 61000-2-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-5: Environment – Description and classification of electromagnetic environments*

IEC 61000-4-X (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 61000-4-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

IEC 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161 as well as the following apply.

3.1.1
degradation (of performance)
undesired departure in the operational performance of any device, equipment or system from its intended performance

Note 1 to entry: The term "degradation" can apply to temporary or permanent failure.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

3.1.2
electrical/electronic/programmable electronic
E/E/PE
based on electrical and/or electronic and/or programmable electronic technology

Note 1 to entry: The term is intended to cover any and all devices or systems operating on electrical principles.

EXAMPLE Electrical/electronic/programmable electronic devices include

– electro-mechanical devices (electrical);
– solid-state non-programmable electronic devices (electronic);
– electronic devices based on computer technology (programmable electronic).

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.2.13]

3.1.3
electromagnetic compatibility
EMC
ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.1.4
EMC planning
engineering method by which EMC aspects of a project are systematically considered and investigated in order to achieve EMC

Note 1 to entry: All activities connected to EMC planning are described in an EMC plan.

3.1.5
E/E/PE system
system for control, protection or monitoring based on one or more electrical/electronic programmable electronic (E/E/PE) devices, including all elements of the system such as power supplies, sensors and other input devices, data highways and other communications paths, and actuators and other output devices

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.3.2]

3.1.6
E/E/PE system safety integrity requirements specification
specification containing the safety integrity requirements of the safety functions that have to be performed by the safety-related systems

Note 1 to entry: This specification is one part (the safety integrity part) of the E/E/PE system safety requirements specification (see 7.10 and 7.10.2.7 of IEC 61508-1:2010).

3.1.7
E/E/PE system safety requirements specification
SSRS
specification containing, for each safety function, the safety function requirements (what the function does), and the safety integrity requirements (the likelihood of the safety function being performed satisfactorily) that have to be performed/met by the safety-related systems

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.8
(electromagnetic) compatibility level
specified electromagnetic disturbance level used as a reference level for co-ordination in the setting of emission and immunity limits

Note 1 to entry: By convention, the compatibility level is chosen so that there is only a small probability that it will be exceeded by the actual disturbance level. However, electromagnetic compatibility is achieved only if the emission and immunity levels are controlled such that, at each location, the disturbance level resulting from the cumulative emissions is lower than the immunity level for each device, equipment and system situated at the same location.

Note 2 to entry: The compatibility level may be phenomenon, time or location dependent.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-10]

3.1.9
electromagnetic disturbance
any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system

Note 1 to entry: An electromagnetic disturbance may be an electromagnetic noise, an unwanted signal or a change in the propagation medium itself.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-05, modified – the words " or adversely affect living or inert matter" have been deleted]

3.1.10
electromagnetic environment
totality of electromagnetic phenomena existing at a given location

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-01]

3.1.11
electromagnetic interference
EMI
degradation of the performance of an equipment, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

Note 1 to entry: Disturbance and interference are respectively cause and effect.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-06]

3.1.12
element
part of a system comprising a single component or any group of components that performs one or more element safety functions.

Note 1 to entry: An element may comprise hardware and/or software.

Note 2 to entry: A typical element is a sensor, programmable controller or final element

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.5, modified – the word "subsystem" has been replaced by "system"]

3.1.13
element safety function
that part of a safety function which is implemented by an element

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.3]

3.1.14
equipment
general term that refers to a wide variety of possible elements, modules, devices and assemblies of products

3.1.15
equipment under control
EUC
equipment, machinery, apparatus or plant used for manufacturing, process, transportation, medical or other activities

Note 1 to entry: The EUC control system is separate and distinct from the EUC.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.2.1]

3.1.16
equipment requirements specification
ERS
equipment specification covering safety-related requirements only with regard to electromagnetic phenomena

Note 1 to entry: An equipment requirements specification (ERS) is created for each item of equipment within the safety-related system. Included in each equipment requirements specification is an electromagnetic characteristics specification based upon the maximum electromagnetic environment expected over the lifetime for that particular item of equipment.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.17
failure
termination of the ability of a functional unit to provide a required function or operation of a functional unit in any way other than as required

Note 1 to entry: This is based on IEC 60050-191:1990, 191-04-01, with changes to include systematic failures due to, for example, deficiencies in specification or software.

Note 2 to entry: See IEC61508-4 for the relationship between faults and failures, both in the IEC 61508 series and IEC 60050-191.

Note 3 to entry: Performance of required functions necessarily excludes certain behaviour, and some functions may be specified in terms of behaviour to be avoided. The occurrence of such behaviour is a failure.

Note 4 to entry: Failures are either random (in hardware) or systematic (in hardware or software), see IEC 61508-4.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.6.4, modified – in Notes 2 and 4 to entry, the figure and subclause numbers have been replaced by IEC 61508-4.]

3.1.18
fault
abnormal condition that may cause a reduction in, or loss of, the capability of a functional unit to perform a required function

Note 1 to entry: IEC 60050:1990, 191-05-01, defines “fault” as a state characterised by the inability to perform a required function, excluding the inability during preventative maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources.

[SOURCE: ISO/IEC 2382-14:1997, 14.01.10]

3.1.19
functional safety
part of the overall safety relating to the EUC and the EUC control system that depends on the correct functioning of the E/E/PE safety-related systems and other risk reduction measures

Note 1 to entry: In the context of this EMC document, functional safety is that part of the overall safety relating to the electromagnetic environment in which the safety-related system exists.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.1.12, modified – a note has been added.]

3.1.20
installation
combination of equipment, components and systems assembled and/or erected (individually) in a given area

3.1.21
safety function
function to be implemented by an E/E/PE safety-related system or other risk reduction measures, that is intended to achieve or maintain a safe state for the EUC, in respect of a specific hazardous event

EXAMPLE Examples of safety functions include:

- functions that are required to be carried out as positive actions to avoid hazardous situations (for example switching off a motor); and
- functions that prevent actions being taken (for example preventing a motor starting).

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.1]

3.1.22
safety integrity level
SIL
discrete level (one out of a possible four), corresponding to a range of safety integrity values, where safety integrity level 4 has the highest level of safety integrity and safety integrity level 1 has the lowest

Note 1 to entry: The target failure measures for the four safety integrity levels are specified in Tables 2 and 3 of IEC 61508-1:2010.

Note 2 to entry: Safety integrity levels are used for specifying the safety integrity requirements of the safety functions to be allocated to the E/E/PE safety-related systems.

Note 3 to entry: A safety integrity level (SIL) is not a property of a system, element or component. The correct interpretation of the phrase "SIL n safety-related system" (where n is 1, 2, 3 or 4) is that the system is potentially capable of supporting safety functions with a safety integrity level up to n.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.8]

3.1.23
safety manual for compliant items
document that provides all the information relating to the functional safety of an element, in respect of specified element safety functions, that is required to ensure that the system meets the requirements of IEC 61508 series

3.1.24
safety-related system
designated system that both

– implements the required safety functions necessary to achieve or maintain a safe state for the EUC; and
– is intended to achieve, on its own or with other E/E/PE safety-related systems and other risk reduction measures, the necessary safety integrity for the required safety functions

Note 1 to entry: A safety-related system includes all the hardware, software and supporting services (for example, power supplies) necessary to carry out the specified safety function (sensors, other input devices, final elements (actuators) and other output devices are therefore included in the safety-related system).

Note 2 to entry: For further information, see IEC 61508-4.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.1, modified – the original note 2 has been modified.]

3.1.25
systematic capability
measure (expressed on a scale of SC 1 to SC 4) of the confidence that the systematic safety integrity of an element meets the requirements of the specified SIL, in respect of the specified element safety function, when the element is applied in accordance with the instructions specified in the compliant item safety manual for the element

Note 1 to entry: Systematic capability is determined with reference to the requirements for the avoidance and control of systematic faults (see IEC 61508-2 and IEC 61508-3).

Note 2 to entry: What is a relevant systematic failure mechanism will depend on the nature of the element. For example, for an element comprising solely software, only software failure mechanisms will need to be considered. For an element comprising hardware and software, it will be necessary to consider both systematic hardware and software failure mechanisms.

Note 3 to entry: A systematic capability of SC N for an element, in respect of the specified element safety function, means that the systematic safety integrity of SIL N has been met when the element is applied in accordance with the instructions specified in the compliant item safety manual for the element.

Note 4 to entry: This document only specifies what needs to be done to claim a level of systematic capability for an item of E/E/PE equipment, in so far as electromagnetic disturbances are concerned.

3.1.26
testing
demonstration by empirical means that an implemented solution conforms to its specification

3.1.27
validation
confirmation by examination and provision of objective evidence that the particular requirements for a specific intended use are fulfilled

Note 1 to entry: Validation is the activity of demonstrating that the safety-related system under consideration, before or after installation, meets in all respects the SSRS for that safety-related system. Therefore, for example, EMC validation means confirming by examination and provision of objective evidence that the performance relating to electromagnetic phenomena meets the E/E/PE system safety integrity requirements specification.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.8.2, modified – note 1 from the original definition has been deleted.]

3.1.28
verification
confirmation by examination and provision of objective evidence that the requirements have been fulfilled

Note 1 to entry: In the context of this standard, verification is the activity of demonstrating for each phase of the relevant lifecycle, that, by analysis and/or tests, for the specific inputs, the deliverables meet in all respects the objectives and requirements set for this phase.

Note 2 to entry: Example: verification activities include:

- reviews on outputs (documents from all phases of the safety lifecycle) to ensure compliance with the objectives and requirements of the phase taking into account the specific inputs to that phase;
- design reviews;
- tests performed on the designed products to ensure that they perform according to their specification;
- integration tests performed where different parts of a system are put together in a step-by-step manner and by the performance of immunity tests against electromagnetic disturbances to ensure that all parts work together in the specified manner.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.8.1, modified – a note 1 has been added and the example from the original definition has been made into Note 3.]]

3.2 Abbreviations

AM Amplitude modulation

CRC Cyclic redundant check

CW Continuous wave

DS (performance criterion) “defined state”, see 8.4.2

ECC Error correction codes

EDC Error detection codes

EM Electromagnetic

EMI	Electromagnetic interference
ERS	Equipment requirement specification
ESD	Electrostatic discharge
ETA	Event tree analysis
EUC	Equipment under control
EUT	Equipment under test
FMEA	Failure modes and effect analysis
FMECA	Failure modes effects and criticality analysis
FTA	Fault tree analysis
HEMP	High altitude electromagnetic pulse
HF	High frequency
HPEM	High power electromagnetics
HR	Highly recommended
ISM	Industrial, scientific and medical
LF	Low frequency
M	Mandatory
PLC	Power line communications
PLT	Power line telecommunications
PM	Pulse modulation
R	Recommended
RAM	Random access memory
RF	Radio frequency
ROM	Read only memory
SC	Systematic capability
SIL	Safety integrity level
SSRS	System safety requirement specification
UPS	Uninterruptable power system

4 General considerations

4.1 General

The function of electrical or electronic safety-related systems shall not be affected by external influences in a way that could lead to an unacceptable risk of harm to persons and/or environment. Acceptable performance with respect to electromagnetic disturbances is therefore necessary. A comprehensive safety analysis shall include the effects of electromagnetic disturbances.

IEC 61508 has the status of a basic safety publication according to IEC Guide 104 and deals with the topic of functional safety of electric/electronic/programmable electronic (E/E/PE) safety-related systems. It sets the overall requirements to achieve functional safety. However, it does not give detailed requirements relating to effects of electromagnetic disturbances. This part of IEC 61000 gives guidance to deal with the effects of electromagnetic disturbances on safety-related systems, and on equipment intended to be used in safety-related systems.

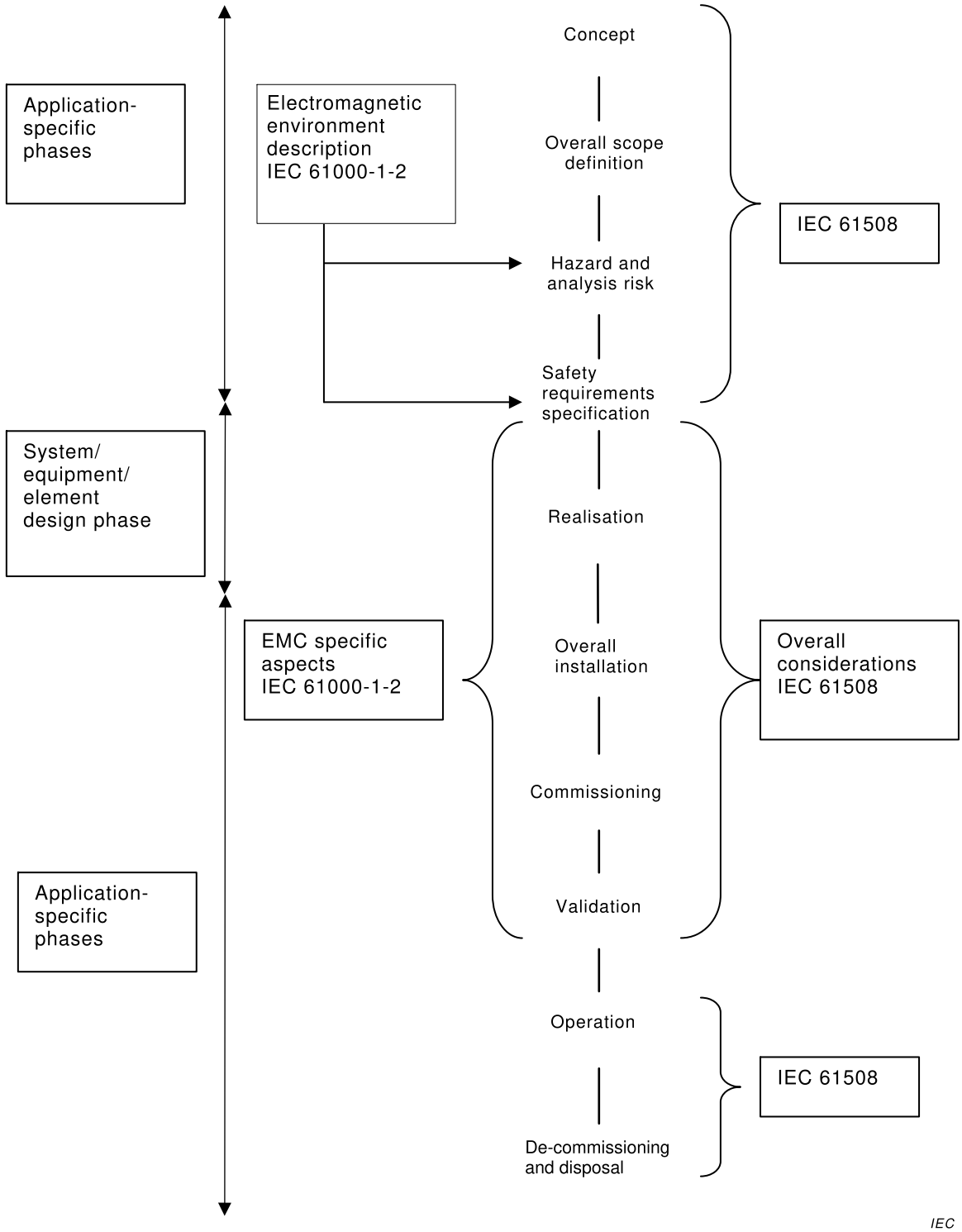
The concept of IEC 61508 is based on a safety lifecycle model (see Figure 1). The concept comprises activities during application-specific phases and activities relating to the concept, design, implementation, operation, maintenance and decommissioning of the safety-related system. The interface between the earlier application-specific phases and the design phase is

the E/E/PE system safety requirements specification (SSRS). This SSRS shall specify all relevant requirements of the intended application(s), in order to achieve the required functional safety.

The safety-related system intended to implement the specified safety function(s) shall comply with the requirements of the SSRS. Equipment (or elements, see 3.1.12) intended for use in that system shall fulfil the relevant requirements derived from the SSRS and given in the ERS (see Table 1).

Table 1 – E/E/PE system safety requirements specification, interfaces and responsibilities according to IEC 61508

Interface	Responsibilities
Application (system level)	E/E/PE system safety requirements specification a) Definition of safety-related function, based on a risk assessment of the intended application (IEC 61508) (which function may cause a dangerous failure) b) Selection of appropriate SIL (required) based on a risk assessment of the intended application (IEC 61508) c) Definition of the environment in which the system is intended to work (IEC 61508, IEC 61000-2-5)
E/E/PE equipment intended for use in a safety-related system	The equipment manufacturer shall fulfil the relevant requirements of the ERS. This includes: ensuring that there is adequate confidence that electromagnetic disturbances will not result in dangerous systematic failures (systematic capability with respect to electromagnetic disturbances); and producing evidence that appropriate methods and techniques have been employed.



NOTE 1 The diagram shows a simplified overview of the relationship between IEC 61508 and IEC 61000-1-2. Issues of electromagnetic disturbances may need careful consideration during safety lifecycle stages other than covered by IEC 61000-1-2, for example maintenance activities for electromagnetic characteristics may be required during the "use-of-equipment" phase to ensure continued safety-related system performance.

NOTE 2 Verification and management of functional safety are not shown in the diagram but it is relevant to all lifecycle phases.

Figure 1 – Relationship between IEC 61000-1-2 and the simplified safety lifecycle as per IEC 61508

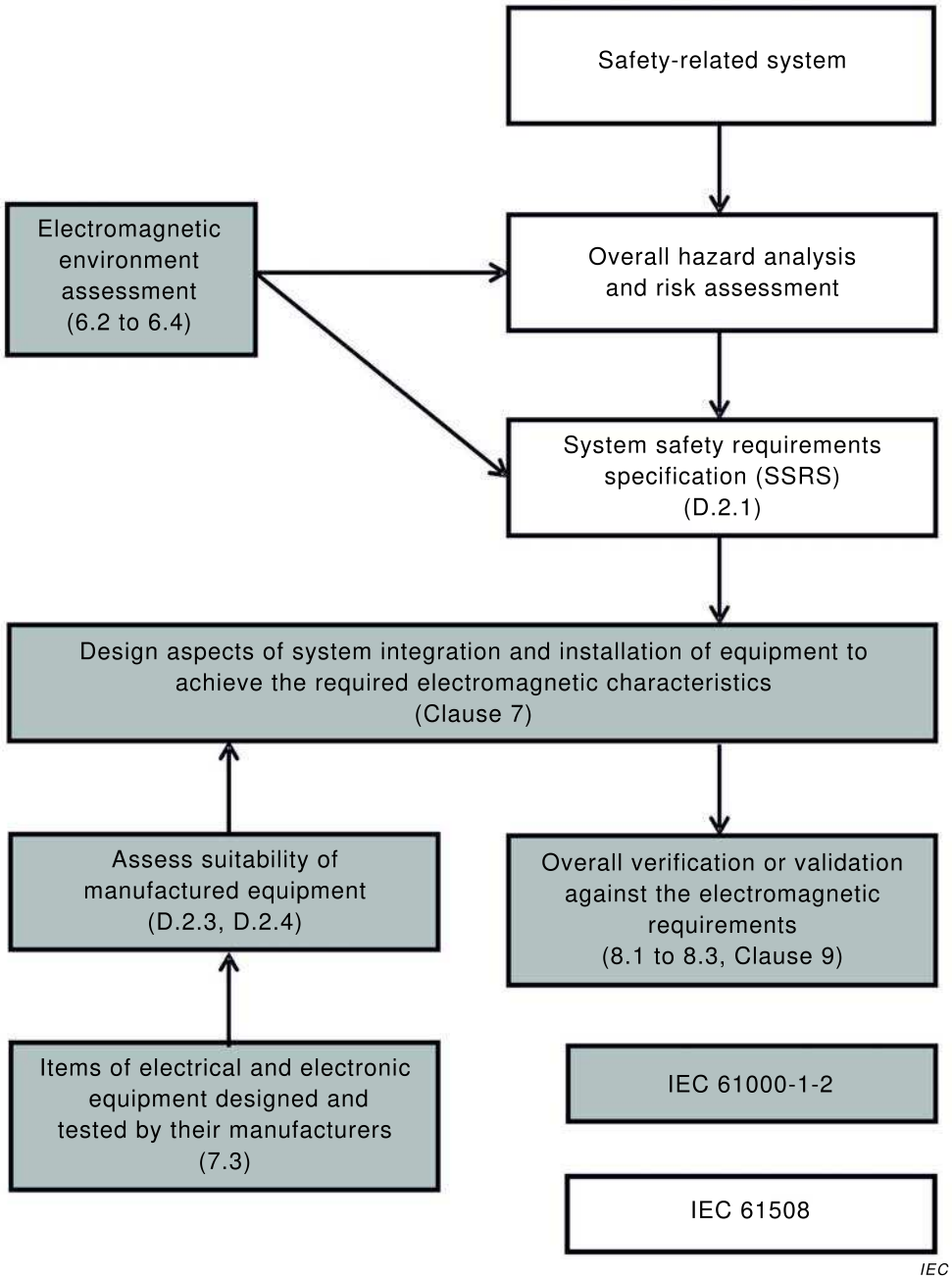
4.2 Considerations with regard to electromagnetic phenomena

The correct operation of a safety-related system depends on several factors. IEC 61508 contains the overall consideration for safety-related systems. The specific aspects related to electromagnetic disturbances are considered in this standard.

These aspects comprise:

– the electromagnetic environment (see Clause 6)
  - assessing environment information,
  - deriving test levels and methods,
  - considerations on electromagnetic phenomena and safety integrity levels (SILs);
– the electromagnetic aspects of the design and integration processes (see Clause 7)
  - system level,
  - equipment level;
– verification/validation for functional safety with respect to electromagnetic phenomena (see Clause 8)
  - verification and validation processes,
  - performance criteria and test philosophy;
– immunity testing with regard to functional safety (see Clause 9)
  - considerations on test methods and levels,
  - considerations on immunity testing with regard to systematic capability.

Figure 2 shows the mutual relationship between these aspects as well as those treated within IEC 61508. Though the E/E/PE system safety requirements specification is primarily an aspect of IEC 61508 it shall consider the outcome of an assessment of the electromagnetic environment in which the safety-related system is intended to be operated.



NOTE (Reference no.) refers to related clauses/subclauses in this document.

Figure 2 – Basic approach to achieve functional safety only with regard to electromagnetic phenomena

5 Achievement of functional safety

5.1 General

The achievement of functional safety requires an understanding of some basic terms and concepts within the area of functional safety, these being:

– safety lifecycle: necessary activities involved in the implementation of safety-related systems, occurring during a period of time that starts at the concept phase and finishes when the safety-related system is no longer available for use (see 5.2);

– safety integrity: it is the probability of a safety-related system to satisfactorily perform the required safety functions under all stated conditions within a stated period of time (see 5.3).

NOTE IEC 61000-1-2 does not deal with all phases of the whole lifecycle (see also Figure 1).

5.2 Safety lifecycle

The overall lifecycle relevant for the functional safety of safety-related E/E/PE systems is defined in IEC 61508, and Figure 1 shows a simplified version.

For safety-related E/E/PE systems, the E/E/PE system safety requirements specification is within the scope of IEC 61508. It is also partly within the scope of IEC 61000-1-2 for the specification of the electromagnetic environmental conditions.

The overall design process and the necessary design features to achieve functional safety of safety-related E/E/PE systems are defined in IEC 61508. This includes requirements for design features that make the safety-related system tolerant against electromagnetic disturbances.

The phases of design, implementation, validation, commissioning and modification of safety-related E/E/PE systems are covered by the scopes of both IEC 61508 and IEC 61000-1-2. IEC 61508 comprises all aspects relevant for functional safety and IEC 61000-1-2 deals with the aspects related to electromagnetic phenomena.

Operation, maintenance and decommissioning of safety-related E/E/PE systems are within the scope of the IEC 61508 series.

For E/E/PE equipment (or elements) used in safety-related systems within the scope of IEC 61508, the approach to deal with aspects related to electromagnetic phenomena is different from that used for safety-related systems.

The intended state/condition that equipment goes to and/or maintains upon the occurrence of a fault shall be specified. For example, this specification could be simply a statement that the equipment will provide a specified output signal upon detection of an equipment fault.

This specified behaviour of equipment shall be considered during several of the lifecycle phases of the equipment. These include the concept, overall planning, design and development, integration, operation and maintenance, validation, and modification phases. The hazard and risk analysis, overall safety requirements, and safety requirements allocation phases do not apply at the equipment level.

5.3 Safety integrity

The failure or malfunction of a safety-related system due to an electromagnetic disturbance with a given strength is systematic. Measures taken to control EMC-related dangerous failures of systems shall be regarded as part of the systematic capability of the system in question, and need to be integrated into the IEC 61508 lifecycle as necessary.

Any element that has been demonstrated to meet the requirements of the IEC 61508 series concerning systematic safety integrity with respect to a particular element safety function is said to have a corresponding systematic capability (SC). This only applies when the element is used in accordance with the instructions in its safety manual for compliant items.

The EMC information necessary to integrate elements into the intended application shall be included in their safety manuals for compliant items.

5.4 Specific steps for the achievement of functional safety with regard to electromagnetic disturbances

To achieve functional safety, the following actions with regard to electromagnetic influences shall be undertaken:

a) determine the structure, design and intended functions of the planned or existing safety-related system;

b) describe the relevant electromagnetic environment in which the safety-related system is intended to be used over its lifecycle (see 6.1);

c) determine the physical and climatic environments and the degradation due to normal use and foreseeable misuse with respect to electromagnetic aspects in which the safety-related system is intended to be used over its lifecycle;

d) implement EMC aspects in the design process (see Clause 7) of safety-related systems (see 7.3);

e) perform verification/validation with respect to electromagnetic disturbances for functional safety (see Clause 8);

f) modify the design or installation measures, if necessary;

g) produce EMC specific operation and maintenance instructions to ensure the specified functional safety over time (these instructions would be added to the safety manual for compliant items).

5.5 Management of EMC for functional safety

5.5.1 General

The requirements of 5.5 indicate activities that are necessary for the management of functional safety performance of safety-related systems with respect to electromagnetic phenomena. These management activities for safety-related systems are described at the system level, however activities at the element level are described where necessary.

5.5.2 Management of functional safety performance with respect to electromagnetic phenomena at system level

An organisation with responsibility for demonstrating the EMC of a safety-related system or equipment, or for any of the activities within the scope of this document, shall appoint one or more persons to take overall responsibility for

- the system or element, or for all relevant activities;
- coordinating activities for performance with respect to electromagnetic disturbances;
- the interfaces between those activities and other activities carried out by other organizations;
- carrying out all the requirements of 5.5; and
- ensuring that EMC is sufficient and demonstrated in accordance with the objectives and requirements of this document.

The responsibility for coordination, and for overall EMC for functional safety, shall be identified and reside in one or a small number of persons with sufficient management authority. However the responsibility for sub-aspects may be delegated to others, particularly to those with relevant expertise on that special aspect.

For those activities for which the organisation is responsible, the policy and strategy for achieving functional safety with respect to electromagnetic phenomena shall be duly specified in a comprehensive plan, together with the means for evaluating their achievement, and the means by which they are communicated within the organization.

All persons, departments and sub-contractors responsible for carrying out safety-related activities for performance with respect to electromagnetic phenomena should be identified. Their responsibilities shall be fully and clearly communicated to them. Where appropriate other persons, departments and organizations, which could influence the safety-related performance achieved by the system, shall be made aware of these responsibilities.

The individuals who have responsibility for one or more of the activities within the scope of this document, shall, in respect of those activities for which they have responsibility, specify all management and technical activities that are necessary to ensure the achievement and demonstration of functional safety performance with respect to electromagnetic phenomena of the safety-related systems. This includes the selected measures, techniques and tests used to meet the requirements of this document.

As part of the functional safety management activities, procedures shall be specified for ensuring that all persons involved in any activity within the scope of this document have the appropriate training, technical knowledge, experience and qualifications, accredited as necessary, relevant to the specific duties that they have to perform. These procedures shall define what information is to be communicated between interfaces, and what form the communication shall take. In addition, the procedures shall document how cases of reported electromagnetic disturbances on the safety-related system are analysed for their relevance to the systems or activities for which the organisation is responsible, and that recommendations are made to minimise the probability of a recurrence. Procedures shall be specified for ensuring prompt follow-up and satisfactory resolution of relevant recommendations relating to safety-related systems, including those arising from verification, validation and incident reporting and analysis.

Organizations shall maintain a system to initiate changes as a result of defects relevant to electromagnetic phenomena being detected in safety-related systems or equipment for which they are responsible and, if they are unable to make the changes themselves, to inform users of the need for modification in the event of the defect affecting safety.

NOTE More information on management of functional safety is given in IEC 61508-1.

5.5.3 Management of functional safety performance with respect to electromagnetic phenomena at element supplier level

In general, a safety-related system is a combination of a number of elements integrated together to provide one or more safety functions, and possibly additional non-safety-related functions. The functional and performance requirements of individual elements may be specified and designed as a bespoken product or procured as a commercial off the shelf product. Suppliers providing products or services to an organization having overall responsibility for one or more activities within the scope of this document shall deliver products or services as specified by that organization.

Where the element is bespoken, the overall responsibility for management of performance with respect to electromagnetic phenomena of the element safety function is that defined in 5.5.2.

For non-bespoken elements, the supplier is responsible for assessing and detailing the performance of the product in accordance with the requirements specified in this standard. The organisation shall implement procedures for ensuring that the performance of the element, obtained through the validation process, is suitably documented in a safety manual and that this information is made available to all potential users of the product.

6 Electromagnetic environment

6.1 General

The electromagnetic environment is defined as the totality of electromagnetic phenomena existing at a particular location. These phenomena can vary over time. Information on the electromagnetic environment shall be available in the E/E/PE system safety requirements specification (see Figure 2). The electromagnetic environment is influenced by, for example:

- fixed and moving sources of electromagnetic energy,
- low, medium and high voltage equipment,
- control, signalling, communication and power systems,
- intentional radiators,
- physical processes (e.g. atmospheric discharges, switching actions),
- random or infrequent transients,

which all can produce disturbances that adversely impact the safety-related system or element under consideration.

Table 2 gives an overview of the principal electromagnetic phenomena which shall be considered for the achievement of functional safety for safety-related systems. This list is not necessarily complete, but it shall be used to begin the consideration of electromagnetic environments that can impact functional safety.

The occurrence of several electromagnetic phenomena at the same time, for example harmonics and unidirectional transients, or radiated fields and ESD, should be taken into account. This does not necessarily mean that simultaneous testing is required; other techniques and measures may be preferable (see Annex B).

Table 2 – Overview of electromagnetic phenomena

Electromagnetic phenomena	Sources and characteristics
Harmonics Voltage amplitude variations Voltage dips Voltage interruptions Voltage unbalance Voltage frequency variations Common mode voltages Signalling voltage 0,1 kHz to 3 kHz Induced LF DC in AC networks	
LF magnetic field	
LF electric field	
Direct-conducted	
HF-conducted induced CW	
Signalling voltage	
Unidirectional transients	
HF-conducted oscillatory transients	
Radiated CW (AM and PM)	
Conducted and radiated HPEM [a]	

Electromagnetic phenomena	Sources and characteristics
High altitude electromagnetic pulse (HEMP) [b]	
Intentional EMI [c]	
[a] To be considered in case of special conditions (see IEC 61000-2-13).	
[b] To be considered in case of special conditions (see IEC 61000-2-9).	
[c] To be considered in case of special conditions.	

6.2 Electromagnetic environment information

Many publications include basic descriptions of electromagnetic environments considering the electromagnetic phenomena and disturbance levels typically expected in such environments. General information about the description and the levels of electromagnetic disturbances in various locations can be found in the standards or technical reports of the IEC 61000-2 series. Examples of descriptions of various environments are given in IEC 61000-2-5. These descriptions, however, are given in terms of compatibility levels.

IEC 61000-4-1 gives applicability assistance and provides general recommendations concerning the choice of relevant tests described in the IEC 61000-4 series. It is noted that standards designed for the achievement of EMC, which are based primarily on technical/economic factors, may not adequately describe the electromagnetic environment for the achievement of functional safety for safety-related systems.

Table A.1 provides an example for the selection of electromagnetic phenomena to be considered when specifying requirements. Since the electromagnetic environment does not vary with respect to the SIL of systems placed in an installation, most severe electromagnetic environments shall be considered for all electromagnetic functional safety situations.

The most severe electromagnetic environment in which the safety-related system is to be installed shall be determined (e.g. by means of measurements, assessments, etc.) by either designers, manufacturers, installers or users of the safety-related system. All types of the electromagnetic phenomena (see Table 2) shall be considered. The information from IEC 61000-2-5 summarized in Table A.1 is presented as a guide but does not cover the higher disturbance levels that can occur at some locations. Once the most severe electromagnetic environment is known, the safety-related system designer shall choose only equipment specified by the equipment manufacturer for use in an electromagnetic environment equal to or more severe than the maximum environment. Equipment manufacturers typically specify that their equipment has been tested to applicable EMC standards and comply with them at specified levels. If the known application environment exceeds the equipment specifications, appropriate means shall be applied to ensure adequate performance. Such means could include shielding enclosures or other techniques as detailed in Annex B.

The levels of electromagnetic disturbances indicated in various EMC standards, reports or technical specifications shall be considered very cautiously with regard to their application for functional safety. In particular, consideration shall be given to the following:

a) The electromagnetic disturbance levels vary according to a statistical distribution (see Figure E.1), and the levels shown as examples in Table A.1 can be exceeded in some particular circumstances. However, such circumstances may only exist infrequently or at particular sites. It is important to establish the levels of these disturbances for functional safety purposes.

b) The standardised immunity test methods, test levels and performance criteria found in the immunity test standards are related to operational requirements and not to functional safety. If tests based on these test methods are being performed, safety-related test levels and performance criteria are to be defined for each of the electromagnetic phenomena (for example in IEC 61000-6-7).

c) The electromagnetic characteristics of elements and systems can degrade with age, for example through physical degradation of protection measures. This lifecycle aspect of electromagnetic influences is to be considered.

6.3 Methodology to assess the electromagnetic environment

Relevant and significant information exists within the EMC body of publications regarding the electromagnetic environment where most electrical or electronic equipment operates.

In cases where insufficient information exists within such EMC publications, alternative activities shall be undertaken in order to obtain appropriate knowledge about the electromagnetic environment at locations of interest. Such activities may include:

- undertake literature review of other EMC resources to ascertain the electromagnetic characteristics of similar locations of interest,
- undertake an electromagnetic survey at a representative or at the said location of interest; such a survey may consist of both a measurement campaign to determine the characteristics of the electromagnetic phenomena present and an electromagnetic analysis to assess the data and the characteristics of electromagnetic phenomena produced by known emitters.

The information obtained about the electromagnetic environment shall be assessed such that data can be derived regarding

- the electromagnetic phenomena that could possibly occur at the locations of interest,
- the characteristics of those electromagnetic phenomena, for example their levels, frequency, modulation, rise time, etc.

NOTE 1 For automotive and aerospace applications, there are groups working within the ISO that have produced relevant information regarding EMC of those applications. This information can be used as a starting point to describe a set of electromagnetic environments appropriate for functional safety aspects.

NOTE 2 With respect to surveys it is recognized that any survey is limited in time and locations. Long term monitoring and data logging can be used to improve the confidence in the assessment of the most severe electromagnetic environment.

6.4 Deriving test levels and methods

After the electromagnetic characteristics have been established for a particular environment, these shall be used to design the safety-related systems. While good design is a critical part of the overall process, it is well established that realistic tests are required to ensure that the safety-related systems achieve their SSRS. The IEC EMC community has developed a significant number of immunity tests for equipment and systems; these shall be considered as a starting point for testing of electromagnetic characteristics for functional safety.

For each electromagnetic phenomenon established for a particular environment, the safety-related system specifier shall include the phenomenon in the E/E/PE system safety requirements specification and examine the existing IEC immunity test method (using IEC 61000-4-1 as an initial guide) to determine whether the test method is appropriate. The system specifier shall also check to see if the parameters required to test to the electromagnetic characteristics of the environment are within their suggested ranges for the basic immunity test standards (refer to the IEC 61000-4 series of standards).

NOTE Immunity requirements, as defined for example in the generic standard IEC 61000-6-2, aim at supporting and achieving sufficient operation under normal conditions. Corresponding immunity test levels are derived for the most frequent electromagnetic phenomena and on a technical/economic approach taking into account issues of availability of the equipment or system under consideration. Consequently, it can be expected and it is accepted by all parties involved that the equipment or system may be disturbed in a few cases. This approach can be accepted for normal functions of an equipment or system, but it is inadequate for safety-related functions. Hence aspects of functional safety cannot be considered to be covered by the usual immunity requirements, as for example defined in IEC 61000-6-2, without a particular consideration of the electromagnetic environment in which the equipment or system is intended to be used.

In order to be able to justify the test method and test parameters, the safety-related system designer shall be aware that immunity testing has uncertainty associated with it (see, for example, IEC 61000-1-6). The uncertainty due to the test equipment can be calculated using test equipment data. In addition it shall be necessary to evaluate the environmental conditions, which are not defined by the standards. After the complete evaluation of uncertainty, one or more of the following approaches may be used to compensate for this testing uncertainty depending on the factors of uncertainty.

a) If the available immunity test equipment is suitable, and if testing to levels above the electromagnetic disturbance level is used, then the SSRS (or ERS) shall determine the margin to failure and the description of how the safety-related system (or equipment) reacts to an electromagnetic induced failure.

b) If the available immunity test equipment is not suitable due to the unavailability of the required test parameters (for example amplitude, frequency, modulation, repetition rate, etc.) then

   1) the safety-related system designer shall request the appropriate test equipment be obtained and used;

   and/or

   2) the safety-related system designer shall specify that electromagnetic mitigation methods be applied at the system level so the safety-related equipment may be assigned a reduced electromagnetic specification to parameters that can be tested by the available test equipment (for example through the use of shielded racks, surge protection devices for wire and cable entries, fibre optic data lines, power line isolation techniques, etc.). IEC 61000-5-6 provides examples of these types of mitigation methods. The applied mitigation methods (shields, surge protection devices, isolation methods, etc.) shall become a permanent part of the system design, and they shall be separately tested to ensure that they reduce the external electromagnetic environments to the specified test levels.

7 EMC aspects of the design and integration process

7.1 General

EMC safety planning shall be performed taking into account functional safety considerations. It is a strategy to ensure EMC of a safety-related system with respect to other systems in the vicinity and with respect to the environment of the outside world (see Annex F). The aim of EMC safety planning is to provide EMC at acceptable cost by meeting target requirements during all development stages of project implementation. This means considering, investigating and assessing all the EMC issues which might arise during the project schedule. All these activities and steps shall be described in an EMC safety plan. The depth and extent of the EMC safety planning depends on the complexity of the system and the SIL required in the E/E/PE system safety requirements specification.

NOTE In many instances, EMC planning is performed due to requirements other than safety. In this case it can be extended in order to include aspects of functional safety. Further information about the process of EMC safety planning is given in Annex F.

During electromagnetic design management, one or more identified persons shall be responsible for the creation and execution of the EMC safety plan. The EMC safety plan shall, as part of its coverage, include considerations for maintaining the electromagnetic characteristics of the equipment and/or system throughout its lifetime right up to de-commissioning. The evidence demonstrating compliance to the EMC requirements of the SSRS shall be documented in the safety manual or similar. The safety manual shall detail information necessary to enable the user to maintain, repair and refurbish (where such is not undertaken by the manufacturer) the element and/or system. The safety manual shall also contain relevant information on any restrictions concerning future changes to the electromagnetic environment.

7.2 EMC aspects on system level

The functional safety of a safety-related system shall not be unacceptably impacted by its electromagnetic environment. This requires that the performance of the safety-related system is sufficient for the intended safety integrity and electromagnetic environment, over its lifetime. The system design shall document the expected lifetime and anticipated environment of the system.

All electromagnetic disturbances generated within the safety-related system shall not unacceptably impact the functional safety of the other parts of the safety-related system.

Electromagnetic disturbances may cause systematic or “common cause” faults. This ability of an electromagnetic disturbance to affect multiple items of equipment of a safety-related system is due to the system design and therefore shall be addressed by the measures and techniques presented below and in Annex B.

All EMC measures shall be designed and implemented in such a way that they are effective over the lifetime of the system when taking into account the physical environment (which includes mechanical, climatic, chemical, biological and other stresses and strains). This is because exposure to its physical environment over its lifetime can alter the electromagnetic emissions of a safety-related system, and also alter the way it responds to electromagnetic disturbances. The design of the safety-related system shall be such that it maintains its required electromagnetic characteristics over its lifetime.

The electromagnetic characteristics of a safety-related system depend, but are not necessarily reliant, upon the electromagnetic characteristics of each individual item of equipment. For this purpose, the following procedure shall be used:

- The entire system is formally divided into items of equipment.
- All the items of equipment of the system are to be described in terms of their EMC characteristics. An item of equipment might contain several components (for example power supply, printed circuit board, display) as well as a cabling scheme.
- The interaction between each combination of items of equipment shall be analysed and assessed in terms of the influence of both the external and internal electromagnetic environments. This might result in an analysis and assessment of the electromagnetic characteristics of all the combinations of components of both items of equipment, as shown schematically for example in Figure 3.
- The functional performance criteria of the various components when they are interfered with shall be analysed in terms of their overall impact on the particular design of the safety-related system concerned. Some degradations of performance that are acceptable for a component when it is tested stand-alone, or in a different system, may not be acceptable if they occur in a particular safety-related system.

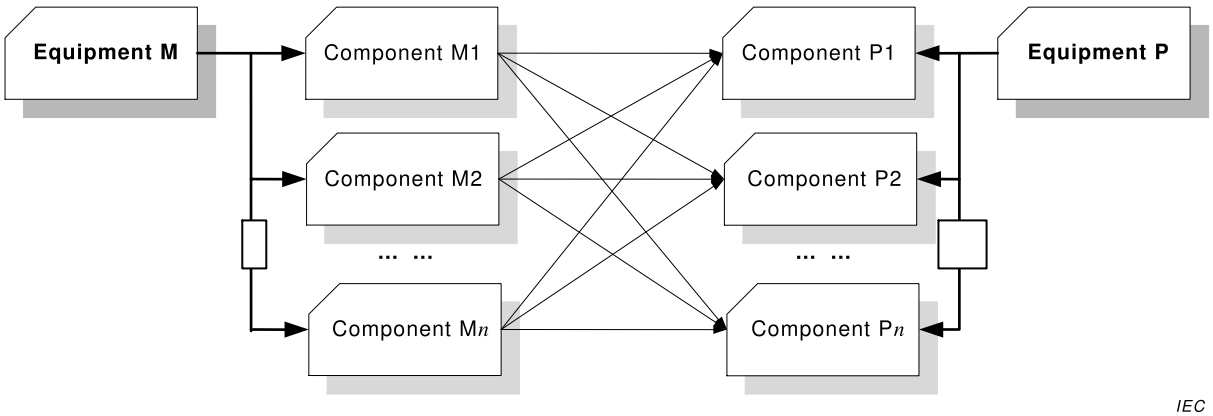


Figure 3 – EMC between equipment M and equipment P

Further guidance on design, design management techniques and other measures is given in Table 3. These techniques are graded in terms of SIL according to best expert judgement. Table 3 also refers to technical design measures that are given in Annex B.

Table 3 – Design, design management techniques and other measures

No.	Design, design management technique or other measures	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
1	EMC safety planning	R	HR	M	M
2	Provide the end user with information on restrictions on the application of the system or equipment including those relating to the electromagnetic environment	R	HR	M	M
3	Consider lifecycle and technical design measures (see for example Annex B)	R	HR	HR	HR
4	Consider the EMC requirements stated in the product safety manual for all purchased products and equipment	M	M	M	M
5	Procedures for maintaining lifetime electromagnetic characteristics in operation, maintenance, repair and refurbishment, modifications and upgrades	HR	HR	M	M
6	Consider the effects of reasonably foreseeable faults and misuse on the electromagnetic characteristics and mitigation measures	M	M	M	M

M The technique or measure is a mandatory requirement and shall be carried out for this safety integrity level (or systematic capability).

HR The technique or measure is highly recommended for this safety integrity level (or 'systematic capability') and shall be carried out unless there is a technical justification for not doing it. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be fully detailed during the safety planning and agreed upon with the assessor.

R The technique or measure is recommended for this safety integrity level (or systematic capability) and should be carried out as a lower recommendation to a HR recommendation.

When a technique or measure is recommended it is considered to be more likely to achieve the desired result than alternative techniques or measures. If it is not mandatory or highly recommended, an alternate technique or measure may be justified.

7.3 EMC aspects on equipment level

The electromagnetic performance of a safety-related system depends to some degree upon the electromagnetic characteristics of its equipment, the electromagnetic environment and mitigation measures employed. Performance shall be sufficient to meet the E/E/PE system safety requirements specification over the anticipated lifetime of the system. Any electromagnetic disturbances generated by equipment inside of a safety-related system shall not unduly affect the other items of equipment of the safety-related system.

All EMC measures shall be designed and implemented in such a way that they are effective over the lifetime of the equipment when taking into account the physical environment (which includes mechanical, climatic, chemical, biological and other stresses and strains). This is because emissions and immunity can be altered over the lifetime of the equipment by exposure to its physical environment. The design of the equipment shall be such that it maintains its required electromagnetic characteristics throughout its lifetime.

Hence immunity against electromagnetic disturbances shall be considered at the equipment level. Equipment immunity requirements shall be derived by taking into account

- the external electromagnetic environment the equipment is specified for;
- the local electromagnetic environment the equipment may be exposed to due to other equipment in close proximity;
- requirements derived from system/equipment aspects taking into account any system mitigation measures and;
- any requirements as identified during the process of EMC safety planning.

This results in an ERS, which shall include:

- the electromagnetic disturbances which the equipment design may have to withstand, whilst maintaining its desired electromagnetic characteristics;
- the immunity requirements (see IEC 61000-6-7 for examples);
- any particular test parameter requirements (according to the intended use in the system or in the systems) and;
- any performance criteria specifying a defined behaviour of the equipment under test (for example using a particular performance criterion taking into account aspects of functional safety of the overall system) (see 8.4.1 and 8.4.2).

NOTE 1 The ERS considers the situation at a particular installation. It is not necessarily identical to the product specification that a manufacturer fulfils for the products it offers on the market and to which it has to prove evidence by application of appropriate methods (e.g. in a safety manual for compliant items). In some cases both the specifications may be identical, but in other cases additional measures might have to be applied to the product in order to be compliant with the ERS). See Annex D and especially Figure D.2 for a description of this process.

The ERS can be fulfilled by using appropriate design management techniques such as determining electromagnetic susceptibilities, designing electromagnetic characteristics to cope with foreseeable faults and misuse, using more than one layer of protection, avoiding components with non-acceptable electromagnetic characteristics and verifying electromagnetic design aspects individually. Annex B provides a list of some possible measures and techniques.

NOTE 2 The effects of electromagnetic disturbances and the physical environment on items of equipment of the same design are usually common-cause or systematic (see Clause 5) – they have the same effect on all the items at the same time.

8 Verification and validation of functional safety performance in respect of electromagnetic disturbances

8.1 Verification and validation processes

In most cases there is no simple or practicable way to check and to verify by means of testing or measuring that the specified electromagnetic characteristics are achieved for the safety-related system in its entirety with respect to other systems, equipment or the external electromagnetic environment for all operating conditions and operating modes. This is due to the fact that not every combination of operating conditions, of operating modes and of electromagnetic phenomena acting on the system can be achieved in a reasonable way and in a reasonable time. Hence it is recommended that well-defined processes be applied at the system level (or equipment level) in order to demonstrate that the specified electromagnetic characteristics have been achieved in accordance with the E/E/PE system safety requirements specification (or ERS).

In order to demonstrate that a safety-related system complies with the E/E/PE system safety requirements specification, verification and validation activities shall be carried out. Appropriate planning of these activities is required. EMC aspects of verification and validation activities can be included in the EMC-planning and/or separately in system validation and verification planning, as appropriate.

The relationship between the processes of verification and validation, as well as their relation to the safety lifecycle, can be demonstrated by the diagram shown in Figure 4. For clarity the diagram considers those parts of the lifecycle only which are related to EMC specific aspects. The diagram shows these parts in a more detailed structure using a V representation of the lifecycle (instead of the purely sequential representation given in Figure 1).

A V representation reflects the lifecycle in combination with an approach going from the system level via the equipment level to the level of the components of which the system is composed.

NOTE 1 Depending on the complexity of the system, more or fewer levels can be employed.

The top-down branch (left side) can generally be assigned to the design and development, and is a refining process beginning with the entire safety-related system and ending with the system's components. The bottom-up branch (right side) is related to assembly, manufacturing, and installation of the whole system.

The V representation indicates that the activities of acceptance are intrinsically linked to the design and development activities insofar as what is actually designed has to be finally checked in regard to the requirements. The representation is effective in showing verification and validation tasks within the lifecycle. It further indicates the level these tasks are assigned to.

EXAMPLE The electromagnetic characteristics required for an entire safety-related system can partly be traced back to the electromagnetic characteristics of the elements making up the entire system. So, during a verification process, the electromagnetic characteristics of the individual elements can be checked to confirm that they support the achievement of the required electromagnetic characteristics for the system.

NOTE 2 An entire safety-related system is normally a singular, application-specific installation. Therefore concrete EMC requirements for a system cannot be defined in a standard as they have to take into account the individual installation specific electromagnetic environment. The other extreme is the element level, where in most cases series products are used. These elements cannot be tested to each and every individual requirement.

On the element level tests may be performed according to international safety related standards like IEC 61326-3-1, IEC 61000-6-7, etc. Gaps between the system level requirement and the element test requirements may be closed by additional measures like additional filtering, installation in shielded racks, use of shielded cables, etc. If elements or safety-related systems rely on mitigation measures, then user instructions, maintenance instructions and other documentation shall indicate that a safety hazard exists if the particular mitigation measure is not correctly installed, operated and/or maintained.

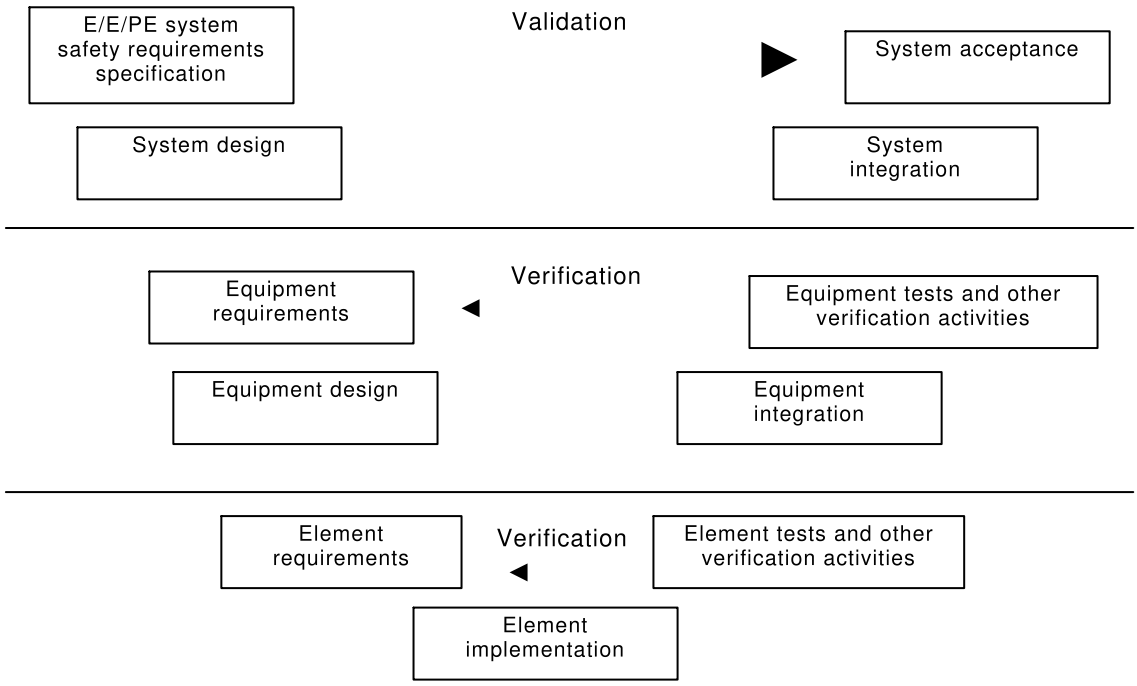


Figure 4 – Example V representation of the lifecycles demonstrating the role of validation and verification for functional safety performance in respect of electromagnetic disturbances

8.2 Verification

The objective of verification is to confirm and to demonstrate that the deliverables of each phase meet in all respects the requirements of that phase. Hence verification is performed within the individual phase and is related to the levels below the overall system level, for example equipment level or component level.

The verification shall take into account all the relevant electromagnetic disturbances and the electromagnetic characteristics that are correspondingly required. It shall address specific pass/fail criteria (for example particular performance criteria taking into account functional safety aspects), a positive choice of verification methods and activities as well as the need for particular EMC provisions.

Verification may be performed by only one activity or by a combination of several activities. In most cases, however, verification will include testing (see Clause 9) on the basis of standardized test methods, in combination with appropriate performance criteria taking into account functional safety aspects (see 9.3 and 9.4). Compliance with the test requirements is demonstrated by fulfilling the technical, quantitatively stated requirements of the standards defining these test methods (for example the IEC 61000-4 series) and documented by means of test reports, test certificates or equivalent documents.

On the element level, any relevant generic, product family or product standard related to functional safety shall be applied.

Further verification activities can include:

- reviews on completion of each lifecycle phase to ensure compliance with the objectives and requirements of this phase, taking into account the specific inputs to that phase;
- appropriate non-standardized tests performed on the designed products to ensure that they perform according to their specification;
- individual and/or integrated hardware tests performed where different parts of a system are put together in a step-by-step manner and by the performance of environmental tests to ensure that all the parts work together in the specified manner.

The results of verification shall be described in a verification report (which could be for example a test report) or in a technical construction file.

8.3 Validation

The objective of validation is to get a final confirmation that the entire safety-related system meets all the required objectives. This involves a mixture of several activities such as predictions, reviews or tests. In order to demonstrate that all safety requirements have been fully addressed, it is recommended to plan ahead as to how the reviews, tests, etc., will be structured. This validation (or quality) plan may be part of the EMC plan or a separate document.

The validation shall take into account all the phases of the lifecycle and show audit points. It shall address specific pass/fail criteria, a positive choice of validation methods and activities and a clear handling of non-conformances.

Validation activities include:

- demonstration that the safety requirements are fully addressed and correctly implemented;
- checklists (e.g. to ensure that EMC measures are adequately observed, applied and implemented);
- inspections (e.g. concerning observance of the installation guidelines);
- reviews and audits (e.g. close-out audit at the completion of the project);

- assessments;
- testing (e.g. factory acceptance test or on-site testing).

The process of validation is described in the validation plan. It contains the structure and schedule of the validation activities, as well as the technical rationale as to how the chosen activities demonstrate that the safety requirements are met.

In cases where there are changes in the system, its use or in the electromagnetic environment, the appropriate phases of the lifecycle shall be revisited and revalidation carried out if necessary.

The results of the validation process are described in a validation report.

8.4 Test philosophy for equipment intended for use in safety-related systems

8.4.1 General

Equipment performing or intended to perform safety functions or parts of safety functions shall behave in a specified manner. The specified behaviour of a safety-related system is to achieve or maintain safe conditions of the equipment and the related equipment under control. To achieve this, the behaviour of the equipment shall be known under all specified conditions. The E/E/PE system safety requirements specification developed for the system under consideration shall specify the safety function and the required behaviour in case of failure or occurrence of a fault.

8.4.2 Performance criterion DS for safety applications

A specific performance criterion designated as DS and applicable to functions contributing to or intended for safety applications taking into account functional safety aspects is defined as follows:

The functions of the EUT intended for safety applications are not affected outside their specification or may be affected temporarily or permanently if the EUT reacts to a disturbance in a way that detectable, defined state or states of the EUT are maintained or achieved within a stated time. Also, destruction of components is allowed if a defined state of the EUT is maintained or achieved within a stated time.

NOTE 1 In consequence it will be possible for the defined state to be outside normal operating limits or otherwise detectable.

NOTE 2 Some EMC publications related to functional safety use the abbreviation FS for this performance criterion.

The functions not intended for safety applications may be disturbed temporarily or permanently.

NOTE 3 Generalized performance criteria A, B and C as defined in generic EMC standards and also more precise performance criteria as defined in EMC product or product family standards were not specifically created for use in functional safety applications. However, performance criterion A is always acceptable.

8.4.3 Application of the performance criterion DS

This performance criterion DS, only applicable for functions contributing to or intended for safety applications, shall be considered for all electromagnetic phenomena. There is no differentiation required between continuous and transient electromagnetic phenomena.

Where a device or system performs both safety and non-safety functions the requirements for functional safety apply in context with the safety functions only.

8.4.4 Relationship to “normal” EMC standards

Even though functional safety requires the correct functioning of the complete system, for example comprising sensors, logic solver and actuators, it is possible to test its devices individually. To allow this, the individual devices intended to be used to construct a safety-related system shall be sufficiently specified. This specification comprises the intended function and the defined behaviour in case of failure. The objective of the immunity tests is to help demonstrate that the specification is fulfilled for the considered electromagnetic disturbances.

Elements intended for use in safety-related systems shall have a specification of their intended functions included in the safety manual for compliant items. It is difficult to quantify the impact of all disturbed functions as it is application dependent, however the designer shall duly take into account all foreseeable use in the development of the SSRS. Therefore the test shall show the behaviour of the equipment under test. Deviations from the undisturbed functions shall be detectable and shall be documented in the test report.

The performance criteria for functional safety define specific requirements on the equipment that is intended for use in safety-related applications. In this case both the normal requirements and the specific requirements for functional safety apply. The performance criteria for normal immunity tests within their associated limits and the performance criteria for EMC safety tests are considered separately, which could result in different tests.

NOTE Normal immunity tests/requirements are those tests/requirements, which are carried out according to specifications given in generic or product standards where those specifications do not consider functional safety aspects.

The general approach is shown in Table 4.

Figure C.1 illustrates the application of the relevant performance criteria for equipment in more detail by showing which effects due to specific electromagnetic disturbances are allowed.

Table 4 – Applicable performance criteria and observed behaviour during test of equipment intended for use in safety-related systems

Normal EMC tests	EMC safety tests
A B + pre-defined behaviour, detectable and documented + recovery time to be documented C + pre-defined behaviour, detectable and documented	A or DS
Performance criterion A is always acceptable. The potential of performance criteria B and C to result in misuse of the safety function (for example disablement of the safety function) should be assessed. NOTE 1 The description of the performance criteria A, B and C is given in generic standards such as IEC 61000-6-1 and adapted accordingly in product standards. NOTE 2 For more detailed information about allowed effects during immunity testing, see Figures C.1 and C.2.	

8.5 Test philosophy for safety-related systems

The intended functions and possible safe states are specified for a safety-related system. The aim of the immunity tests is to help demonstrate that the system as a whole behaves as specified and required by the E/E/PE system safety requirements specification.

The performance criteria for functional safety define additional requirements for safety-related systems. The performance criteria for normal EMC tests within their associated limits and the performance criteria for EMC safety tests are considered separately.

Figure C.1 illustrates the application of the relevant performance criteria for functions of safety-related systems in more detail by showing which effects due to specific electromagnetic disturbances are allowed.

System testing should be performed at the highest practicable level of assembly, if necessary using appropriate on-site or in-situ test methods.

It may be difficult at times to separately assess safety-related functions and normal functions of a system. When the separation of EMC tests for both types of functions is not practical, it is acceptable to combine the EMC tests for both types of functions.

9 EMC testing with regard to functional safety

9.1 Electromagnetic test types and electromagnetic test levels with regard to functional safety

9.1.1 Considerations on testing

In most cases there is no simple or practical way to verify by means of testing alone that the specified electromagnetic characteristics have been achieved (see Clause 7). EMC testing for functional safety requires some special considerations.

9.1.2 Types of immunity tests

Usually, the functional immunity tests in a product or generic standard do not consider all of the possible electromagnetic phenomena (as listed in Table A.1). It is also conceivable that a high level electromagnetic disturbance that has not been taken into account could have a safety implication.

With regard to safety, it is therefore necessary to evaluate whether disturbances that may not have been considered in the product or generic standards can occur. If their relevance has been demonstrated, their impact shall be analysed and the corresponding tests shall be carried out.

9.1.3 Testing levels

Immunity testing levels specified in the EMC product or generic standards are related to normal environmental disturbance levels.

For safety purposes, system designers shall specify test levels that are based on the maximum levels of the electromagnetic disturbances where the safety-related systems are intended to be employed. Product committees or manufacturers shall specify tests and levels that are based on the maximum levels likely to occur in the most probable environments where the equipment is intended to be installed (see IEC 61000-6-7 for example).

When possible, that is, when the experience or the knowledge of the environment is sufficient, it is recommended to take the statistical distribution of the disturbance levels into consideration.

It might therefore be necessary to enhance the functional immunity test levels by a value derived from the assessment of the electromagnetic environment. It is not always possible to give general advice on this value, which depends on numerous conditions including uncertainty (see 9.4). Test levels shall be specified on a case by case basis. The test level assigned to each electromagnetic phenomenon may differ depending on its occurrence. In certain circumstances, it will be necessary that this value is specified so that it leads to a greater test level than for performance reasons.

For equipment or systems with specific safety-related parts, three series of tests may be considered:

- a series of tests for system parts not relevant for safety;
- a series of tests for system parts relevant for safety;
- a series of tests for complete safety-related systems where practical.

9.2 Determination of test methods with regard to functional safety

With regard to the variety of equipment, of environmental conditions, and of conditions specific to the installation under consideration, it is difficult to provide exact rules for how to select the tests. Basically the selection of tests shall take into account all the electromagnetic phenomena that have been identified as occurring in the electromagnetic environment. This environment comprises both the electromagnetic phenomena due to external conditions and electromagnetic phenomena resulting from processes inside the installation. The tests shall be selected and determined in such a way that they reflect and simulate the influence of the electromagnetic phenomena upon the safety-related system and its components.

NOTE 1 In some cases it is impractical to apply tests on a safety-related system as a whole and tests will be applied to the individual equipment separately. In these cases the tests are performed in such a way that their application on individual equipment represents the effect which the electromagnetic phenomena have on the whole safety-related system.

When determining a test method for an immunity test, the test uncertainty shall be assessed and taken into account, both with respect to the test performance as well as with respect to the applicable immunity test parameters.

There are several possibilities for determining the appropriate test methods:

a) Use of standardized test methods, for example the basic immunity test standards of the IEC 61000-4 series or other more applicable standards

   In most cases electromagnetic phenomena such as electrical fast transients (bursts) or electrostatic discharges (ESD) have to be considered as they are to be expected in typical installations. But in addition some other electromagnetic phenomena will have to be considered due to the situation at the particular installation, for example, the occurrence of relatively strong power frequency magnetic fields or the presence of a bad power supply showing significant voltage unbalances or frequent voltage interruptions. These phenomena have been well understood for several decades, and test methods have been worked out to represent the effect of the disturbances on the equipment under test. Corresponding test methods are described in the IEC 61000-4 series. Valuable experience has been obtained regarding the test performance and test parameters in order to represent the effect of disturbances as realistically as possible.

b) Use of variants of standardized test methods

   Although standardized test methods, for example described in the basic immunity test standards of the IEC 61000-4 series or in other more applicable standards, and the test parameters described therein cover a wide range of electromagnetic phenomena there may be situations where an electromagnetic phenomenon actually expected in the installation differs to some extent from that one as covered by a standardized test. In these cases it is useful to assess the deviation of the actual phenomenon from that defined in a standardized test method and to check the applicability of the standardized test method when tailored accordingly.

   NOTE 2 An example may demonstrate this approach. When looking at the immunity against power frequency magnetic fields the test methods and parameters as described in IEC 61000-4-8 can be applied. This standard mainly focuses on the effects of 50 Hz/60 Hz magnetic fields. If, however, the assessment of the electromagnetic environment shows that there are significant harmonics to be considered, the basic test method of this standard can also be used for testing the immunity against magnetic fields at harmonic frequencies.

c) An electromagnetic phenomenon is not covered by existing standards or variants of it

   In some particular installations electromagnetic phenomena occur which are neither covered by standardized test methods, such as the basic immunity test standards of the

IEC 61000-4 series, nor could they be modelled by accordingly tailored standardized test methods. This may be the situation when for example new technologies have emerged showing electromagnetic phenomena that are not yet considered by the standardized test methods. In these cases particular test methods, whose performance and parameters shall reflect the effect of the electromagnetic phenomenon under consideration as realistically as possible, have to be developed. Verification and validation are necessary in order to demonstrate that new test methods produce accurate and reliable test results.

9.3 Considerations on test methods and test performance with regard to systematic capability

9.3.1 General

Immunity tests and immunity test levels shall be selected for the various electromagnetic phenomena by taking into account:

- the characteristics of the electromagnetic environment where the installation under consideration is intended to be operated;
- the maximum amplitude of the actual electromagnetic disturbance to be expected at the various locations of the installation;
- the maximum uncertainty due to test method and test equipment.

The second and third considerations given above in 9.3.1 are based on the fact that for electromagnetic phenomena it is normally not possible to establish a simple, evident and provable correlation between applicable immunity test requirements and SIL due to the probabilistic aspects of a SIL determination. Since these maximum amplitudes are not correlated with the SIL, they shall be used to determine the test levels.

Beside the immunity test levels there are further parameters that may determine the suitability of immunity tests. Such parameters are for example:

- testing period;
- number of tests with different test set-ups or test samples;
- variation of test settings (e.g. direction of incident electromagnetic field, phase relationship between test impulse, type of modulation of RF field);
- environmental factors (e.g. temperature, humidity or the appearance of different electromagnetic phenomena at the same time);
- performance criteria.

For standardized immunity tests, for example the basic immunity test standards of the IEC 61000-4 series, these parameters are determined in such a way as to reflect typical interference situations or typical conditions. The parameters are derived on a technical/economical basis. For example, the test period is limited to one that represents a compromise between the amount for testing time and the confidence that the testing time is considered as long enough for typical stress conditions.

Hence these parameters may be modified in order to increase the level of confidence that an accordingly modified immunity test reflects the effect of an electromagnetic disturbance with a higher probability than using the parameters given for example in the basic immunity test standards of the IEC 61000-4 series. In this regard the parameters may be modified according to the required SIL. Some examples of modification of parameters are given in Table 5.

NOTE As in the case of the immunity levels, it will not be possible to establish a simple, evident and provable correlation between the accordingly modified immunity test and the required SIL. Hence the modification or variation of immunity tests will mainly rely on technical judgement.

Table 5 – Examples for methods to increase level of confidence

Type of electromagnetic phenomena	Example of standards	Some examples of methods to increase test severity compared to the requirements in the basic standard
Continuous audio frequency (AF)/radio frequency (RF)	IEC 61000-4-3 IEC 61000-4-6 IEC 61000-4-8 IEC 61000-4-13 IEC 61000-4-16 IEC 61000-4-19 IEC 61000-4-20 IEC 61000-4-21	Frequency of modulation (e.g. 2 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 1 Hz to 10 kHz) Different test set-ups (testing of different combination of equipment / versions / cabling) Type of modulation (for example amplitude-modulated AM, frequency-modulated FM, pulse-modulated PM) Different carrier frequencies at the same time
Transient phenomena	IEC 61000-4-4	Increasing test time (no change in normative parameters) Changing repetition frequency of pulses Changing packet length / repetition time of pulses Different test set-ups (testing of different combinations of equipment / versions)
	IEC 61000-4-12 IEC 61000-4-18	Different test set-ups (testing of different combinations of equipment / versions) Different carrier frequencies at the same time
	IEC 61000-4-2 IEC 61000-4-5	Number of pulses Changing repetition rate / time between pulses / phase angle Different test set-ups (testing of different combinations of equipment / versions)
NOTE 1 Some methods may not be applicable to some of the test methods given in the basic standards. NOTE 2 The parameters mentioned under the methods only apply if these parameters of electromagnetic phenomena could really occur in the electromagnetic environment under consideration. NOTE 3 For particular products different sets of standards can be applicable instead of the IEC 61000-4 series. NOTE 4 Equipment can be exposed to multiple angles of incidence and polarizations in IEC 61000-4-21.		

9.3.2 Testing period

Some of the electromagnetic phenomena to be considered may be related to an operating state of equipment in a statistical way only, for example the simultaneous occurrence of an impulse peak with respect to the momentary state of a digital circuit or a digital signal transmission.

In order to increase the level of confidence regarding immunity against electromagnetic disturbances for a higher SIL, it may be required to perform immunity tests against such electromagnetic phenomena with a greater number of pulses or by using a longer test time compared to the requirements of the corresponding basic standards.

NOTE Example of a modification of the electrical fast transients immunity test (IEC 61000-4-4): the coupling of pulses is normally applied for a period of 1 min for each polarity. This period can be increased depending on the SIL.

9.3.3 Number of tests with different test set-ups or test samples

There may be a variation in the immunity behaviour of equipment, for example due to tolerances in the devices used in the equipment or due to tolerances in manufacturing the equipment. Further uncertainties may result from various possibilities concerning a test set-up. Hence it may be reasonable to expand the immunity tests by

- testing more samples of the product under consideration, or
- testing a sample several times with variations in the test set-up.

These may be done alternatively and/or in combination.

9.3.4 Variation of test settings

Standardized immunity tests, for example the basic immunity test standards of the IEC 61000-4 series, describe a detailed test set-up as well as settings to be applied during the immunity test. These settings may be modified to increase the level of confidence. By doing this rather than by using the settings of the basic immunity standards, a broader range of possible effects of the electromagnetic phenomenon upon the equipment is considered. Examples of such modifications include

- modifications concerning the coupling of an electromagnetic phenomenon on the equipment under test,
- modifications concerning the physical placement of the equipment under test.

NOTE 1 Example of a modification of the surge immunity test (IEC 61000-4-5): coupling of pulses on AC lines at phase angles in addition to those given in the basic standard.

NOTE 2 Example of modifications of the radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (IEC 61000-4-3): the incident field faces not only to the main sides but also to tilted orientations of the equipment under test; the equipment is tested with different types of modulation frequencies (for example 2 Hz to 10 kHz) or different carrier frequencies at the same time.

9.3.5 Environmental factors

Beside the variation in the immunity behaviour of equipment due to tolerances in the devices used, or in its assembly, there might be the possibility that the immunity is affected by environmental parameters. Such factors are, for example, the temperature or humidity, which may vary in a broad range at the final location of the installation. The possible impact of these factors on the immunity should be considered taking into account stresses, ageing, foreseeable misuse, etc., on the electromagnetic characteristics of the equipment or system.

There are many kinds of possible stresses, including physical (e.g. bending, twisting, etc.) and climatic (e.g. air pressure, temperature, humidity, etc.). After the initial electromagnetic functional testing has been performed as described above, and the equipment passes those tests, ageing testing should be performed, if it can be reasonably and foreseeably expected that the electromagnetic characteristics will change during the lifetime of the equipment. This testing should include, for example, the evaluation of the reduction in effectiveness of electromagnetic mitigation measures associated with the equipment or product due to corrosion or mechanical movement during the anticipated lifetime of the system. As appropriate during or after these stress/ageing tests, the electromagnetic characteristics should be measured to determine whether the equipment's electromagnetic characteristics has been excessively degraded. The results of such testing and its impact on the electromagnetic characteristics during the anticipated lifetime of the equipment or system shall also be documented for each electromagnetic phenomenon considered. All physical stresses and ageing aspects within the specification of the equipment/system shall be evaluated and documented.

Alternatively, where the equipment is protected from its electromagnetic and physical environment by an external enclosure, it is permissible to test the finished enclosure for its reduction in electromagnetic characteristics due to physical stresses, ageing, foreseeable misuse, etc., over its anticipated lifetime. The tested enclosure should include the same types of cable entries, door and panel fixings, etc., as the one that is supplied with or specified for the equipment. There is no requirement to test the products and other equipment that are installed within an enclosure to the external environment.

9.4 Testing uncertainty

The required immunity of products or items of equipment to electromagnetic phenomena is in most cases demonstrated by means of immunity testing based on basic EMC standards. The results of the tests are used to conclude whether the equipment under test fulfils the requirements and consequently whether it can be used in a safety-related system.

Hence it is important to have some indications of the quality of the results, that is, the extent to which they can be relied on for the purpose in hand. One of the means to demonstrate the quality of the immunity test performance and of the test results is the evaluation and the assessment of the associated uncertainty.

Whether an immunity test is a standardized or a modified one, it shall be developed so that reproducible results are obtained if different parties perform the same test with the same EUT. Beside this fact of repeatability, an immunity test set-up and the adjusted immunity test level shall reflect the specified levels as closely as possible. Hence special attention has to be given to any factors that can cause a deviation from the specified levels and the impact of which can quantitatively be described by means of the uncertainty. Substantial information about all the aspects related to uncertainty and its determination are given in IEC TR 61000-1-6 and CISPR 16-4 series of standards.

As a consequence, the uncertainty associated with an immunity test shall be determined and assessed with respect to its impact on the test results.

NOTE 1 The type of uncertainty to be considered and the value of uncertainty not to be exceeded depend on the particular immunity test.

NOTE 2 Other factors of testing uncertainty can be considered in addition to the instrumentation uncertainty.

10 Documentation

The documentation shall be written according to the requirements given in the appropriate standard for functional safety (i.e. IEC 61508). The ERS can contain additional requirements concerning documentation. Information shall be provided by an equipment manufacturer in the form of a clearly documented specification of the maximum characteristics of relevant electromagnetic phenomena that the equipment is intended to be used in. This can be achieved by specifying EMC standards and levels to which the equipment has been tested. In the case of elements, this information should be included in the safety manual for compliant items, see 7.2, 7.3 and 8.4.3 and IEC 61000-6-7.

Annex A
(informative)

Selection of electromagnetic phenomena

Table A.1 lists the electromagnetic phenomena described in IEC TR 61000-2-5. It shows the immunity test levels from IEC 61000-6-2 and gives some guidance on how to assess them when considering the phenomena for functional safety purposes.

Table A 1 – Example of selection of electromagnetic phenomena for functional safety in industrial environments

No.	Phenomena according to IEC 61000-2-5 Test level according to IEC 61000-6-2	Basic standard	Comments
1	ESD 4 kV (contact) 8 kV (air)	IEC 61000-4-2	Levels should be applied in accordance with the environmental conditions described in IEC 61000-4-2. Levels specified in the generic standard may only be chosen if the appropriate environmental conditions exist.
2	RF field 10 V/m (80 MHz to1 000 MHz) 3 V/m (1,4 GHz to 2,0 GHz) 1 V/m (2,0 GHz to 2,7 GHz)	IEC 61000-4-3	An increased level should be applied in frequency ranges used for mobile transmitters in general, except when reliable measures are realised to avoid the use of such equipment nearby. ISM frequencies have to be taken into account on an individual basis.
3	EFT/B 1 kV (I/O) 2 kV (AC/ DC)	IEC 61000-4-4	Higher levels can be expected in industrial applications compared with the levels specified in applicable standards for functional reasons.
4	Surge AC: 2 kV (L-G) 1 kV (L-L) DC 0,5 kV (L-G) 0,5 kV (L-L) I/O: 1,0 kV (L-G)	IEC 61000-4-5	Increased requirements may be adequate, but additional external EMC measures have to be considered.
5	HF conducted 10 V (0,15 MHz to 80 MHz)	IEC 61000-4-6	An increased level should be applied in frequency ranges used for mobile transmitters in general, except when reliable measures are realised to avoid the use of such equipment nearby. ISM frequencies have to be taken in to account on an individual basis.
6	Power frequency magnetic field 30 A/m	IEC 61000-4-8	Applicable in accordance with the common exceptions given in the generic standard. No increased level in general. An increased level may be adequate in an environment as defined in IEC 61000-6-5 or similar such as an industrial switchyard.
7	Pulse magnetic field	IEC 61000-4-9	No increased level in general. An increased level may be adequate in an environment as defined in IEC 61000-6-5 or similar such as an industrial switchyard.

No.	Phenomena according to IEC 61000-2-5 Test level according to IEC 61000-6-2	Basic standard	Comments
8	Damped oscillatory magnetic field	IEC 61000-4-10	No increased level in general. An increased level may be adequate in an environment as defined in IEC 61000-6-5 or similar such as an industrial switchyard.
9	Voltage dips 0 % for 1 period 40 % for 10/12 periods 70 % for 25/30 periods	IEC 61000-4-11	To be decided case by case.
10	Voltage short interruptions 0 % for 250/300 period	IEC 61000-4-11	To be decided case by case.
11	Voltage variations	IEC 61000-4-11	Voltage variations are considered as functional aspects and not EMC related.
12	Ring wave	IEC 61000-4-12	To be decided case by case.
13	Harmonics	IEC 61000-4-13	To be decided case by case.
14	Interharmonics	IEC 61000-4-13	To be decided case by case.
15	Mains signalling	IEC 61000-4-13	To be decided case by case.
16	Conducted, common mode, 0 Hz to 150 kHz	IEC 61000-4-16	Increased level for short time power frequency phenomena only. Limited to the rated voltage of the power supply.
17	Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-18	To be decided case by case.
18	Conducted, differential mode, 2 kHz to 150 kHz	IEC 61000-4-19	To be decided case by case.
19	HEMP radiated	IEC 61000-4-23	To be decided case by case.
20	HEMP conducted	IEC 61000-4-24	To be decided case by case.
21	HEMP immunity tests	IEC 61000-4-25	To be decided case by case.
22	Unbalance three-phase mains	IEC 61000-4-27	To be decided case by case.
23	Variation of power frequency	IEC 61000-4-28	Not applicable in general, but may be considered for special applications like UPS, emergency power supply systems and so on.
24	Voltage dips on DC power ports	IEC 61000-4-29	To be decided case by case.
25	Short interruption on DC power ports	IEC 61000-4-29	To be decided case by case.
26	Voltage variations on DC power ports	IEC 61000-4-29	To be decided case by case.
27	Voltage dips, short interruptions and voltage variations for equipment with mains current more than 16 A per phase	IEC 61000-4-34	To be decided case by case.
28	DC in AC networks		To be decided case by case.
29	DC magnetic field		Not applicable in general, but may be considered for special applications (e.g. traction systems, aluminium process).
30	16 2/3 Hz magnetic field		Not applicable in general, but may be considered for special applications like traction systems.

No.	Phenomena according to IEC 61000-2-5 Test level according to IEC 61000-6-2	Basic standard	Comments
31	Non-power system related magnetic field		To be decided case by case.
32	Power system harmonics magnetic field		To be decided case by case.
33	DC electric field		
34	16 2/3 Hz electric field		
35	50/60 Hz electric field		
36	Transient electric field		
37	ESD field		
38	Transients milliseconds		

Annex B
(informative)

Measures and techniques for the achievement of functional safety with regard to electromagnetic disturbances

B.1 General principles

The aim of Annex B is to give an informative overview of a range of mitigation and other design techniques and measures that are available for the achievement of appropriate levels of resilience to electromagnetic disturbances (“electromagnetic resilience”).

NOTE Electromagnetic resilience is the capability to maintain adequate performance for safety functions when exposed to electromagnetic disturbances.

Appropriate techniques and measures for the achievement of functional safety with respect to electromagnetic disturbances should be identified and applied as necessary throughout the lifecycle of a safety-related system. Information on the range of techniques and measures applied on the element level as required to facilitate system integration activities should be included in the safety manual.

The selection of the techniques and measures to be applied for a particular system will depend upon a large number of factors. For a safety-related system, an appropriate range of techniques and measures should be selected and applied to achieve electromagnetic resilience, in order to ensure that the overall functional safety specifications are met with respect to electromagnetic resilience. The selection of the techniques and measures should be justified for that system. The following Tables B.1 to B.3 include a range of suggested techniques and measures together with guidance solely as to their importance for electromagnetic resilience purposes.

Depending on the nature of the project, different or additional techniques and measures may be applied to achieve electromagnetic resilience. Other techniques and measures than those listed in Tables B.2 and B.3 may provide an equivalent level of protection from impacts of electromagnetic disturbances. Designers of a system or item of equipment of functional safety should be aware of the recommendations given in Tables B.2 and B.3, but they may choose other techniques and measures when appropriate and the reasons are documented.

For example, in the case that no software is used in a system, then no software design techniques and measures would be selected for any of the project's stages. In the case where sufficiently rugged, high-specification electromagnetic mitigation measures are employed, other design techniques and measures may not be required to achieve electromagnetic resilience appropriate to the SIL.

Table B.1 below summarizes recommendations for system lifecycle techniques and measures. (For the explanation of the abbreviations HR, R and M see Table 3.)

Table B.1 – Overview of lifecycle techniques and measure recommendations for the achievement of functional safety with regard to electromagnetic disturbances

Practice	Overview	Reference for further information
EMC project management and safety planning	The processes for the management, planning, selection, design, implementation, commissioning, modification and verification of each safety function should explicitly include electromagnetic resilience measures.	–
	The electromagnetic resilience of the system should be managed as appropriate throughout the lifecycle using appropriate expertise.	–
Safety-related system design documentation	The system design documentation should provide sufficient information to enable the selection of techniques and measures to be used for achieving adequate electromagnetic resilience for the operational environment.	–
Implementation and integration measures	Procure materials, components and products according to their specifications for achieving electromagnetic resilience.	–
	Assemble according to the design, using the correct materials, components and products according to their specifications for achieving electromagnetic resilience.	–
	Install according to the design for achieving electromagnetic resilience.	B.2.2.4
Verification and validation measures	Verify and validate the effectiveness of the implemented measures.	B.2.2.5
Operation and maintenance techniques and measures	Comprehensive user instructions including operating procedures necessary to maintain adequate electromagnetic resilience.	–
	Maintenance procedures and planning related to achieving electromagnetic resilience (e.g. preventative and corrective maintenance).	–
Assessment of modifications to system or operational environment	Assessment of changes in the external electromagnetic environment (e.g. to consider new electromagnetic conditions that were not taken into account in the original design).	–
	Assessing the effect of proposed modifications and upgrades on the electromagnetic resilience of the system concerned.	–
	Ensuring that modifications and upgrades do not reduce electromagnetic resilience below acceptable levels, for the system concerned.	–

B.2 Choosing design techniques and measures

B.2.1 Introduction to design techniques and measures against electromagnetic disturbances

These design techniques and measures have been developed specifically to help overcome the following difficulties that have been found when attempting to deal with all of the electromagnetic disturbances that could occur during a lifecycle when trying to achieve functional safety to IEC 61508 or its related standards.

It has been generally found to be impractical to perform anything more than a general assessment of the electromagnetic disturbances that could possibly occur over a complete lifecycle. General assessments of electromagnetic disturbances and levels typically make up the manufacturer's specification for the maximum electromagnetic environment of their equipment.

These assessments are good enough for determining which of the many published EMC emissions and immunity standards for functionality should be applied, but cannot determine what electromagnetic disturbances, and combinations of them, could foreseeably occur over the lifecycle.

It is necessary to maintain adequate electromagnetic resilience in the operational environment despite all foreseeable faults, misuse, ageing, component tolerances, assembly errors, physical and climatic conditions, etc., that could occur over the lifecycle.

The traditional, and very effective, approach to dealing with these difficulties is to use very rugged, high-specification electromagnetic mitigation techniques and measures (shielding, filtering, surge protection, galvanic insulation, etc.) that:

- have a sufficiently high confidence that they can be expected to protect what they enclose from any/all electromagnetic disturbances over the lifecycle;
- are sufficiently rugged that they can be expected not to suffer significant degradation in their protection over the complete lifecycle, despite all foreseeable faults, misuse, ageing, component tolerances, assembly errors, physical and climatic conditions, etc., that could occur;
- ensure that both of these characteristics are achieved with the degree of confidence that is necessary for the achievement of functional safety according to the SIL.

As the use of electronic technologies in functional safety engineering expands rapidly into more sectors (e.g. aircraft, motor vehicles, portable or implanted medical devices, etc.), this traditional approach may be found to be impractically large, heavy and costly. This is especially the case for safety-related systems that are manufactured in high volumes.

These issues may make it desirable to achieve adequate electromagnetic resilience by employing an appropriate set of design techniques and measures. Design techniques and measures that may assist in demonstrating adequate electromagnetic resilience include (but may not be limited to) those listed in Table B.2 and Table B.3.

The range of design techniques and measures used in respect of a particular system should be identified and justified by the system designer. The precise selection of the electromagnetic resilience techniques and measures used depends on the application, as well as the technology employed. Equipment manufacturers may also wish to demonstrate compliance with an appropriate range of techniques and measures in a product's safety manual for compliant items.

Many of these techniques and measures are also employed in order to achieve systematic integrity in respect of causes of system failure not relating to electromagnetic disturbances. The application of particular techniques and measures (e.g. those relating to software) may have a significant effect on overall system performance. The precise selection of techniques and measures for systematic integrity therefore should consider a range of factors that are not limited to the demonstration of electromagnetic resilience.

Figure B.1 shows the general principles recommended for design to achieve electromagnetic resilience, (where the 'rugged high-specification electromagnetic mitigation' approach is not used). Some elements of a safety-related system could employ the 'rugged high-specification electromagnetic mitigation' approach, while other elements employed different combinations of techniques and measures (such as those summarized in Table B.2 and Table B.3).

It is important to understand that an overall safety-related system cannot be said to achieve electromagnetic resilience simply on the basis of the elements from which it is composed.

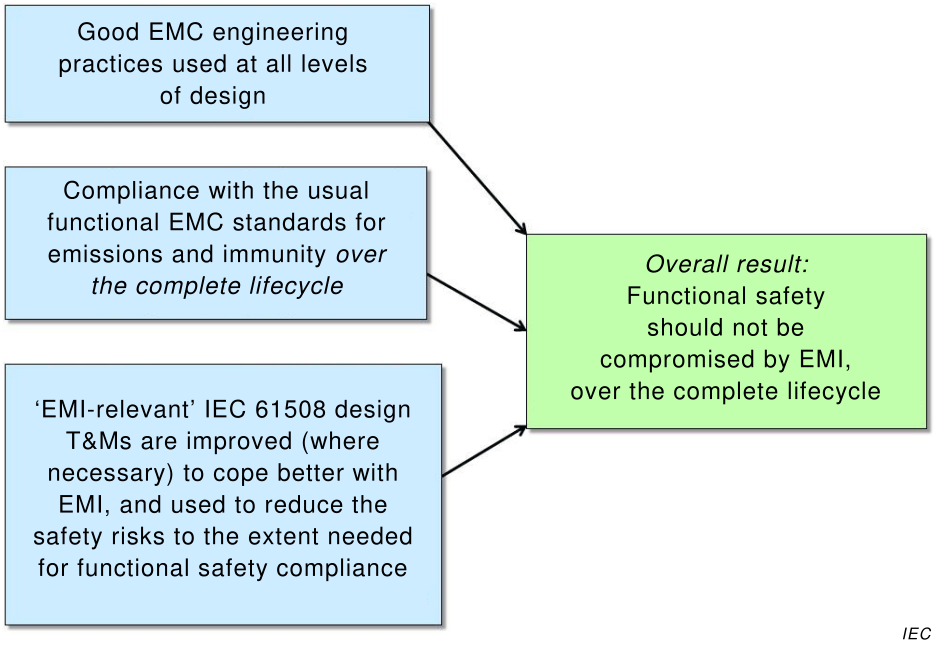


Figure B 1 –General principles recommended for design to achieve electromagnetic resilience for a complete safety-related system (where the "rugged high-specification electromagnetic mitigation approach" is not used)

Table B.2 and Table B.3 summarize a range of techniques and measures appropriate for dealing with electromagnetic disturbances, with brief recommendations on their applications for some of them.

Table B.2 – Overview of techniques and measures that may be used for the achievement of functional safety with regard to electromagnetic disturbances

Practice	Overview		Importance				Reference for further information
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
System design	Ensuring that electromagnetic disturbances and their effects are taken into account in the specification of the system and its software, and appropriate techniques and measures are incorporated to ensure that the system will achieve the anticipated SIL. Amongst other issues, take into account: a) non-operation when operation is required, b) operation when no operation is required, c) wrong or inaccurate operations.		M	M	M	M	B.2.2.1
	Separation of safety-related system functions from non-safety-related functions.		HR	HR	HR	HR	
	Safety-related system design and development records how the requirements are implemented through design choices.		HR	HR	HR	HR	
	Using diverse hardware (in redundant channels) to implement the same function.		R	R	HR	HR	B.2.2.2
	Diverse software (in redundant channels) to implement the same function, and/or to implement the monitoring function.		R	R	R	HR	
	Fault detection and event data recording for later diagnosis, to improve the localisation of malfunctions caused by electromagnetic disturbances.		R	R	HR	HR	
	Improving the electromagnetic resilience of communication links, by using hardware and/or software techniques, such as:	a) Error detection, by using redundant data to detect data corruption for example techniques such as parity bit, cyclic redundancy checking (CRC), etc.	HR	HR	HR	HR	
		b) Error detection and adequate level of error correction, by using sufficient redundant data code.					
		c) Adding redundant sequence codes to each data packet to enable detection of lost or duplicated packets.					
	System or function state synchronisation, or re-synchronisation:	For systems intended for continuous operation.	HR	HR	HR	HR	
		For on-demand systems.	R	R	R	R	
	Protection from persistent interference by monitoring retry counts	For systems intended for continuous operation.	HR	HR	HR	HR	
		For on-demand systems.	R	R	R	R	
	Protection from persistent interference by independent detection of electromagnetic disturbances.		R	R	R	R	
	System support for EMI-induced malfunctions. Using any hardware or software techniques and measures in this table to prevent EMI from degrading the safety integrity of the safety-related system.		HR	HR	HR	HR	B.2.2.3

Practice	Overview		Importance				Reference for further information
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
Operational design	Development of operation and maintenance instructions that help to avoid dangerous failures due to electromagnetic disturbances during operation and maintenance.		HR	HR	HR	HR	
	Design for ease of preventative and corrective maintenance with respect to electromagnetic resilience.		HR	HR	HR	HR	
	Limiting the possibilities for operation, and therefore the possibilities for electromagnetic disturbances to cause failures, for example by:	a) Limiting the number of operating modes that are generally possible.	HR	HR	HR	HR	
		b) Providing special operating modes (e.g. which may only be selected by key switches).	HR	HR	HR	HR	
		c) Limiting the number of operating elements.	HR	HR	HR	HR	
	Protection against operator mistakes related to electromagnetic phenomena.		HR	HR	HR	HR	
	Protection against hardware or software modifications or manipulations related to electromagnetic phenomena.		HR	HR	HR	HR	
Implementation	Error avoidance by compliance with relevant EMC standards over the lifecycle. Helps maintain availability to help prevent unauthorized inhibition or disconnection of the safety-related system.		HR	HR	HR	HR	Figure B.1
	Protection against physically damaging electromagnetic disturbances, for example lightning, electromagnetic pulses and other high power disturbances – where it is considered necessary to cope with one or more such extreme electromagnetic disturbances over the lifecycle.		HR	HR	HR	HR	
	Good EMC engineering practices used at every level of design.		HR	HR	HR	HR	Figure B.1 B.2.2.3
	Use fibre-optic cables for signals and data because they are intrinsically immune to all electromagnetic disturbances.		R	R	R	HR	
	DC power supplies / power converters:	a) Detecting defects, using a variety of techniques for example detecting overvoltages and undervoltages.	HR	HR	HR	HR	
		b) Detecting excessive radio frequency noise on DC power supplies.	R	R	R	HR	
		c) Power hold-up if appropriate, by using sufficient energy storage (e.g. batteries) or back-up power supplies (e.g. generators), the principle of the ‘UPS’.	HR	HR	HR	HR	
	Monitoring of ventilation, cooling and heating to detect whether they have been influenced by electromagnetic disturbances.		R	R	HR	HR	
	De-rating of hardware components, especially those used for suppressing electromagnetic disturbances or protecting against their effects, to ensure they are operated at levels well below their specified maximum ratings even during worst-case environmental conditions.		R	R	R	HR	

Practice	Overview	Importance				Reference for further information
		SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
Installation and commissioning	Provide information on any constraints and/or additional measures that are required for the SIL to be achieved despite electromagnetic disturbances over the lifecycle.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.4
Verification and validation	Safety-related system safety validation, to validate (as far as practicable) that the techniques and measures employed function according to the specification. By performing one or more of the methods listed below at the highest practicable level of assembly of the safety-related system. • Failure modes and effects analysis (FMEA). • Failure modes, effects and criticality analysis (FMECA). • Cause consequence diagrams. • Event tree analysis (ETA). • Fault tree analysis (FTA). • Fault tree models.	HR	HR	HR	HR	
	Verification and/or validation methods to achieve an appropriate level of confidence in the electromagnetic resilience.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.5

M The technique or measure is a mandatory requirement and shall be carried out for this safety integrity level (or systematic capability).

HR The technique or measure is highly recommended for this safety integrity level (or 'systematic capability') and shall be carried out unless there is a technical justification for not doing it. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be fully detailed during the safety planning and agreed upon with the assessor.

R The technique or measure is recommended for this safety integrity level (or systematic capability) and should be carried out as a lower recommendation to a HR recommendation.

When a technique or measure is recommended it is considered to be more likely to achieve the desired result than alternative techniques or measures. If it is not mandatory or highly recommended, an alternate technique or measure may be justified.

Application of one or more of the additional techniques and measures shown in Table B.3 may provide evidence of electromagnetic resilience for equipment or systems in respect of some phenomena. Other techniques and measures may also assist in demonstrating electromagnetic resilience of equipment or systems.

Table B.3 – Additional system design techniques and measures that may provide evidence of the achievement of functional safety with regard to electromagnetic disturbances

	Overview			Importance				Reference for further information
				SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	Defensive programming, using various techniques and measures (e.g. those listed in this table) to detect anomalous control flow, data flow or data values and react in an appropriate manner to maintain the SIL.	a) Range checking the values of all variables (not just IOs). A number of bands are defined for the value of each variable. (Typical example of 3 bands: i) normal operation, ii) warning zone, iii) out of range.)		R	R	HR	HR	
		b) Sequence checking	For systems intended for continuous operation.	HR	HR	HR	HR	
			For on-demand systems.	R	R	R	R	
		c) Correct rounding and resolution in all calculations (e.g. according to IEEE STD 754).		HR	HR	HR	HR	
	Limited use of memory address pointer variables, to reduce impact of memory corruption.	For systems intended for continuous operation		HR	HR	HR	HR	
		For on-demand systems		R	R	R	R	
	Avoid use of recursion, to reduce the impact of corruption of program execution.			HR	HR	HR	HR	
	Error detection and error correction for invariable memory (i.e. program memory).	a) Signature of a word or block of data, to detect all one-bit and multibit failures within a data word, plus a high proportion of all possible bit failures in a block, depending on the strength of the CRC used.		R	R	HR	HR	
		b) Block replication with inversion to detect all bit failures. Using diverse types of memory can improve the effectiveness of this technique.		HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
		c) Memory boundary protection, to prevent incorrect areas being over-written in the following types of memory: – program – stack – statically-allocated variables – heap (dynamically allocated variables) – inputs – outputs		R	R	HR	HR	
	Error detection and adequate level of error correction by using redundancy with diversity of hardware and/or software.		For systems intended for continuous operation.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
			For on-demand systems.	R	R	HR	HR	

Overview			Importance				Reference for further information
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
Error detection and error correction using time-based redundancy in transmission (within the process safety time). The information is transferred several times, and the results stored and compared.			R	R	HR	HR	
Error detection and adequate level of error correction for variable memory ranges (e.g. RAM):	a)	Using test patterns that detect malfunctions in the storage and retrieval of data in memory.	R	R	HR	HR	
	b)	Parity bit: every data word is extended by a single (parity) bit to detect 50 % of all possible bit failures in memories, buses or I/O registers.	R	R	R	R	
	c)	Block replication with inversion to detect all bit failures. Using diverse types of memory can improve the effectiveness of this technique.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
Error detection and error correction for memory, bus and interface monitoring. Use error-detection codes (EDC) or error-correction codes (ECC) based on information redundancy (e.g. CRC or Hamming codes).			R	R	HR	HR	
Error detection for logic and data processing units:	a)	Self-test supported by hardware (one-channel).	HR	HR	HR	HR	
	b)	Coded processing (one-channel): Benefits assessed for the particular implementation, and the analysis recorded in the safety case.	R	R	R	R	
	c)	Reciprocal comparison by software. Two or more processing units cross-check their data: results, intermediate results, and test data. Using diverse hardware and/or software improves the effectiveness of this technique as regards the common-cause effects typical of electromagnetic disturbances.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
	d)	Self-test by software.	NR	NR	NR	NR	
Error detection and error correction/recovery (on system level) for electromechanical components. Monitoring should detect chatter (e.g. in relays) and partial operation of actuators. 'Burn-out' or 'paralysis' failures should be designed to achieve a safe state. When using redundancy, diverse hardware and/or software improves the effectiveness as regards the common-cause effects typical of electromagnetic disturbances.			HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
Error detection and error correction/recovery (on system level) for electronic components:	a)	Testing by additional hardware. Effectiveness depends on diagnostic coverage and diagnostic test interval compared to the process safety time.	R	R	R	R	
	b)	Detecting static failures by using dynamic signals.	R	R	R	R	
	c)	Standard test access port and boundary-scan architecture.	R	R	R	R	

	Overview			Importance				Reference for further information
				SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
		d) Monitored redundancy: compares the behaviour of two or more redundant channels. Using diverse hardware and/or software improves the effectiveness of this technique as regards the common-cause effects typical of electromagnetic disturbances.		R	R	HR	HR	B.2.2.2
		e) Automatic self-test periodically checks the hardware.		R	R	R	R	
		f) Analogue signals are used in preference to digital on/off states. Trip or safe states are represented by analogue signal levels, which can be continuously monitored for credibility.		HR	HR	HR	HR	
		g) Content credibility checking, using known relationships within a dataset to detect corruption.	For systems intended for continuous operation.	HR	HR	HR	HR	
			For on-demand systems.	R	R	R	R	
	Error detection and error correction/ recovery (on system level) by monitoring the temporal and logical program sequence:	a) External watch-dog timer with separate time base but without a time-window. Not triggered at a fixed period, but a maximum interval is specified. Only to be used if b) or d) cannot be used.		R	R	NR	NR	
		b) External watch-dog timer with separate time base and time-window. The triggering points shall be correctly placed in the program, with both lower and upper time limits set.		HR	HR	HR	HR	
		c) Logical monitoring of the sequence of individual program sections, using software. Can use counting procedures, key procedures or external monitoring facilities. It is important that checking points are correctly placed in the program.		R	R	HR	HR	
		d) Combination of temporal and logical monitoring of program sequences. Combines b) and c) above to retrigger a temporal facility (e.g. an external watch-dog timer) only if the sequence of the program sections is executed correctly. This technique is preferred over a), b) and c) above.		R	R	HR	HR	
	Error detection and error correction by using multi-channel input or output interfaces with comparison. Using diverse hardware and/or software improves the effectiveness of this technique as regards the common-cause effects typical of electromagnetic disturbances.			R	R	HR	HR	B.2.2.2
	Test patterns for interfaces and buses detect static failures and cross-talk, particularly in input and output units (digital, analogue, serial or parallel), to prevent sending incorrect inputs or outputs to the process.			HR	HR	HR	HR	

M	The technique or measure is a mandatory requirement and shall be carried out for this safety integrity level (or systematic capability).
HR	The technique or measure is highly recommended for this safety integrity level (or 'systematic capability') and shall be carried out unless there is a technical justification for not doing it. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be fully detailed during the safety planning and agreed upon with the assessor.
R	The technique or measure is recommended for this safety integrity level (or systematic capability) and should be carried out as a lower recommendation to a HR recommendation.
When a technique or measure is recommended it is considered to be more likely to achieve the desired result than alternative techniques or measures. If it is not mandatory or highly recommended, an alternate technique or measure may be justified.	

B.2.2 Some further details on the design techniques and measures

B.2.2.1 System requirements and design specifications

To comply with the requirements' specification, functional safety designers and independent safety assessors should take fully into account the fact that electromagnetic disturbances can cause an effectively infinite variety of:

- noisy, degraded, distorted, false, delayed, re-prioritised, under/overvoltage, etc., signals/data, both intermittently and continuously;
- under/overvoltages, noises, dropouts and interruptions, lasting from less than one microsecond to many seconds, minutes, even permanent, in one or any number of AC or DC power supplies, both intermittently and continuously;
- waveform distortions, frequency perturbations in one or any number of AC power supplies, plus phase and voltage imbalances in multi-phase supplies;
- combinations of the above occurring in one or more, or all, signal paths or power supplies, simultaneously or in any time or phase relationship.

B.2.2.2 Hardware diversity

Examples of hardware diversity in redundant channels are given below:

- Different physical principles, such as sensing different but related physical parameters, for example: temperature and pressure of a sealed vessel, the use of resistances and thermocouple voltages to measure temperature, etc.
- Different digital architectures, such as using processors with different internal structures or algorithms that use different techniques to solve the same equation.
- Different methods of physical realisation, such as using shielded cables, wireless or fibre-optic for communications.
- Spatial separation, so that an ionizing radiation track is unlikely to cause an upset in all of the redundant channels.
- Different locations for items of equipment and different routing for cables.
- Different circuit design principles, such as operating on a signal whose value is represented as a voltage, a current, a frequency, a mark-space ratio, a digital code, etc.
- Functional diversity, the use of different approaches to achieve the same result, such as analogue, digital or optical electronic technologies.

  Mechanical, hydraulic and pneumatic technologies have the advantage of being immune to all electromagnetic disturbances and may be able to be used to great benefit in some situations.
- Inversion of data or signals.
- Different offsets, encoding, amplitude ranges of data or signals.
- Where different channels are synchronised to the same clock, operate them out of step with each other. Ideally, operate redundant channels completely unsynchronised.

- Provide different channels with power from different, independent sources.

Adequate diversity will not be demonstrated solely by using different types of functionally equivalent hardware items, whether they are obtained from the same or different manufacturers.

It may be possible to suspend the operation of the safety function for a period of time until the channels agree once more, without degrading the safety integrity.

This helps maintain availability by reducing the number of times the system fails to a safe state as the result of temporary or transient electromagnetic disturbances, and so reduces the possibility that users will modify the system to compromise the correct operation of the safety function (an example of foreseeable misuse).

This approach requires a comparator (for two redundant channels) or voting function (for three or more redundant channels) that is sufficiently reliable and adequately resilient to electromagnetic disturbances at the required SIL. This voter should have a reliability (despite electromagnetic disturbances) corresponding to the improvement in confidence that is the purpose of using the multiple redundant channels. Various techniques may be used to do this, for example dynamic self-testing.

Where such voting is used it can be assumed that (given sufficient confidence in the diverse behaviour of the channels as regards electromagnetic disturbance) the channels that meet the requirements of the voting function are operating correctly. Whilst the voting result is positive the system can maintain the correct operation of the EUC without any need to fail to a safe state.

In the absence of a safe state, the use of a sufficient number of redundant diverse-technology channels with three of more redundant channels and a voting function is one of the most important methods for maintaining safety integrity.

The effective use of redundancy techniques requires the functional requirements specification for the redundant channels to contain no significant errors.

B.2.2.3 Examples of good EMC design engineering practices

EMC engineering practices should include partitioning of printed circuit boards (PCBs), units/modules/subassemblies/products, systems, installations, networks, etc., into different electromagnetic zones (see IEC 61000-5-6), and also into lightning protection zones, usually the same zones (see IEC 62305 series of standards), segregated by physical space and/or other electromagnetic mitigation techniques. Examples are:

- electronic/electrical design appropriate for each electromagnetic zone;
- choice of electronic, electromechanical and electrical components appropriate for each electromagnetic zone;
- communications design (within and between electromagnetic zones);
- PCB design and layout (often incorporates several electromagnetic zones);
- power converter design for example AC-DC, DC-DC, DC-AC, AC-AC (generally located at electromagnetic zone boundaries);
- enclosure design for units/modules/subassemblies and products (should incorporate at least two ‘electromagnetic zones’);
- mitigation techniques such as filtering, shielding, galvanic insulation, surge and transient suppression, etc. (generally located at electromagnetic zone boundaries);
- system design (generally incorporates several electromagnetic zones); and
- installation and network design (should incorporate at least two ‘electromagnetic zones’).

B.2.2.4 Information on any constraints and/or additional measures required for installation and commissioning

Measures required for installations and commissioning include, but are not limited to, the provision of:

- any constraints on physical positioning of the items of equipment that comprise the safety-related system;
- any constraints on types, lengths and routing of power, control and signal interconnecting cables;
- the methods to be used when terminating any cable screens (shields);
- the types of connectors to be used and any special assembly requirements;
- the electrical power supply requirements (power quality);
- any additional screening (shielding) required, and how it should be installed;
- any additional filtering required, and how it should be installed;
- any additional overvoltage and/or overcurrent protection required, and how it should be installed (e.g. by referencing the appropriate requirements in IEC 62305 series);
- any additional power conditioning required (e.g. a reliable UPS);
- any additional electrostatic discharge protection requirements (e.g. control of humidity);
- any additional physical protection required (e.g. against the possibility of extreme physical and/or climatic conditions);
- the earthing (grounding) and bonding requirements for the installation;
- the procedures and materials to be used; and
- any protection that is required against corrosion over the lifecycle.

Proper installation and commissioning, with regard to the constraints and additional measures, should be competently checked before the system is first operated, and regularly during its lifecycle, depending on the SIL.

B.2.2.5 Examples of verification and/or validation methods

In order to achieve a sufficient level of confidence in electromagnetic resilience the following methods can be used:

- demonstrations using any appropriate methods to show that the specification has been met by the design;
- checklists, to ensure that design techniques and measures have been observed, applied and implemented correctly;
- inspections, to check that assembly and installation have correctly followed their designs;
- reviews and assessments, usually performed by experts, to ensure compliance with the objectives on each phase of the lifecycle and the various stages of the activities within each phase;
- independent reviews and assessments;
- audits, which include verification processes for specification, design, assembly, installation;
- practical demonstrations of normal operation, and plausibly abnormal operations;
- non-standardised checks and tests;
- individual and/or integrated hardware tests: different parts of the final assembly or system are assembled step-by-step with checks and tests applied to ensure that they function correctly at each step;
- validated computer modelling, simulation, etc.;

- EMC tests for emissions and immunity, on individual parts of the safety-related system and on the whole system at its highest practicable level of assembly, to ensure compliance with the functional EMC test standards that would normally be applied for the electromagnetic environment over the whole lifecycle; and
- modifying the normal immunity tests (above) to provide greater coverage of the possible effects of electromagnetic disturbances, for example by:
  - significantly increasing test levels;
  - modulating CW disturbances with frequencies or wave shapes to which a design might be especially susceptible;
  - applying two or more disturbances at once to which a design might be especially susceptible (e.g. multiple frequencies during conducted or radiated tests to cause intermodulation in the tested design);
  - applying different wave shapes on transient tests (surge, ESD, etc.); and
  - performing larger numbers of transient tests to cover a greater proportion of the range of possible equipment states.

Annex C
(informative)

Information concerning performance criteria and test methods

Figure C.1 provides an overview of the effects allowed on the different functions of an EUT during immunity testing. A separation of non-safety-related and safety-related functions during immunity testing is often not possible because the diagnostic and monitoring functions of the EUT are active at all times. Figure C.2 explains how to perform tests in case the EUT reacts on disturbances.

Reactions of an EUT to immunity testing are, for example, entering a defined state, entering an undefined state, standard functions are being affected, or component damage. Component damage is not allowed under normal EMC conditions but is allowed under safety immunity testing. Normal immunity testing should be performed according to generic, product or product family standards (e.g. IEC 61000-6-2) while meeting performance criterion A, B, or C (depending on the applied electromagnetic phenomenon).

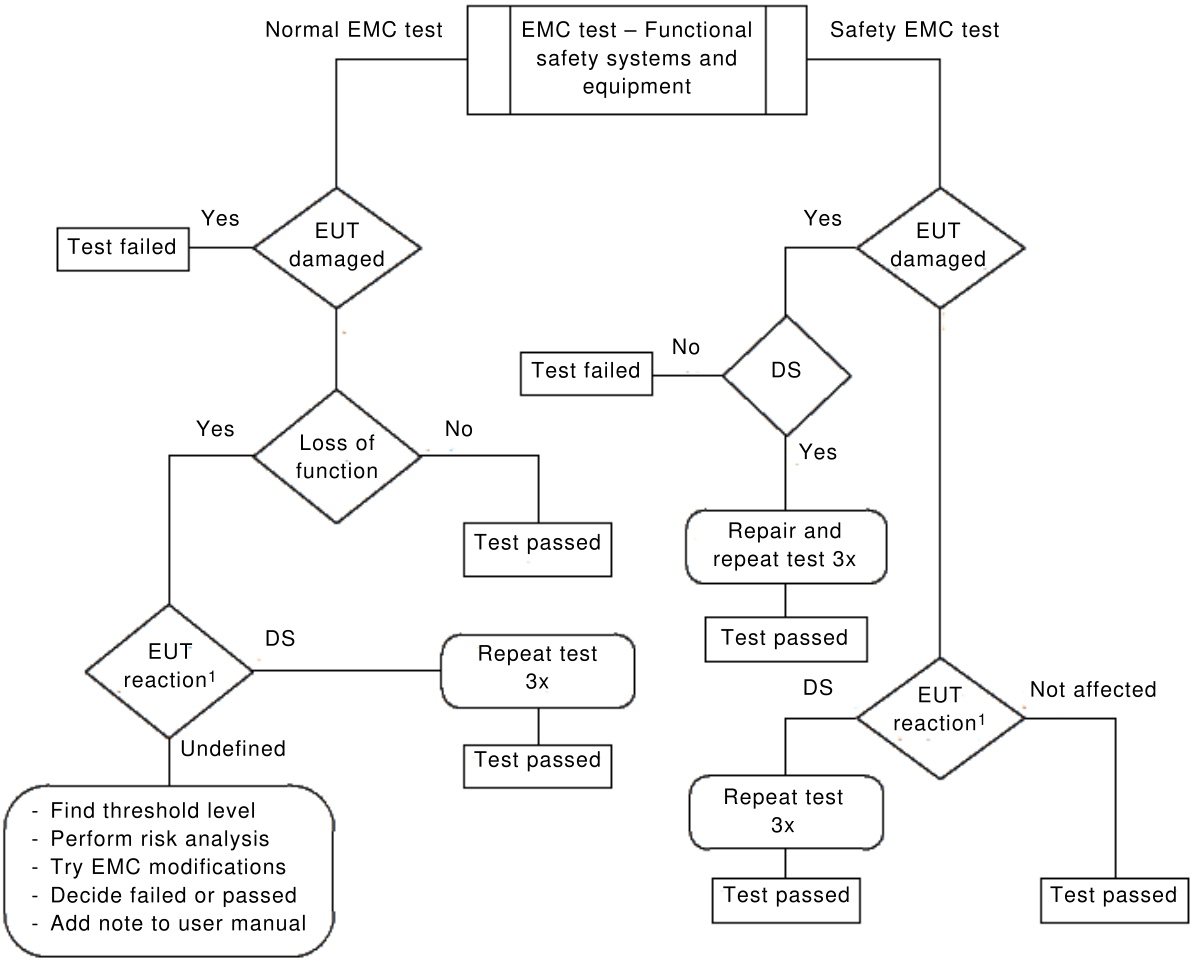


Figure C.1 – Allowed effects during immunity tests

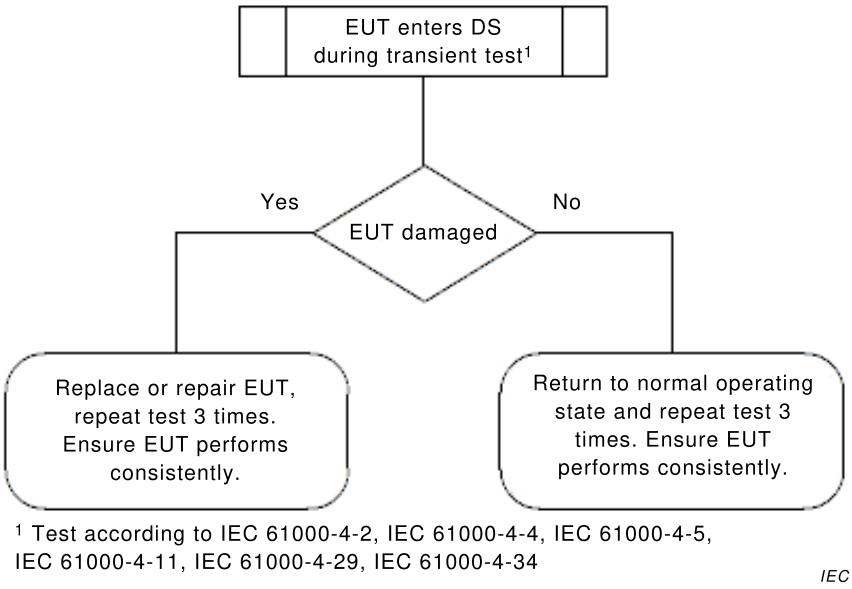


Figure C.2 – Example of performance of tests after reaction of EUT

Annex D
(informative)

Considerations on the relationship between safety-related system, element, equipment and product, and their specifications

D.1 Relationships between the terms: Safety-related system, element, equipment and product

Annex D intends to explain the different relationships between the terms safety-related system, equipment, elements and product as used in this document.

For the purposes of this document, a safety-related system should be understood to include one or more items of equipment. In turn, each item of equipment should be understood to comprise one or more products. This concept is shown in Figure D.1 below.

A product (or assembly of products) which is intended to undertake one or more element safety functions (and therefore intended to be used as part of a safety function) is known as an element. Therefore 'element' is generally used to describe equipment that is intended for application in a safety-related system, which has an associated claim for compliance with aspects of IEC 61508 applied to it.

The claims relating to the element that are relevant to an assessment of compliance with IEC 61508 (including EMC claims) should be recorded in the element's safety manual for compliant items.

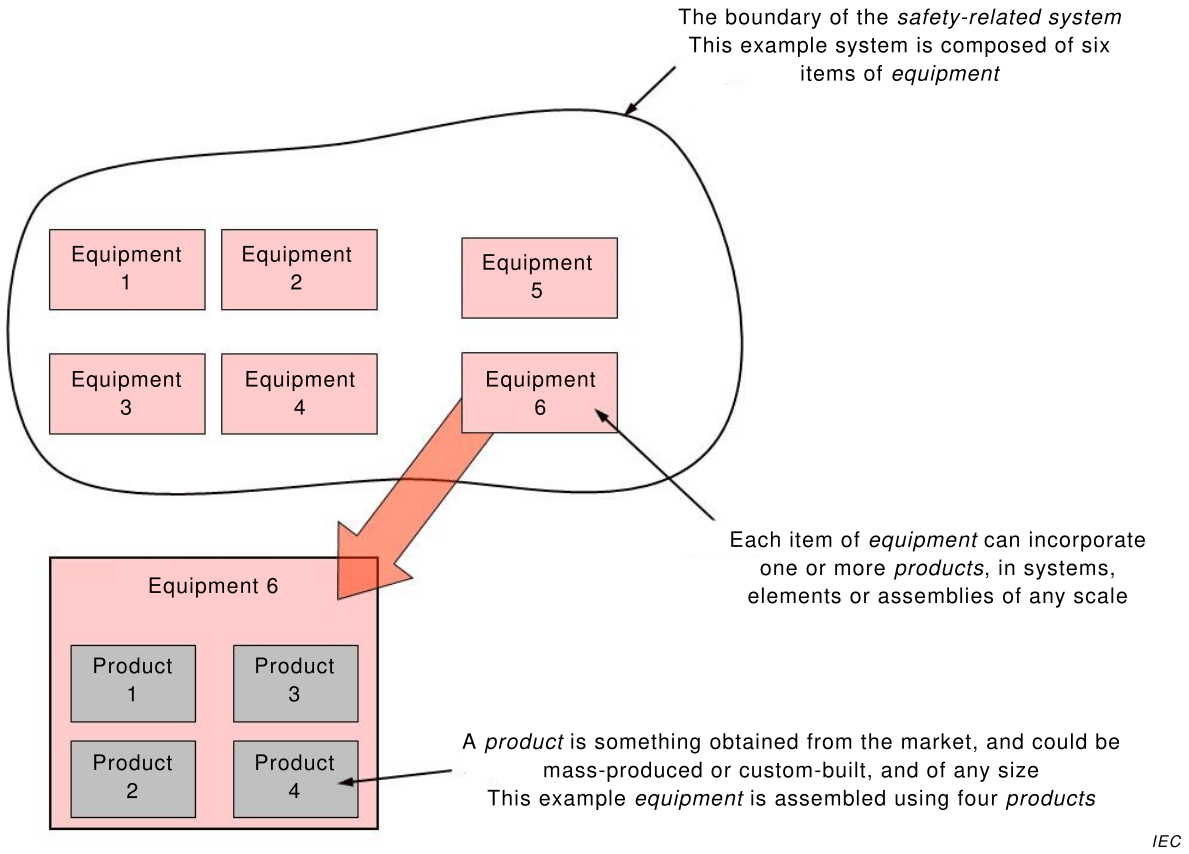


Figure D.1 – Relationships between the safety-related system, equipment and products

D.2 Relationship between electromagnetic mitigation and electromagnetic specifications

D.2.1 E/E/PE system safety requirements specification

The maximum electromagnetic environment that the safety-related system is exposed to over the lifetime is the basis for the electromagnetic characteristics specifications in the E/E/PE system safety requirements specification.

D.2.2 Equipment requirements specification

An ERS is created for each item of equipment within the safety-related system. For example, this may be applied on a system-wide, or per-element basis depending on the application. Included in each ERS is an electromagnetic characteristics specification based upon the maximum electromagnetic environment expected over the lifetime for that particular item of equipment.

It is the job of the designer of the safety-related system to create the ERS for each item of equipment (or element), including its electromagnetic specifications.

The electromagnetic specification in an ERS depends upon the E/E/PE system safety requirements specification and should further take into account the situation provided by mitigation measures applied on the system level. It should be noted that the ERS might also need to protect certain equipment from the electromagnetic emissions from other parts of the safety-related system, i.e. to take into consideration aspects of the intra-system EMC. The application of electromagnetic zoning concepts is useful in the design of mitigation measures (see IEC 61000-5-6).

This document generally assumes that the designer of the safety-related system creates the ERS, and that the various equipment designers (working for the same or supplier organizations) choose the products to use within their items of equipment so as to comply with the relevant equipment requirements specification. This situation is typical of large industrial or commercial installations. In cases where the safety-related system is small enough, ERS might not be required.

D.2.3 Product specifications

These are created by the product manufacturers for their own products, and contain electromagnetic characteristics specifications that will often be related to IEC EMC standards. But it is important to understand that product specifications may be based on general knowledge of the electromagnetic requirements rather than specific knowledge of the E/E/PE system safety requirements specification or ERS for a particular safety-related system.

This means that product specifications may not satisfy the electromagnetic characteristics required by an ERS for a given safety-related system.

It is the job of the designer of an item of equipment to achieve the electromagnetic specification in its ERS, using the product specifications and electromagnetic mitigation measures, as described in D.2.4 below. This should also take into account the possibility of interference between the various products comprising the equipment.

D.2.4 Overview of the relationships between the SSRS, the various ERSs, and product specifications

Figure D.2 shows an overview of an example of the process by which commercially available products are made suitable for the maximum electromagnetic environment they might encounter when used in the safety-related system.

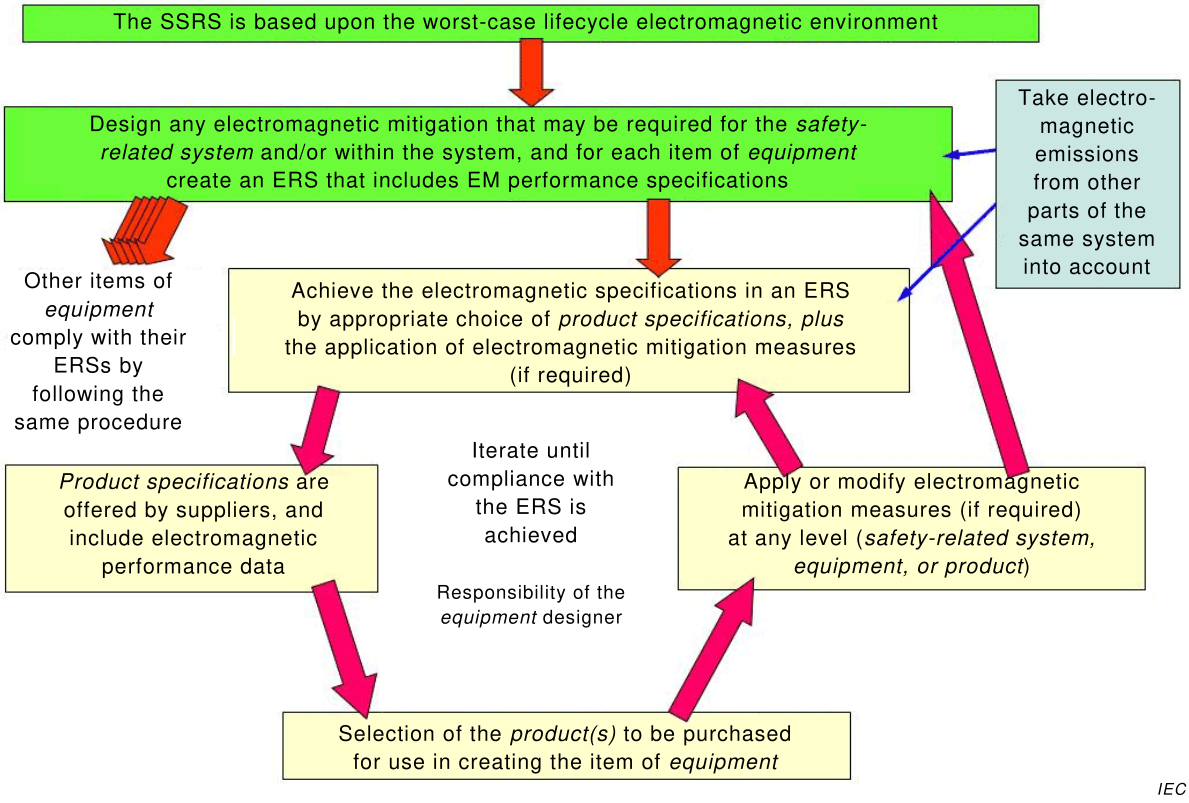


Figure D.2 – The process of achieving the electromagnetic specification in the SSRS, using commercially available products

A typical industrial safety-related system uses products purchased from manufacturers' or distributors' catalogues. Where the equipment designer is faced with an ERS that is more stringent than the purchased product specifications, electromagnetic mitigation measures need to be employed. The equipment designer may use electromagnetic zones to ensure that the available products can be used to comply with the ERS.

Where a particular item is not available as a standard product, the equipment designer might choose to commission one to be specially made.

Annex E
(informative)

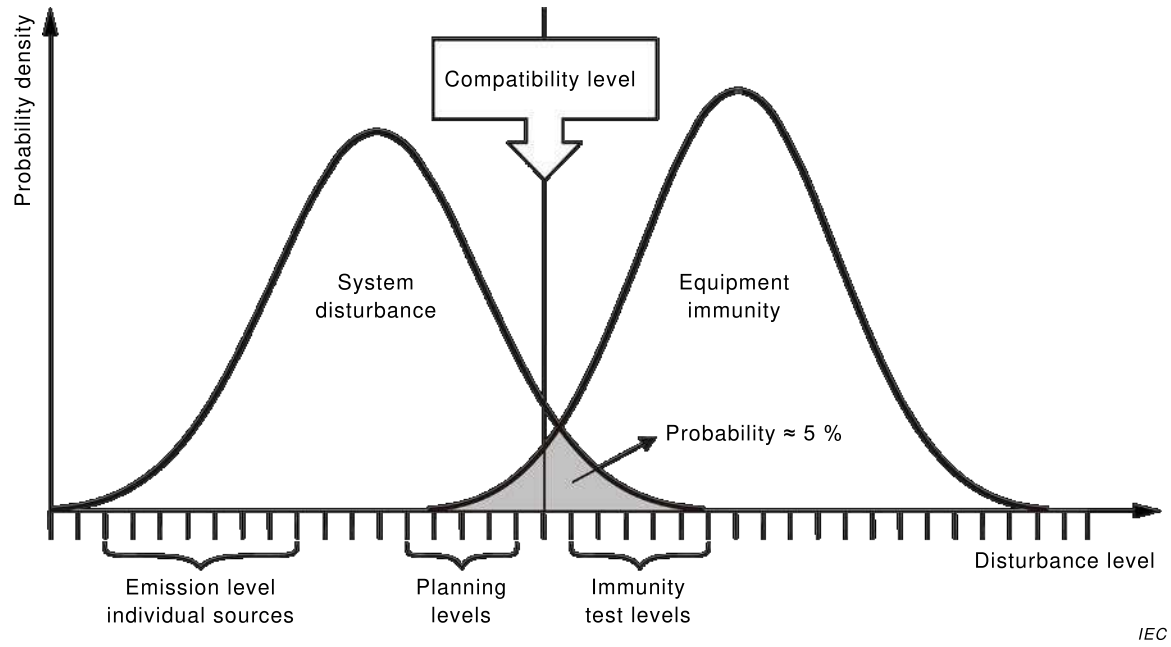
Considerations on electromagnetic phenomena and safety integrity level

Annex E provides some considerations on the topics of electromagnetic phenomena and SIL.

The quantitative description of the required immunity against electromagnetic phenomena is established in practice by the introduction of appropriate immunity tests, immunity test levels and particular performance criteria. This is a difficult and crucial task because different approaches and strategies for the EMC and functional safety areas have to be considered and have to be brought together.

The classical approach for deriving electromagnetic immunity levels for EMC can be demonstrated by means of Figure E.1 (for further details see IEC 61000-2-5). The left curve of this figure shows the probability density of the occurrence of electromagnetic disturbances resulting from the emissions from individual sources (that is, the system disturbance level).

The curve on the right represents the probability density of the immunity behaviour of equipment against electromagnetic disturbances. In spite of the fact that immunity levels are normally given as discrete quantitative values, a probabilistic curve exists. This curve reflects the fact that often equipment may have a higher immunity than the required one (the immunity is normally tested with respect to the required level only). This curve also shows that there is a variation in the actual immunity, due to tolerances in the equipment itself and uncertainties with the test equipment and the test performance.



NOTE An example of emission/immunity levels for a single emitter and susceptor is shown as a function of some independent variables (e.g. burst amplitudes or field strength levels)

Figure E.1 – Example of emission, immunity and compatibility levels

For a quantitative description of this situation a compatibility level is introduced and chosen as a reference level for the description of disturbances. Such compatibility levels for the various electromagnetic phenomena are given for example in IEC 61000-2-5. They can be used as a starting point for deriving immunity levels which usually have to be higher than the compatibility levels. As a consequence, electromagnetic compatibility can only be achieved if

the emissions and immunity levels are controlled so that the resulting disturbance levels from the cumulative emissions are sufficiently lower than the immunity level for every device, equipment, and system at each location. It should, however, be noted that compatibility levels may be phenomenon, time and location dependent.

From the shape of the curves in Figure E.1 it can be concluded that an increasing margin between the compatibility level and the applied immunity level leads to a reduced occurrence of interference situations and therefore to a “better” EMC.

In practice the immunity levels are derived so that the potential overlap between the curve indicating the disturbance levels and the curve indicating the immunity levels is in the range of a few percent (typically up to 5 % as shown in Figure E.1). This approach represents a technical/economic compromise, which allows specified immunity levels which are not high enough to avoid interference in some cases. The overlap of 5 % does not necessarily mean that there are interferences in 5 % of the installations where these components are used. The resulting probability of interference is normally much lower as explained in Clause A.6 of IEC 61000-1-1:1992.

Theoretically it should be possible to derive immunity levels in such a way that the remaining probability of interference remains below a certain probability. In practice, however, this task cannot be solved in a reasonable way, because:

a) The curves in Figure E.1 show the principal behaviour of the probability of emissions and immunity and the positions of compatibility and immunity levels. These curves are phenomenon, time and/or location dependent. Hence a potential knowledge of such probabilistic density curves for a particular phenomenon at a particular installation cannot be transferred to any other arbitrary electromagnetic phenomenon and installation.
b) The actual knowledge of such probabilistic curves is relatively poor for most electromagnetic phenomena. Indeed, detailed information is available only for a few phenomena (as for example for the topic of lightning protection and the area of surge pulses). But also in these cases the knowledge exists more or less regarding the phenomenon itself (in the case of lightning by means of isokeraunic curves), and not so much in the electromagnetic stresses consequently acting upon an equipment.

Even for the case of relatively well known probabilistic curves it can be expected that they are relatively well known in those ranges where their amplitudes are some percent or several tens of percent. This, however, cannot be considered as sufficient when looking at probabilistic requirements as they are defined by the SIL. Here the engineers of a safety-related system take into account probabilities of 10^{-5} to 10^{-9} failures per hour for a safety function. This mathematical approach is impossible regarding electromagnetic phenomena as the knowledge of the electromagnetic environment is insufficient in this respect. For hardware failures, data are available. This is not the case for failures as a result of electromagnetic phenomena.

From these boundary conditions it can be concluded that in most cases there will be no evident and provable way to find a reasonable correlation between the compatibility level of disturbances within an installation, the immunity level for an item of equipment to be installed as a part of a safety-related system in such an installation, and the SIL to be achieved for the system. Without such a correlation, however, no grading can be established for the immunity levels of equipment in terms of SIL.

The only practical way to derive appropriate immunity levels is to take into account the particular electromagnetic environment in which the safety-related system is intended to be used and to determine immunity levels for functional safety by means of technical arguments. The compatibility levels can be used only as a kind of basis for deriving the required immunity. Since no probabilistic data can be taken into account, the derived immunity levels are basically applicable for all the safety-related systems in this particular environment, independent of the required SIL.

An example may illustrate this situation. When considering the phenomenon of immunity against radiated electromagnetic field strengths, two cases result for a particular situation:

a) If the corresponding assessment shows strong RF fields are not present during the anticipated lifetime of the safety-related system (for example excluded by means of organisational measures), even considering foreseeable use and misuse, the test levels could be based upon a standard immunity level. This immunity level could be derived for example from a generic standard applicable to the electromagnetic environment under consideration. This only applies to the frequency range covered by the standard used to derive the immunity level. Outside that frequency range, other guidance should be sought (e.g. from other standards). The derived immunity level can be used independently of the particular SIL to be established for that installation.

b) If handheld radio transmitters could be used in the close vicinity of relevant equipment, it is necessary to derive the maximum field strength level produced by such transmitters and to determine the corresponding immunity level to be applied. Normally there will be no reasonable determination of the probability of the occurrence of such field strength levels (they may occur during maintenance, repair or supervision activities, which by their nature cannot be predicted), at least not in such a way as to have an evident relation concerning the very low probabilities as allowed for the various SILs. Hence the immunity for the equipment has to be derived in such a way that it is immune against the field strength levels independently of the number of occurrences of these levels and therefore also independently of the required SIL.

The introduction of such immunity levels, derived by means of technical arguments, can be considered as the simplest possibility to overcome the problems of the unknown statistical and probabilistic parameters. It provides at the same time the maximum confidence that the maximum levels are taken into account. As a further benefit this concept of determining increased immunity levels results in the fact that no SIL dependent test levels are required.

Annex F
(informative)

EMC safety planning

F.1 Basic structure

EMC safety planning is a structured process with several steps and activities. The basic structure as well as its relation to the safety assurance process can be demonstrated by the diagram in Figure F.1.

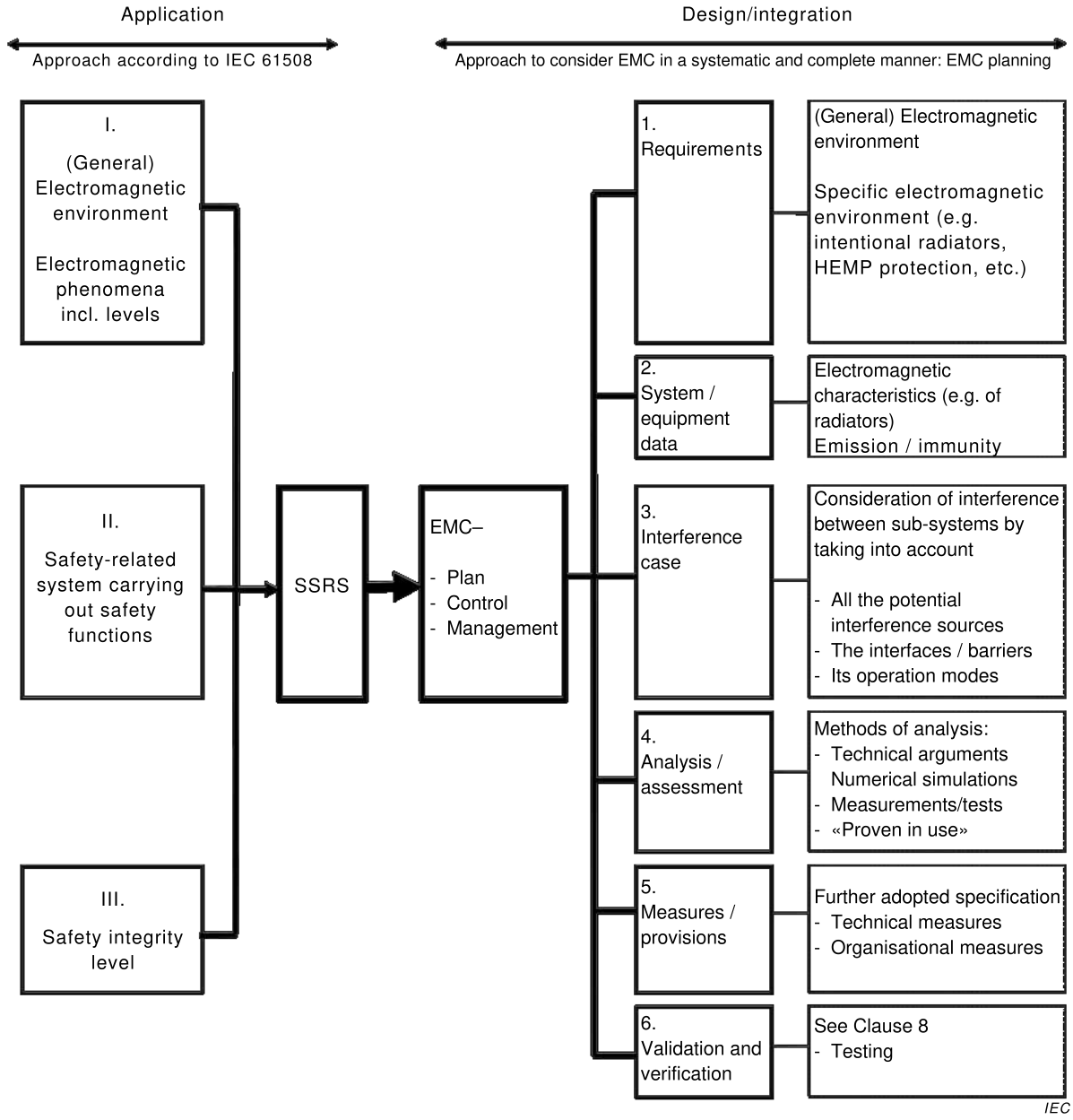


Figure F.1 – EMC safety planning for safety-related systems

F.2 Requirements

The type/character of the electromagnetic environment in which the safety-related system is intended to be operated represents one of the basic inputs into the E/E/PE system safety requirements specification, which then continues into the technical requirement specifications for the system and for all of the equipment within it.

Depending on the electromagnetic phenomena and their levels, which are identified to be relevant for this environment, corresponding immunity tests and immunity levels can be derived and associated with appropriate performance criteria for the equipment. This results in one or more equipment requirement specifications for equipment intended to be used in the safety-related system. Fulfilment of the equipment requirement specification represents a precondition for the achievement of functional safety for the integration of the equipment into the safety-related system.

NOTE It may be necessary to apply additional electromagnetic mitigation measures to products to comply with the ERS identified during the process of EMC safety planning.

In many cases a general description of the electromagnetic environment is all that is required to derive the immunity requirements for the ERS. However, in some cases this general description may have to be modified due to the presence of particular equipment (e.g. ISM group 2 equipment) or due to equipment planned to be installed in the future. Either of these could result in a modified electromagnetic environment.

Therefore it has to be determined whether the actual electromagnetic environment differs from the general one with respect to some particular electromagnetic phenomena. This consideration may lead to particular immunity requirements on system as well as on equipment level, and/or to mitigation measures to reduce emissions or to improve immunity.

F.3 System/equipment data

In order to assess and to ensure that the resultant configuration will be electromagnetically immune against potential disturbances produced by the system and all its equipment (internal electromagnetic disturbances) as well as by systems and equipment in the external electromagnetic environment, all items of equipment shall be identified and described in terms of electromagnetic aspects. This description may partly be based on site surveys, technical specifications, experience, etc. Potential interference sources, coupling mechanisms, and interfaces shall be identified and described as well.

F.4 EMC matrix

On the basis of the identified equipment, a matrix shall be created that reflects all potential interference situations between all of the items of equipment and/or products, both within the system and external to the system. Within this matrix all operational modes and all types of coupling shall be considered.

F.5 Analysis/assessment

All cases of potential interference revealed by the EMC matrix shall be analysed and assessed in a systematic manner. Furthermore, criteria may be defined which indicate to what extent and depth each individual analysis has to be performed.

F.6 Measures/provisions

Beside the fact that the equipment shall be specified to be in compliance with immunity requirements, measures might need to be applied in order to ensure immunity on the system

level. In the event that the analysis and assessment show that harmful interference is expected to take place, additional mitigation measures shall be applied to prevent this.

It shall be noted that corresponding measures should not be restricted to increase the immunity only. In particular cases it might be more convenient to apply measures to an interference source.

F.7 Validation/verification

For the safety-related system, compliance with the E/E/PE system safety requirements specification has to be demonstrated (see Clause 8). This can be done by means of an EMC test plan for the system.

Bibliography

Technical information on functional safety

LIMNIOS, N. *Arbres de défaillances.* Paris: Editions Hermès, 1991. 183 p. (Handbook)

Guidance document on EMC and Functional Safety, The IET, http://www.theiet.org/factfiles/EMC/index.cfm,

BROWN SJ. EMC and Safety related Systems. *Proceedings of the IEE International Conference on EMC, Coventry 1997*

JAEKEL, Bernd. Considerations on immunity test levels and methods with regard to functional safety. In LEWANDOWSKI, G. and JANISZEWSKI, JM (ed.). Electromagnetic Compatibility 2006. Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2006, p. 187-192, ISBN 83-7085-947-X

ARMSTRONG, Keith. *Why EMC Immunity Testing is Inadequate for Functional Safety, 2004* IEEE International EMC Symposium, Santa Clara, California, USA, August 9-13 2004, ISBN 0-7803-8443-1, pp 145-149. Also published in Conformity, March 2005, pp 15-23, http://www.conformity.com

ARMSTRONG, Keith. *Design and Mitigation Techniques for EMC for Functional Safety, 2006* IEEE International EMC Symposium, 14-18 August 2006, Portland, Oregon, USA, ISBN: 1-4244-0294-8.

Parker, W H, Tustin, W and Masone, T. *The Case for Combining EMC and Environmental Testing,* ITEM 2002 pp 54-60, http://www.interferencetechnology.com

BROWN, Simon and RADASKY, William. *Functional Safety and EMC,* IEC Advisory Committee on Safety (ACOS) Workshop VII, Frankfurt am Main, Germany March 9/10 2004.

WILLIAMS, Tim and ARMSTRONG, Keith. *EMC for Systems and Installations*, Newnes, 2000, ISBN: 0-7506-4167-3

“Dependability of Computer Systems”, EWICS Technical Committee 7, Elsevier Applied Science1989 ISBN 1851663819

“Using Software Protocols to Mask CAN BUS Insecurities”, B R Kirk, IEE Colloquium on the Electromagnetic Compatibility of Software, Thursday, Savoy Place, London, WC2R OBL, 12 November 1998, IEE document reference 98/471, available from the IEE Library at Savoy Place, libdesk@theiet.org, or archives@theiet.org, telephone 020 7344 8407, fax: 020 7344 846.

“System Software Support For Possible Hardware Deficiency”, Thomas Kägi, PhD Thesis, 2012, Faculty of Computing, London Metropolitan University.

Article on Defensive Programming, at:
www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Defensive_programming.html

NASA Software Safety Guidebook, from:
www.fmeainfocentre.com/handbooks/nasasoftwareguidbook.doc

IEEE STD, 754-2008, from
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4610933

"Using EMC HALT for risk and fault assessment" by Per Thaastrup Jensen, Proceedings of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2013), Brugge, Belgium, September 2-6, 2013, ISBN 978-1-4673-4980-2

Guides on 17 different EM phenomena and their EMC tests (including how to extend them to provide better 'coverage' of real-life EM disturbances), Keith Armstrong, www.reo.co.uk/knowledgebase

"Developing Immunity Testing to Cover Intermodulation", W. Grommes and K. Armstrong, IEEE 2011 Int'l EMC Symp. Long Beach,ISBN: 978-1-45770810-7

"Testing for immunity to simultaneous disturbances and similar issues for risk-managing EMC", K. Armstrong, IEEE 2012 Int'l EMC Symp. Pittsburgh, PA, USA, August 5-10 2012, ISBN: 978-1-4673-2059-7.

Other publications

IEC 60050-191, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 191: Dependability and quality of service*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 61000-1-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*

IEC TR 61000-1-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems*

IEC 61000-2-X (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment*

IEC TR 61000-2-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 3: Description of the environment – Radiated and non-network-frequency-related conducted phenomena*

IEC 61000-2-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-2-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-13: Environment – High-power electromagnetic (HPEM) environments – Radiated and conducted*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

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

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

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-9, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 9: Pulse magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-10, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 10: Damped oscillatory magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*

IEC 61000-4-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*

IEC 61000-4-16, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*

IEC 61000-4-18, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test*

IEC 61000-4-19, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports*

IEC 61000-4-20, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*

IEC 61000-4-21, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*

IEC 61000-4-23, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-23: Testing and measurement techniques – Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances*

IEC 61000-4-24, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance*

IEC 61000-4-25, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP immunity test methods for equipment and systems*

IEC 61000-4-27, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-27: Testing and measurement techniques – Unbalance, immunity test*

IEC 61000-4-28, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency, immunity test*

IEC 61000-4-29, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests*

IEC 61000-4-34, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-34: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current more than 16 A per phase*

IEC TR 61000-5-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 1: General considerations – Basic EMC publication*

IEC TR 61000-5-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

IEC TR 61000-5-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-6: Installation and mitigation guidelines – Mitigation of external EM influences*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC TS 61000-6-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for power station and substation environments*

IEC 61508-1:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61508-2, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61508-4:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations*

IEC 61508-5, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels*

IEC 61508-6, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3*

IEC 61508-7, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 7: Overview of techniques and measures*

IEC 62305-1:2010, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2:2010, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO/IEC 2382-14, *Information technology – Vocabulary – Part 14: Reliability, maintainability and availability*

ISO 7137:1995, *Aircraft – Environmental conditions and test procedures for airborne equipment*

ISO 7637 (all parts), *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling*

ISO 10605, *Road vehicles – Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharges*

ISO 11451 (all parts), *Road vehicles – Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy*

ISO 11452 (all parts), *Road vehicles – Component test method for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy*

ISO 14302:2002, *Space systems – Electromagnetic compatibility requirements*

CISPR 16-4 (all parts), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4X: Uncertainties, statistics and limit modelling*

EN 50174-2, *Information technology – Cabling installation – Part 2: Installation planning and practices inside buildings*

EN 50174-3, *Information technology – Cabling installation – Part 3: Installation planning and practices outside buildings*

_____

SOMMAIRE

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 1-2: Généralités – Méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques, y compris les équipements, du point de vue des phénomènes électromagnétiques

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 61000-1-2 a été établie par le comité d'études 77: Compatibilité électromagnétique.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide IEC 104.

Cette première édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC TS 61000-1-2 parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- Alignement avec les modifications effectuées dans la toute dernière édition de la norme de sécurité fonctionnelle IEC 61508.
- Révision complète visant à transformer le présent document en norme internationale (en lieu et place de la précédente édition comme spécification technique).
- Nouvelle structure de l'Annexe B.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants.

FDIS	Rapport de vote
77/513/FDIS	77/519/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61000, publiées sous le titre général *Compatibilité électromagnétique (CEM)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La norme IEC 61000 est publiée en parties séparées, selon la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Lignes directrices d'installation et d'atténuation

Lignes directrices d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées comme normes internationales, spécifications techniques ou rapports techniques, dont certains ont déjà été publiés en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: IEC 61000-3-11).

Considérations particulières pour l'IEC 61000-1-2

L'objet de la présente norme internationale concernant la CEM et la sécurité fonctionnelle est de traiter des effets possibles des perturbations électromagnétiques sur les systèmes relatifs à la sécurité, ainsi que de spécifier des exigences pour les phases appropriées du cycle de vie d'un système relatif à la sécurité. L'objectif est de réaliser l'aptitude systématique précisée dans la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes électriques / électroniques/électroniques programmables du point de vue des aspects électromagnétiques.

Le présent document utilise, dans toute la mesure du possible, les normes de base applicables existantes de l'IEC. Il tient compte des travaux du SC 65A relatifs aux concepts de sécurité fonctionnelle de la série IEC 61508, ainsi que de ceux du CE 77 et des sous-comités relatifs aux environnements électromagnétiques. De plus amples informations sont données dans les publications de ces comités.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 1-2: Généralités – Méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques, y compris les équipements, du point de vue des phénomènes électromagnétiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 établit une méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle uniquement du point de vue des phénomènes électromagnétiques. Cette méthodologie inclut les conséquences qu'elle a sur les équipements utilisés dans ce type de systèmes et d'installations.

La présente norme:

a) s'applique aux systèmes et installations relatifs à la sécurité intégrant des équipements électriques/électroniques/électroniques programmables installés et utilisés dans des conditions de fonctionnement;

b) tient compte de l'influence de l'environnement électromagnétique sur les systèmes relatifs à la sécurité;

c) ne porte pas sur les dangers directs que font courir les champs électromagnétiques aux êtres vivants, ni sur la sécurité liée au claquage d'un isolant ou d'autres mécanismes, par lesquels les personnes peuvent être exposées aux dangers électriques.

Elle couvre principalement les aspects relatifs à la CEM des phases spécifiques à la conception et à l'application des systèmes relatifs à la sécurité et des équipements qui y sont intégrés, et traite notamment

- de certains concepts fondamentaux dans le domaine de la sécurité fonctionnelle,
- des diverses étapes spécifiques à la CEM nécessaires pour la réalisation et la gestion de la sécurité fonctionnelle,
- de la description et de l'évaluation de l'environnement électromagnétique,
- des aspects CEM du processus de conception et d'intégration prenant en compte le processus de la planification de la sécurité CEM tant au niveau des systèmes que des équipements,
- des processus de validation et de vérification concernant l'immunité aux perturbations électromagnétiques,
- du critère de performances et de certaines considérations en termes de théorie d'essai pour les systèmes relatifs à la sécurité et les équipements qui y sont intégrés,
- des aspects relatifs à la vérification par essai de l'immunité des systèmes relatifs à la sécurité et les équipements qui y sont intégrés par rapport aux perturbations électromagnétiques.

La présente norme internationale est applicable aux systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables (E/E/PE) relatifs à la sécurité destinés à satisfaire aux exigences de l'IEC 61508 et/ou des normes de sécurité fonctionnelle associées spécifiques à un secteur. La présente norme est destinée aux concepteurs, fabricants, installateurs et utilisateurs des systèmes relatifs à la sécurité et peut être utilisée comme guide par les comités IEC.

Pour les systèmes relatifs à la sécurité couverts par d'autres normes de sécurité fonctionnelle, il convient de tenir compte des exigences de la présente norme afin d'identifier

les mesures appropriées qu'il convient de prendre par rapport à la CEM et à la sécurité fonctionnelle.

NOTE La présente norme peut également être utilisée comme un guide pour la prise en compte des exigences CEM concernant les autres systèmes qui contribuent directement à la sécurité.

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).

IEC 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC TR 61000-1-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 61000-2-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-5: Environnement – Description et classification des environnements électromagnétiques*

IEC 61000-4-X (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

IEC 61000-4-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-1: Techniques d'essai et de mesure – Vue d'ensemble de la série CEI 61000-4*

IEC 61000-6-7, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-7: Normes génériques – Exigences d'immunité pour les équipements visant à exercer des fonctions dans un système lié à la sécurité (sécurité fonctionnelle) dans des sites industriels*

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-161 ainsi que les suivants s'appliquent:

3.1.1
dégradation (de fonctionnement)
écart non désiré des caractéristiques de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par rapport aux caractéristiques attendues

Note 1 à l'article: Une dégradation peut être un défaut de fonctionnement temporaire ou permanent.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

3.1.2
électrique/électronique/électronique programmable
E/E/PE
technologie basée sur la technologie électrique (E) et/ou électronique (E) et/ou électronique programmable (PE)

Note 1 à l'article: Ce terme désigne l'ensemble des dispositifs ou systèmes fonctionnant selon les principes électriques.

EXEMPLE Les dispositifs électriques/électroniques/électroniques programmables comprennent

– les appareils électromécaniques (électriques);

– les appareils électroniques non programmables à circuits intégrés (électroniques);

– les appareils électroniques basés sur la technologie informatique (électroniques programmables).

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.2.13]

3.1.3
compatibilité électromagnétique
CEM
aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.1.4
planification CEM
méthode technique par laquelle les aspects CEM d'un projet sont pris en compte et analysés de manière systématique afin de réaliser la CEM

Note 1 à l'article: Toutes les activités qui y sont associées sont décrites dans un plan CEM.

3.1.5
système E/E/PE
système de commande, de protection ou de surveillance basé sur un ou plusieurs dispositifs électriques/électroniques/électroniques programmables (E/E/PE). Ce terme recouvre tous les éléments du système, tels que l'alimentation, les capteurs, et les autres dispositifs d'entrée, les autoroutes de données et les autres voies de communication, ainsi que les actionneurs et les autres dispositifs de sortie

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.3.2]

3.1.6
spécification des exigences concernant l'intégrité de sécurité des systèmes E/E/PE
spécification qui contient les exigences d'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité qui doivent être exécutées par les systèmes relatifs à la sécurité

Note 1 à l'article: Cette spécification constitue une partie (partie concernant l'intégrité de sécurité) de la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE (voir 7.10 et 7.10.2.7 de l'IEC 61508-1:2010).

3.1.7
spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE
SSRS
spécification qui contient, pour chaque fonction de sécurité, les exigences concernant la fonction de sécurité (ce que fait la fonction), et les exigences d'intégrité de sécurité (la probabilité d'exécution satisfaisante de la fonction de sécurité) à exécuter/satisfaire par les systèmes relatifs à la sécurité

Note 1 à l'article: L'abréviation «SSRS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «system safety requirements specification».

3.1.8
niveau de compatibilité (électromagnétique)
niveau de perturbation électromagnétique utilisé comme niveau de référence pour assurer la coordination de l'établissement des limites d'émission et d'immunité

Note 1 à l'article: Par convention, le niveau de compatibilité est choisi de telle sorte qu'il n'ait qu'une faible probabilité d'être dépassé par le niveau réel de perturbation. Cela étant, la compatibilité électromagnétique n'est assurée que si les niveaux d'émission et d'immunité sont maîtrisés de telle sorte qu'en chaque endroit le niveau de perturbation résultant de l'ensemble des émissions soit plus faible que le niveau d'immunité de chaque dispositif, appareil ou système situé en ce même endroit.

Note 2 à l'article: Le niveau de compatibilité peut dépendre du phénomène, du temps ou de l'endroit.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-10]

3.1.9
perturbation électromagnétique
phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système

Note 1 à l'article: Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-05, modifiée – les mots "ou d'affecter défavorablement la matière vivante ou inerte" ont été omis.]

3.1.10
environnement électromagnétique
ensemble des phénomènes électromagnétiques existant à un endroit donné

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-01]

3.1.11
brouillage électromagnétique
EMI
trouble apporté au fonctionnement d'un appareil, d'une voie de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

Note 1 à l'article: En français, les termes «perturbation électromagnétique» et «brouillage électromagnétique» désignent respectivement la cause et l'effet et ne devraient pas être utilisés l'un pour l'autre.

Note 2 à l'article: L'abréviation «EMI» est dérivée du terme anglais développé correspondant «electromagnetic interference».

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-06]

3.1.12
élément
partie d'un système comprenant un seul composant ou n'importe quel groupe de composants et réalisant une ou plusieurs fonctions de sécurité de l'élément

Note 1 à l'article: Un élément peut comporter le matériel et/ou le logiciel.

Note 2 à l'article: Un élément typique est un capteur, un automate programmable ou un élément terminal.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.5, modifiée –,le terme "sous-système" a été remplacé par "système"]

3.1.13
fonction de sécurité de l'élément
partie d'une fonction de sécurité mise en œuvre par un élément

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.3]

3.1.14
équipement
terme général qui fait référence à une large variété d'éléments, modules, dispositifs et ensembles de produits

3.1.15
équipement commandé
EUC
équipement, machine, appareil ou installation utilisés pour les activités de fabrication, de traitement, de transport, médicales ou d'autres activités

Note 1 à l'article: Le système de commande de l'EUC est séparé et distinct de l'EUC.

Note 2 à l'article: L'abréviation «EUC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment under control».

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.2.1]

3.1.16
spécification des exigences concernant les équipements
ERS
spécification des équipements couvrant les exigences relatives à la sécurité uniquement du point de vue des phénomènes électromagnétiques

Note 1 à l'article: Une spécification des exigences concernant les équipements (ERS) est produite pour chaque équipement intégré au système relatif à la sécurité. Chaque spécification des exigences concernant les équipements contient une spécification des caractéristiques électromagnétiques basée sur l'environnement électromagnétique maximum prévu au cours de la durée de vie de cet équipement particulier.

Note 2 à l'article: L'abréviation «ERS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment requirements specification»

3.1.17
défaillance
cessation de l'aptitude d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonction requise ou à fonctionner comme prévu

Note 1 à l'article: Cette définition est fondée sur l'IEC 60050-191:1990, 191-04-01, avec des modifications apportées pour inclure les défaillances systématiques dues, par exemple, à des lacunes dans la spécification ou le logiciel.

Note 2 à l'article: Voir l'IEC 61508-4 pour la relation entre anomalies (pannes) et défaillances, tant dans la série IEC 61508 que dans l'IEC 60050-191.

Note 3 à l'article: L'accomplissement des fonctions requises exclut nécessairement certains comportements, et certaines fonctions peuvent être spécifiées en ce qui concerne les comportements à éviter. L'occurrence d'un comportement à éviter est une défaillance.

Note 4 à l'article: Les défaillances sont soit aléatoires (dans le matériel), soit systématiques (dans le logiciel ou le matériel), voir l'IEC 61508-4.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.6.4, modifiée – dans les notes 2 et 4, les numéros de la figure et des paragraphes ont été remplacés par l'IEC 61508-4.]

3.1.18
anomalie
condition anormale qui peut entraîner une réduction de capacité ou la perte de capacité d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonction requise

Note 1 à l'article: L'IEC 60050:1990, 191-05-01, définit le terme 'fault' (en français «panne») comme un état d'inaptitude à accomplir une fonction requise, en excluant l'inaptitude due à la maintenance préventive, à d'autres actions programmées ou à un manque de ressources extérieures.

[SOURCE: ISO/IEC 2382-14:1997, 14.01.10]

3.1.19
sécurité fonctionnelle
sous-ensemble de la sécurité globale se rapportant à l'EUC et au système de commande de l'EUC qui dépend du fonctionnement correct des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité et des dispositifs externes de réduction de risque

Note 1 à l'article: Dans le contexte du présent document CEM, la sécurité fonctionnelle est la partie de la sécurité globale relative à l'environnement électromagnétique dans lequel existe le système relatif à la sécurité.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.1.12, modifiée – une note a été ajoutée.]

3.1.20
installation
combinaison d'appareils, composants et systèmes assemblés et/ou montés (individuellement) dans une zone donnée

3.1.21
fonction de sécurité
fonction à réaliser par un système E/E/PE relatif à la sécurité ou par un dispositif externe de réduction de risque, prévue pour atteindre ou maintenir un état de sécurité de l'EUC par rapport à un événement dangereux spécifique

EXEMPLE Des exemples de fonctions de sécurité comprennent:

– les fonctions devant être réalisées en tant qu'actions positives pour éviter des situations dangereuses (par exemple, arrêt d'un moteur) et
– les fonctions de prévention de réalisation d'actions (par exemple, empêcher le démarrage d'un moteur

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.1]

3.1.22
niveau d'intégrité de sécurité
SIL
niveau discret (parmi quatre possibles) correspondant à une gamme de valeurs d'intégrité de sécurité où le niveau 4 d'intégrité de sécurité possède le plus haut degré d'intégrité et le niveau 1 possède le plus bas

Note 1 à l'article: Les objectifs chiffrés de défaillance pour les quatre niveaux d'intégrité de sécurité sont indiqués dans les Tableaux 2 et 3 de l'IEC 61508-1:2010.

Note 2 à l'article: Les niveaux d'intégrité de sécurité sont utilisés pour spécifier les exigences concernant l'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité à allouer aux systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité.

Note 3 à l'article: Un niveau d'intégrité de sécurité (SIL) ne constitue pas une propriété d'un système, élément ou composant. L'interprétation correcte de l'expression "Système relatif à la sécurité à SIL n" (où n est 1, 2, 3 ou 4) signifie que le système est potentiellement capable de prendre en charge les fonctions de sécurité avec un niveau d'intégrité de sécurité jusqu'à n.

Note 4 à l'article: L'abréviation «SIL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «safety integrity level».

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.5.8]

3.1.23
manuel de sécurité pour article conforme
document qui fournit toutes les informations relatives à la sécurité fonctionnelle d'un élément par rapport aux fonctions de sécurité spécifiées de l'élément, et qui est nécessaire pour garantir que le système satisfait aux exigences de la série IEC 61508

3.1.24
système relatif à la sécurité
système désigné qui, à la fois

met en œuvre les fonctions de sécurité requises pour atteindre ou maintenir un état de sécurité de l'EUC et

est prévu pour atteindre, par lui-même ou grâce à d'autres systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité, et aux dispositifs externes de réduction de risque, l'intégrité de sécurité nécessaire pour les fonctions de sécurité requises

Note 1 à l'article: Un système relatif à la sécurité recouvre l'ensemble des matériels, logiciels, ainsi que tous les équipements annexes (par exemple, alimentation) nécessaires pour exécuter la fonction de sécurité spécifiée (les capteurs, les autres dispositifs d'entrée, les éléments terminaux (actionneurs) ainsi que les autres dispositifs de sortie sont par conséquent compris dans le système relatif à la sécurité).

Note 2 à l'article: Pour d'autres informations, voir l'IEC 61508-4.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.1, modifiée – la note 2 initiale a été modifiée.]

3.1.25
aptitude systématique
mesure (exprimée sur une échelle de SC 1 à SC 4) de la confiance dans le fait que l'intégrité de sécurité systématique d'un élément satisfait aux exigences du niveau SIL spécifié, par rapport à la fonction de sécurité spécifiée de l'élément, lorsque l'élément est appliqué conformément aux instructions spécifiées dans le manuel de sécurité d'articles conformes pour l'élément

Note 1 à l'article: L'aptitude systématique est déterminée par référence aux exigences concernant l'évitement et à la maîtrise des anomalies systématiques (voir l'IEC 61508-2 et l'IEC 61508-3).

Note 2 à l'article: La détermination d'un mécanisme de défaillance systématique pertinent dépend de la nature de l'élément. Par exemple, pour un élément comprenant uniquement un logiciel, seuls les mécanismes de défaillance du logiciel doivent être pris en compte. Pour un élément comprenant du matériel et du logiciel, il est nécessaire de considérer à la fois les mécanismes de défaillance systématique du matériel et du logiciel.

Note 3 à l'article: Une aptitude systématique de SC N pour un élément, par rapport à la fonction de sécurité spécifiée de l'élément, signifie que l'intégrité de sécurité systématique de SIL N a été satisfaite lorsque l'élément est appliqué conformément aux instructions spécifiées dans le manuel de sécurité d'article conforme pour l'élément.

Note 4 à l'article: Le présent document spécifie uniquement ce qu'il est nécessaire d'effectuer pour revendiquer un niveau de aptitude systématique pour un équipement E/E/PE pour ce qui concerne les perturbations électromagnétiques.

3.1.26
essais
démonstration par des moyens empiriques de la conformité d'une solution mise en œuvre à sa spécification

3.1.27
validation
confirmation par examen et apport de preuves tangibles que les exigences particulières pour un usage spécifique prévu sont satisfaites

Note 1 à l'article: La validation est l'activité qui consiste à démontrer que le système relatif à la sécurité considéré, avant ou après installation, correspond en tout point à la SSRS de ce système relatif à la sécurité. Ainsi, par exemple, la validation CEM consiste en la confirmation, par examen et apport de preuves tangibles, que les performances relatives aux phénomènes électromagnétiques répondent à la spécification des exigences concernant l'intégrité de sécurité des systèmes E/E/PE.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.8.2, modifiée – la Note 1 de la définition initale a été omise.]

3.1.28
vérification
confirmation par examen et apport de preuves tangibles que les exigences ont été satisfaites

Note 1 à l'article: Dans le contexte de la présente norme, la vérification est l'activité qui consiste, pour chaque phase du cycle de vie correspondant, à démontrer par analyse et/ou essais que, pour les entrées spécifiques, les éléments livrables remplissent en tout point les objectifs et les exigences fixés pour cette phase.

Note 2 à l'article: Exemple: Les activités de vérification incluent:

– les revues relatives aux sorties (documents concernant toutes les phases du cycle de vie de sécurité) destinées à assurer la conformité aux objectifs et aux exigences de la phase, en tenant compte des entrées spécifiques à cette phase;
– les revues de conception;
– les essais réalisés sur les produits conçus afin d'assurer que leur fonctionnement est conforme à leur spécification;
– les essais d'intégration réalisés lors de l'assemblage, élément par élément, de différentes parties d'un système et la réalisation d'essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques afin de s'assurer que toutes les parties fonctionnent les unes avec les autres conformément aux spécifications.

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.8.1, modifiée – une note 1 a été ajoutée et l'exemple de la définition initiale a été converti en note 3.]

3.2 Abréviations

AM	Amplitude modulation (Modulation d'amplitude)
CRC	Contrôle de redondance cyclique
CW	Continuous wave (Onde entretenue)
DS	(critère de performance) "defined state" (état défini), voir 8.4.2
ECC	Error correction codes (Codes de correction d'erreurs)
EDC	Error detection codes (Codes de détection d'erreurs)
EM	Électromagnétique
EMI	Electromagnetic interference (Brouillage électromagnétique)
ERS	Equipment requirement specification (Spécification des exigences concernant les équipements)
DES	Décharge électrostatique
AAE	Analyse par arbre d'événement
EUC	Equipment under control (Équipement commandé)
EUT	Equipment under test (Équipement en essai)
AMDE	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
AAP	Analyse par arbre de panne
HEMP (IEM-HA)	High altitude electromagnetic pulse (Impulsion électromagnétique à haute altitude)
HF	High frequency (haute fréquence)
HPEM	High power electromagnetics (Electromagnétique à haute puissance)
HR	Highly recommended (Fortement recommandé)
ISM	Industriel, scientifique et médical
LF	Low frequency (Basse fréquence)
M	Mandatory (Obligatoire)
PLC	Power line communications (Communications sur ligne d'alimentation)
PLT	Power line telecommunications (Télécommunications sur ligne d'alimentation)
PM	Pulse modulation (Modulation d'impulsion)
R	Recommandé
RAM	Random access memory (Mémoire vive)

RF	Radiofréquence
ROM	Read only memory (Mémoire morte)
SC	Systematic capability (Aptitude systématique)
SIL	Safety integrity level (Niveau d'intégrité de sécurité)
SSRS	System safety requirement specification (Spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes)
ASI	Alimentation sans interruption

4 Considérations générales

4.1 Généralités

Le fonctionnement des systèmes électriques ou électroniques relatifs à la sécurité ne doit pas être affecté par les influences extérieures à un point qui peut entraîner un risque de dommage inacceptable pour les personnes et/ou l'environnement. Des performances acceptables par rapport aux perturbations électromagnétiques sont par conséquent nécessaires. Une analyse de sécurité complète doit inclure les effets des perturbations électromagnétiques.

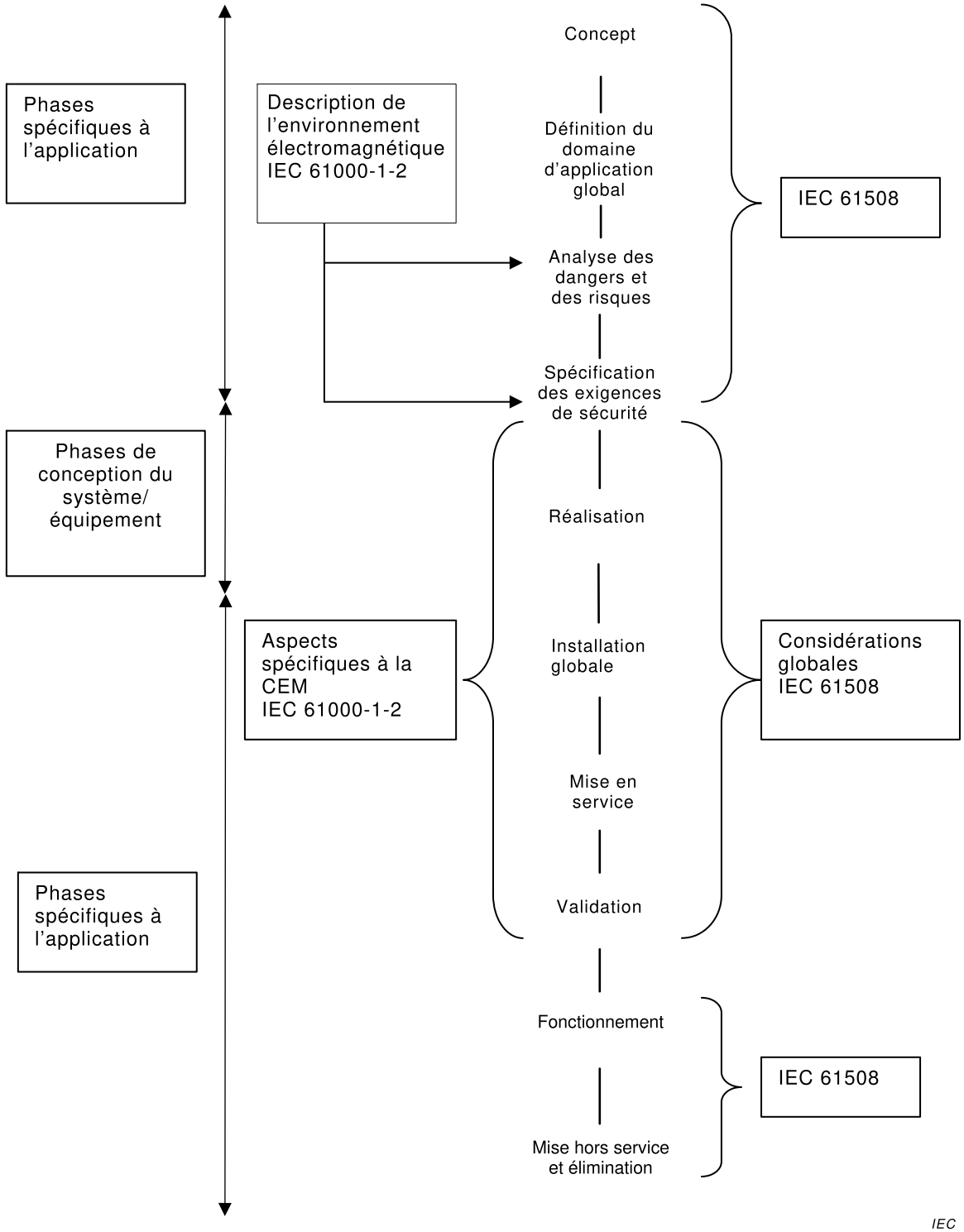
Conformément au Guide IEC 104, l'IEC 61508 a le statut d'une publication fondamentale de sécurité. Elle traite du sujet de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables (E/E/PE) relatifs à la sécurité et fixe les exigences globales de réalisation de la sécurité fonctionnelle. Cependant, elle ne fournit pas d'exigences détaillées relatives aux effets des perturbations électromagnétiques. La présente partie de l'IEC 61000 constitue un guide permettant de traiter des effets des perturbations électromagnétiques sur les systèmes relatifs à la sécurité et les équipements destinés à être utilisés dans ce type de systèmes.

Le concept de l'IEC 61508 repose sur un modèle de cycle de vie de sécurité (voir Figure 1). Il comprend les activités accomplies au cours des phases spécifiques à l'application ainsi que les activités relatives au concept, à la conception, à la mise en œuvre, au fonctionnement, à la maintenance et à la mise hors service des systèmes relatifs à la sécurité. L'interface entre les premières phases spécifiques à l'application et les phases de conception constitue la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE (SSRS). Afin d'obtenir la sécurité fonctionnelle exigée, cette SSRS doit spécifier toutes les exigences appropriées de la ou des applications prévues.

Le système relatif à la sécurité destiné à mettre en œuvre la ou les fonctions de sécurité spécifiées doit satisfaire aux exigences de la SSRS. Les équipements (ou éléments, voir 3.1.12) destinés à être utilisés dans ce système doivent satisfaire aux exigences appropriées issues de la SSRS et données dans l'ERS (voir Tableau 1).

Tableau 1 – Spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE, interfaces et responsabilités conformément à l'IEC 61508

Interface	Responsabilités
Application (au niveau du système)	Spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE a) Définition de la fonction relative à la sécurité, basée sur une appréciation du risque de l'application prévue (IEC 61508) (quelle fonction peut provoquer une défaillance dangereuse) b) Sélection du SIL approprié (exigé) basée sur une appréciation du risque de l'application prévue (IEC 61508) c) Définition de l'environnement dans lequel le système est destiné à fonctionner (IEC 61508, IEC 61000-2-5)
Équipement E/E/PE destiné à être utilisé dans un système relatif à la sécurité	Le fabricant des équipements doit satisfaire aux exigences appropriées de l'ERS. Ceci inclut ce qui suit: s'assurer en toute fiabilité que les perturbations électromagnétiques n'engendrent pas de défaillances systématiques dangereuses (aptitude systématique par rapport aux perturbations électromagnétiques); et fournir des preuves de l'application de méthodes et techniques appropriées.



NOTE 1 Le diagramme donne une vue d'ensemble simplifiée de la relation entre l'IEC 61508 et l'IEC 61000-1-2. Il peut s'avérer nécessaire d'accorder une attention particulière aux questions liées aux perturbations électromagnétiques au cours des phases du cycle de vie de sécurité autres que celles traitées par l'IEC 61000-1-2, par exemple, des activités de maintenance propres aux caractéristiques électromagnétiques peuvent être nécessaires pendant la phase d' "utilisation des équipements" afin d'assurer des performances permanentes des systèmes relatifs à la sécurité.

NOTE 2 Le diagramme ne présente pas de vérification et de gestion de la sécurité fonctionnelle mais ces dernières s'appliquent toutefois à toutes les phases du cycle de vie.

Figure 1 – Relation entre l'IEC 61000-1-2 et le cycle de vie de sécurité simplifié conformément à l'IEC 61508

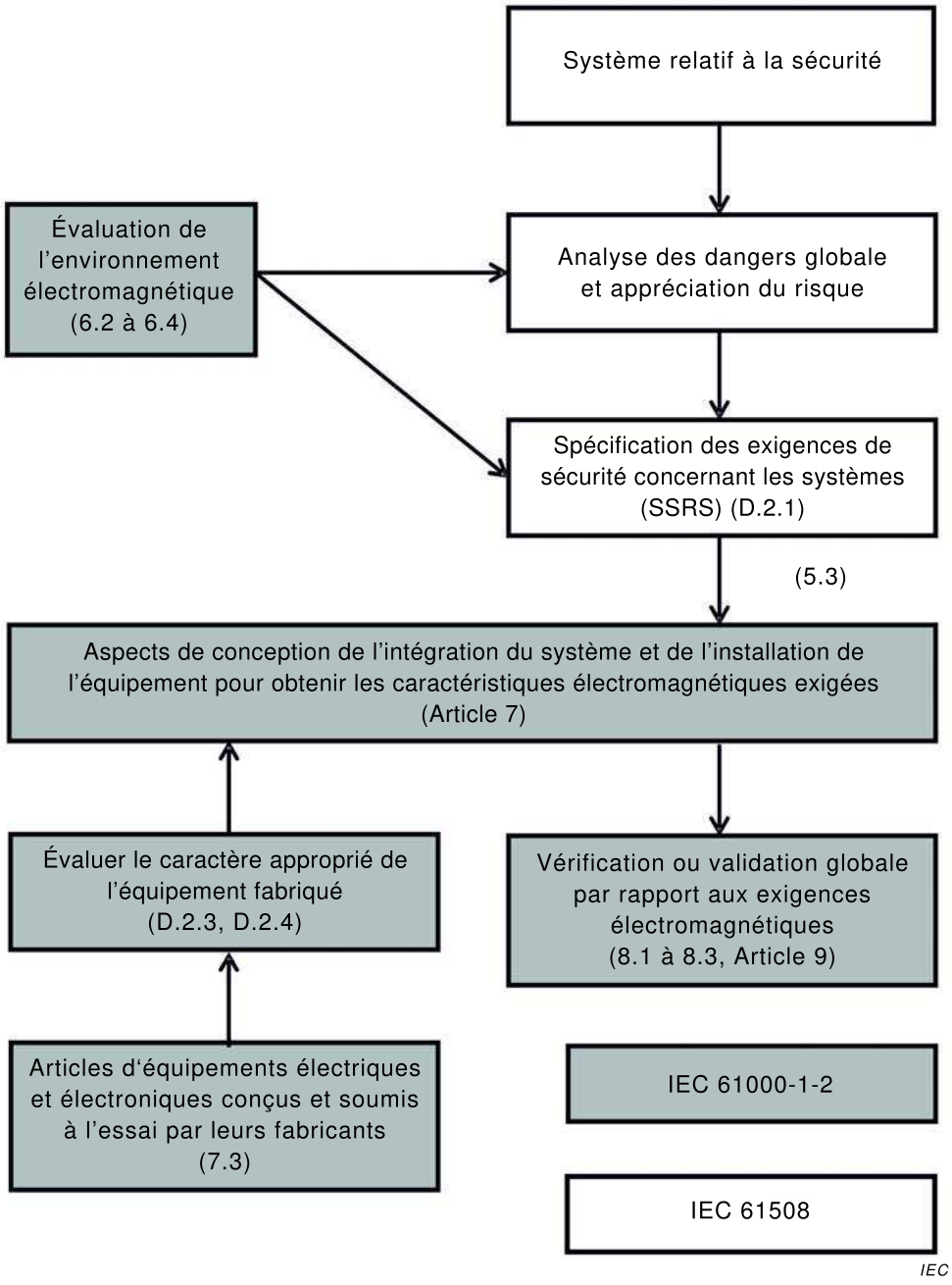
4.2 Considérations du point de vue des phénomènes électromagnétiques

Le fonctionnement correct d'un système relatif à la sécurité dépend de plusieurs facteurs. L'IEC 61508 comprend toutes les considérations propres aux systèmes relatifs à la sécurité. Les aspects spécifiques relatifs aux perturbations électromagnétiques sont pris en compte dans la présente norme.

Ces aspects comprennent:

– l'environnement électromagnétique (voir Article 6)
  - évaluation des informations sur l'environnement,
  - déduction des niveaux et méthodes d'essai,
  - considérations relatives aux phénomènes électromagnétiques et aux niveaux d'intégrité de sécurité (SIL);
– les aspects électromagnétiques des processus de conception et d'intégration (voir Article 7)
  - au niveau du système,
  - au niveau de l'équipement;
– la vérification/validation de la sécurité fonctionnelle par rapport aux phénomènes électromagnétiques (voir Article 8)
  - processus de vérification et de validation,
  - critères de performances et théorie d'essai;
– les essais d'immunité du point de vue de la sécurité fonctionnelle (voir Article 9)
  - considérations relatives aux méthodes et niveaux d'essai,
  - considérations relatives aux essais d'immunité du point de vue de l’aptitude systématique.

La Figure 2 présente les relations mutuelles entre ces aspects et les aspects traités dans l'IEC 61508. Bien que la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE constitue principalement un aspect de l'IEC 61508, elle doit tenir compte du résultat d'une évaluation de l'environnement électromagnétique dans lequel il est prévu d'utiliser le système relatif à la sécurité.



NOTE (N° de référence) se rapporte aux articles/paragraphes associés dans le présent document.

Figure 2 – Approche fondamentale pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle uniquement du point de vue des phénomènes électromagnétiques

5 Réalisation de la sécurité fonctionnelle

5.1 Généralités

La réalisation de la sécurité fonctionnelle exige de comprendre certains termes et concepts fondamentaux dans le domaine de la sécurité fonctionnelle, à savoir:

- le cycle de vie de sécurité: activités nécessaires à la mise en œuvre des systèmes relatifs à la sécurité se déroulant au cours d'une période allant de la phase de conception et s'achevant lorsque le système relatif à la sécurité ne peut plus être utilisé (voir 5.2);

- l'intégrité de sécurité: probabilité qu'un système relatif à la sécurité exécute de manière satisfaisante les fonctions de sécurité exigées dans toutes les conditions indiquées et dans une période également indiquée (voir 5.3).

NOTE L'IEC 61000-1-2 ne traite pas de toutes les phases du cycle de vie complet (voir également Figure 1).

5.2 Cycle de vie de sécurité

Le cycle de vie global correspondant à la sécurité fonctionnelle des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité est défini dans l'IEC 61508. La Figure 1 en présente une version simplifiée.

Pour les systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité, la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE relève du domaine d'application de l'IEC 61508. Elle relève également partiellement du domaine d'application de l'IEC 61000-1-2 pour la spécification des conditions d'environnement électromagnétique.

Le processus de conception global et les caractéristiques de conception nécessaires pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité sont définis dans l'IEC 61508. Ceci inclut les exigences concernant les caractéristiques de conception qui rendent le système relatif à la sécurité tolérant aux perturbations électromagnétiques.

Les phases de conception, de mise en œuvre, de validation, de mise en service et de modification des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité sont traitées par les domaines d'application de l'IEC 61508 et de l'IEC 61000-1-2. L'IEC 61508 comporte tous les aspects correspondants à la sécurité fonctionnelle et l'IEC 61000-1-2 traite des aspects relatifs aux phénomènes électromagnétiques.

Le fonctionnement, la maintenance et la mise hors service des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité relèvent du domaine d'application de la série IEC 61508.

Pour les équipements (ou éléments) E/E/PE utilisés dans les systèmes relatifs à la sécurité qui relèvent du domaine d'application de l'IEC 61508, l'approche de traitement des aspects relatifs aux phénomènes électromagnétiques est différente de celle utilisée pour les systèmes relatifs à la sécurité.

L'état/la condition prévu(e) qu'un équipement atteint et/ou maintient lors d'une anomalie doivent être spécifiés. Par exemple, cette spécification peut simplement se présenter sous la forme d'un énoncé qui stipule que l'équipement émet un signal de sortie spécifié lorsqu'il détecte une anomalie interne.

Ce comportement spécifié de l'équipement doit être pris en considération pendant plusieurs phases de son cycle de vie. Ces dernières incluent les phases de concept, de planification globale, de conception et de développement, d'intégration, de fonctionnement et de maintenance, de validation et de modification. Les phases d'analyse des dangers et des risques, ainsi que les phases concernant les exigences de sécurité globale et les phases d'affectation des exigences de sécurité ne s'appliquent pas au niveau de l'équipement.

5.3 Intégrité de sécurité

La défaillance ou le dysfonctionnement d'un système relatif à la sécurité occasionné(e) par une perturbation électromagnétique avec une intensité donnée est systématique. Les mesures prises pour contrôler les défaillances dangereuses des systèmes relatives à la CEM doivent être déterminées comme faisant partie intégrante de l'aptitude systématique du système concerné, et il est nécessaire de les intégrer au cycle de vie défini dans l'IEC 61508 si nécessaire.

Tout élément dont il a été démontré qu'il satisfait aux exigences de la série IEC 61508 concernant l'intégrité de sécurité systématique par rapport à une fonction de sécurité particulière de l'élément, est réputé avoir une aptitude systématique correspondante (SC).

Ceci s'applique uniquement lorsque l'élément est utilisé conformément aux instructions de son manuel de sécurité pour article conforme.

Les informations concernant la CEM nécessaires à l'intégration des éléments dans l'application prévue doivent être incluses dans leurs manuels de sécurité pour article conforme.

5.4 Étapes spécifiques pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle du point de vue des perturbations électromagnétiques

Pour réaliser la sécurité fonctionnelle, les actions suivantes concernant les influences électromagnétiques doivent être entreprises:

a) déterminer la structure, la conception et les fonctions prévues du système relatif à la sécurité prévu ou existant;

b) décrire l'environnement électromagnétique correspondant dans lequel il est prévu d'utiliser le système relatif à la sécurité au cours de son cycle de vie (voir 6.1);

c) déterminer les environnements physiques et climatiques, ainsi que la dégradation due à une utilisation normale et à une mauvaise utilisation prévisible par rapport aux aspects électromagnétiques avec lesquels il est prévu d'utiliser le système relatif à la sécurité au cours de son cycle de vie;

d) mettre en œuvre les aspects CEM dans le processus de conception (voir Article 7) des systèmes relatifs à la sécurité (voir 7.3);

e) réaliser la vérification/validation par rapport aux perturbations électromagnétiques pour la sécurité fonctionnelle (voir Article 8);

f) modifier les mesures de conception ou d'installation, si nécessaire;

g) produire les consignes d'exploitation et de maintenance spécifiques à la CEM afin d'assurer la sécurité fonctionnelle spécifiée dans la durée (ces consignes sont ajoutées au manuel de sécurité pour article conforme).

5.5 Gestion de la CEM pour la sécurité fonctionnelle

5.5.1 Généralités

Les exigences de 5.5 indiquent les activités nécessaires pour la gestion des performances de sécurité fonctionnelle des systèmes relatifs à la sécurité par rapport aux phénomènes électromagnétiques. Ces activités de gestion propres aux systèmes relatifs à la sécurité sont décrites au niveau du système; toutefois, les activités au niveau de l'élément sont spécifiées si nécessaire.

5.5.2 Gestion des performances de sécurité fonctionnelle par rapport aux phénomènes électromagnétiques au niveau du système

Une entité chargée de démontrer la CEM d'un système ou d'un équipement relatif à la sécurité, ou en charge des activités relevant du domaine d'application du présent document, doit désigner une ou plusieurs personnes assumant la responsabilité globale

- du système ou de l'élément, ou de toutes les activités correspondantes;
- de la coordination des activités de performances par rapport aux perturbations électromagnétiques;
- des interfaces entre ces activités et les autres activités réalisées par d'autres entités;
- de l'application de toutes les exigences mentionnées en 5.5; et
- de l'assurance du caractère suffisant et prouvé de la CEM conformément aux objectifs et exigences du présent document.

La responsabilité de la coordination et de la CEM globale pour la sécurité fonctionnelle doit être identifiée et incomber à une personne ou à un petit nombre de personnes ayant une

autorité de gestion suffisante. La responsabilité des autres aspects peut toutefois être déléguée à d'autres personnes, notamment celles ayant une compétence appropriée dans ces aspects particuliers.

Pour les activités dont l'entité a la responsabilité, la politique et la stratégie pour obtenir la sécurité fonctionnelle par rapport aux phénomènes électromagnétiques doivent être dûment spécifiées dans un plan d'ensemble, ainsi que les moyens pour évaluer leur réalisation, et les moyens de communication de cette politique et de cette stratégie au sein de l'entité.

Il convient d'identifier toutes les personnes, tous les services et tous les sous-traitants qui sont responsables de l'exécution des activités relatives à la sécurité concernant les performances par rapport aux phénomènes électromagnétiques. Ils doivent être pleinement et clairement informés de leurs responsabilités. Le cas échéant, d'autres personnes, services et entités, qui peuvent influencer les performances relatives à la sécurité réalisées par le système, doivent être informés de ces responsabilités.

Les individus, en charge d'une ou de plusieurs activités relevant du domaine d'application du présent document, doivent, pour ce qui concerne les activités dont ils ont la charge, spécifier toutes les activités de gestion et techniques nécessaires pour assurer la réalisation et la démonstration des performances de sécurité fonctionnelle par rapport aux phénomènes électromagnétiques des systèmes relatifs à la sécurité. Ceci inclut les mesures, techniques et essais sélectionnés qui permettent de satisfaire aux exigences du présent document.

Des procédures doivent, comme partie intégrante des activités de gestion de la sécurité fonctionnelle, être spécifiées pour s'assurer que toutes les personnes concernées par toute activité relevant du domaine d'application du présent document, ont une formation, les connaissances techniques, l'expérience et les qualifications appropriées, accréditées si nécessaire, correspondant aux tâches qu'elles sont tenues d'accomplir. Ces procédures doivent définir quelles informations sont à communiquer entre les interfaces, ainsi que la forme que doit adopter cette communication. De plus, les procédures doivent d'une part documenter de quelle manière sont analysés les cas de perturbations électromagnétiques signalés sur le système relatif à la sécurité, au regard de leur adaptation aux systèmes ou activités dont l'entité a la charge, et préciser d'autre part que des recommandations sont formulées qui visent à réduire le plus possible la probabilité de récurrence. Des procédures doivent être spécifiées pour assurer un suivi rapide et une résolution satisfaisante des recommandations correspondantes liées aux systèmes relatifs à la sécurité, y compris les recommandations issues de la vérification, de la validation et du compte-rendu et de l'analyse des incidents.

Les entités doivent maintenir un système afin de mettre en œuvre les modifications issues de défauts avérés propres aux phénomènes électromagnétiques détectés dans les systèmes ou les équipements relatifs à la sécurité dont elles sont responsables et, si ces entités ne sont pas capables d'effectuer ces modifications elles-mêmes, d'informer les utilisateurs de la nécessité d'une modification dans le cas où le défaut affecte la sécurité.

NOTE De plus amples informations sur la gestion de la sécurité fonctionnelle sont données dans l'IEC 61508-1.

5.5.3 Gestion des performances de sécurité fonctionnelle par rapport aux phénomènes électromagnétiques au niveau du fournisseur des éléments

Généralement, un système relatif à la sécurité est la combinaison d'un certain nombre d'éléments intégrés conjointement afin de réaliser une ou plusieurs fonctions de sécurité et, éventuellement, des fonctions supplémentaires non relatives à la sécurité. Les exigences de fonctionnement et de performances des éléments individuels peuvent être spécifiées et conçues comme un produit sur mesure ou acquis en qualité de produit disponible dans le commerce. Les fournisseurs qui délivrent des produits ou des services à une entité ayant la responsabilité globale d'une ou de plusieurs activités relevant du domaine d'application du présent document doivent livrer des produits ou des services tels que spécifiés par cette entité.

Lorsqu'il s'agit d'un élément sur mesure, la responsabilité globale de la gestion des performances par rapport aux phénomènes électromagnétiques de la fonction de sécurité de l'élément, est celle définie en 5.5.2.

Pour les éléments qui ne sont pas sur mesure, le fournisseur est chargé d'évaluer et de décrire en détail les performances du produit conformément aux exigences spécifiées dans la présente norme. L'entité doit mettre en œuvre des procédures permettant d'assurer que les performances de l'élément, obtenues par le processus de validation, sont correctement documentées dans un manuel de sécurité et que ces informations sont mises à disposition de tous les utilisateurs potentiels du produit.

6 Environnement électromagnétique

6.1 Généralités

L'environnement électromagnétique est défini comme la totalité des phénomènes électromagnétiques existant à un endroit particulier. Ces phénomènes peuvent varier avec le temps. Les informations sur l'environnement électromagnétique doivent figurer dans la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE (voir Figure 2). L'environnement électromagnétique est influencé, par exemple, par:

- des sources d'énergie électromagnétique fixes et mobiles,
- des équipements à basse, moyenne et haute tension,
- des systèmes de commande, de signalisation, de communication et d'alimentation,
- des émetteurs intentionnels,
- des processus physiques (par exemple, décharges à l'air libre, manœuvres de commutation),
- des transitoires aléatoires ou rares

qui peuvent tous générer des perturbations qui influent de manière préjudiciable sur le système ou l'élément relatif à la sécurité à l’étude.

Le Tableau 2 donne une vue d'ensemble des principaux phénomènes électromagnétiques qui doivent être pris en considération pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle dans le cas des systèmes relatifs à la sécurité. Cette liste qui n'est pas nécessairement exhaustive doit toutefois être utilisée pour commencer à prendre en compte les environnements électromagnétiques qui peuvent influer sur la sécurité fonctionnelle.

Il convient de tenir compte de l'occurrence simultanée de plusieurs phénomènes électromagnétiques, par exemple les harmoniques et les transitoires unidirectionnels, ou les champs rayonnés et la DES. Cela ne signifie pas nécessairement que des essais simultanés sont exigés. D’autres techniques et mesures peuvent être préférables (voir Annexe B).

Tableau 2 – Vue d'ensemble des phénomènes électromagnétiques

Phénomènes électromagnétiques	Sources et caractéristiques
Harmoniques Variations de l'amplitude de tension Creux de tension Interruptions de tension Déséquilibre de tension Variations de la fréquence de tension Tensions en mode commun Tension de signalisation comprise entre 0,1 kHz et 3 kHz Basse fréquence induite Courant continu dans des réseaux à courant alternatif	
Champ magnétique à basse fréquence	
Champ électrique à basse fréquence	
À conduction directe	
CW induite par conduction à haute fréquence	
Tension de signalisation	
Transitoires unidirectionnels	
Transitoires oscillants par conduction à haute fréquence	
CW rayonnée (AM et PM)	
HPEM conduite et rayonnée [a]	
Impulsion électromagnétique à haute altitude (IEMN-HA) [b]	
EMI intentionnelle [c]	
[a] À prendre en considération dans le cas de conditions spéciales (voir IEC 61000-2-13). [b] À prendre en considération dans le cas de conditions spéciales (voir IEC 61000-2-9). [c] À prendre en considération dans le cas de conditions spéciales.	

6.2 Informations sur l'environnement électromagnétique

De nombreuses publications incluent les descriptions de base des environnements électromagnétiques prenant en compte les phénomènes électromagnétiques et les niveaux de perturbations généralement attendus dans ce type d'environnements. Les informations générales concernant la description et les niveaux de perturbations électromagnétiques en divers endroits peuvent être consultées dans les normes ou les rapports techniques de la série IEC 61000-2. Des exemples de descriptions de divers environnements sont donnés dans l'IEC 61000-2-5. Ces descriptions sont toutefois données en niveaux de compatibilité.

L'IEC 61000-4-1 fournit une aide à l'application et donne des recommandations générales concernant le choix des essais appropriés décrits dans la série IEC 61000-4. Il est noté que les normes conçues pour la réalisation de la CEM, et qui sont basées principalement sur des facteurs techniques/économiques, peuvent ne pas décrire de manière adéquate l'environnement électromagnétique pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle propre aux systèmes relatifs à la sécurité.

Le Tableau A.1 fournit un exemple de sélection des phénomènes électromagnétiques à prendre en considération lors de la spécification des exigences. Étant donné que l'environnement électromagnétique ne varie pas par rapport au SIL des systèmes placés dans une installation, la plupart des environnements électromagnétiques doivent être pris en considération pour toutes les situations de sécurité fonctionnelle électromagnétique.

L'environnement électromagnétique le plus sévère dans lequel le système relatif à la sécurité doit être installé doit être déterminé (par exemple par des mesurages, par des évaluations, etc.) par les concepteurs, les fabricants, les installateurs ou les utilisateurs du système relatif à la sécurité. Tous les types de phénomènes électromagnétiques (voir Tableau 2) doivent être pris en compte. Les informations fournies dans l'IEC 61000-2-5 et résumées dans le Tableau A.1 sont présentées sous forme de guide, mais ne couvrent pas les niveaux de perturbations plus élevés qui peuvent être rencontrés à certains endroits. Une fois connu l'environnement électromagnétique le plus sévère, le concepteur du système relatif à la sécurité doit choisir uniquement un équipement spécifié par le fabricant pour une utilisation dans un environnement électromagnétique équivalent ou plus sévère que l'environnement maximum. Les fabricants des équipements spécifient généralement que leurs équipements ont été soumis à l'essai selon les normes CEM applicables et y sont conformes aux niveaux spécifiés. Si l'environnement d'application connu dépasse les spécifications de l'équipement, des moyens appropriés doivent être appliqués pour assurer des performances adéquates. Ces moyens peuvent inclure des enveloppes de protection ou d'autres techniques telles que détaillées à l'Annexe B.

Les niveaux de perturbations électromagnétiques indiqués dans les diverses normes, rapports ou spécifications techniques concernant la CEM, doivent être pris en considération avec grande prudence en ce qui concerne leur application à la sécurité fonctionnelle. Il doit notamment être tenu compte des éléments suivants:

a) Les niveaux de perturbations électromagnétiques varient selon une distribution statistique (voir Figure E.1), et les niveaux donnés en exemples au Tableau A.1 peuvent être dépassés dans certaines circonstances particulières. Toutefois, ces circonstances peuvent n'exister que très rarement ou uniquement sur des sites particuliers. Il est important d'établir les niveaux de ces perturbations à des fins de sécurité fonctionnelle.

b) Les méthodes d'essai d'immunité, niveaux d'essai et critères de performances normalisés figurant dans les normes d'essai d'immunité sont liés aux exigences d'exploitation et non à la sécurité fonctionnelle. Si des essais basés sur ces méthodes d'essai sont réalisés, des niveaux d'essai et des critères de performances relatifs à la sécurité doivent être définis pour chacun des phénomènes électromagnétiques (par exemple, dans l'IEC 61000-6-7).

c) Les caractéristiques électromagnétiques des éléments et des systèmes peuvent se détériorer avec le vieillissement, par exemple, par la dégradation physique des mesures de protection. Cet aspect du cycle de vie des influences électromagnétiques doit être pris en considération.

6.3 Méthodologie d'évaluation de l'environnement électromagnétique

L'ensemble des publications CEM comporte des informations pertinentes et significatives concernant l'environnement électromagnétique d'utilisation de la plupart des équipements électriques ou électroniques.

Dans les cas où les informations contenues dans ce type de publications CEM sont insuffisantes, d'autres activités doivent être entreprises afin de disposer de connaissances appropriées sur l'environnement électromagnétique existant aux endroits concernés. Ces activités peuvent inclure:

- la réalisation d'une revue documentaire des autres ressources CEM afin de déterminer les caractéristiques électromagnétiques des endroits concernés similaires,
- la réalisation d'un levé électromagnétique à un endroit représentatif ou à l'endroit concerné déclaré; ce type d'étude peut consister en une campagne de mesures afin de déterminer les caractéristiques des phénomènes électromagnétiques présents et en une analyse électromagnétique afin d'évaluer les données et les caractéristiques des phénomènes électromagnétiques produits par des émetteurs connus.

Les informations obtenues sur l'environnement électromagnétique doivent être évaluées de manière à manière à pouvoir en déduire des données concernant

- les phénomènes électromagnétiques qui peuvent éventuellement se produire aux endroits concernés,
- les caractéristiques de ces phénomènes électromagnétiques, par exemple, leurs niveaux, fréquence, modulation, temps de montée, etc.

NOTE 1 Pour les applications dans le secteur automobile et aérospatial, des groupes de travail de l'ISO ont produit des informations pertinentes concernant la CEM de ces applications. Ces informations peuvent servir de point de départ pour décrire un ensemble d'environnements électromagnétiques appropriés aux aspects liés à la sécurité fonctionnelle.

NOTE 2 Pour ce qui concerne les études, il est admis de limiter toute étude dans le temps et à certains endroits. Une surveillance et un enregistrement des données à long terme peuvent être utilisés pour renforcer la confiance accordée à l'évaluation de l'environnement électromagnétique le plus sévère.

6.4 Déduction des niveaux et méthodes d'essai

Une fois les caractéristiques électromagnétiques établies pour un environnement particulier, celles-ci doivent être utilisées pour la conception des systèmes relatifs à la sécurité. Bien qu'une conception appropriée constitue une partie critique du processus global, il est parfaitement établi que des essais réalistes sont exigés pour assurer que les systèmes relatifs à la sécurité satisfont à leur SSRS. La communauté CEM de l'IEC a développé un nombre important d'essais d'immunité pour les équipements et les systèmes; ceux-ci doivent être considérés comme un point de départ pour les essais des caractéristiques électromagnétiques propres à la sécurité fonctionnelle.

Pour chaque phénomène électromagnétique établi pour un environnement particulier, le spécificateur du système relatif à la sécurité doit inclure ce phénomène dans la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE et examiner la méthode d'essai d'immunité IEC existante (en utilisant l'IEC 61000-4-1 comme guide initial) afin de déterminer si la méthode d'essai est appropriée. Le spécificateur du système doit également vérifier si les paramètres nécessaires à l'essai des caractéristiques électromagnétiques de l'environnement se situent dans leurs plages proposées pour les normes d'essai d'immunité de base (se reporter à la série de normes IEC 61000-4).

NOTE L'objectif des exigences d'immunité, telles que définies par exemple dans la norme générique IEC 61000-6-2, est de soutenir et d'obtenir un fonctionnement suffisant dans des conditions normales. Les niveaux d'essai d'immunité correspondants sont déduits pour les phénomènes électromagnétiques les plus fréquents et sur la base d'une approche technique/économique, compte tenu des questions de disponibilité de l'équipement ou du système à l'étude. Par conséquent, toutes les parties impliquées peuvent s'attendre à ce que l'équipement ou le système puisse être perturbé dans quelques cas et elles l'acceptent. Cette approche peut être acceptée pour les fonctions normales d'un équipement ou d'un système, mais elle est inappropriée pour les fonctions relatives à la sécurité. De ce fait, il ne peut pas être déduit que les aspects de sécurité fonctionnelle sont couverts par les exigences d'immunité habituelles, telles que définies par exemple dans l'IEC 61000-6-2, sans tenir particulièrement compte de l'environnement électromagnétique dans lequel l'équipement ou le système est destiné à être utilisé.

Afin de pouvoir justifier la méthode et les paramètres d'essai, le concepteur du système relatif à la sécurité doit être conscient du fait qu'une incertitude est associée aux essais d'immunité (voir, par exemple, l'IEC 61000-1-6). L'incertitude due au matériel d'essai peut être calculée au moyen des données qui y sont associées. De plus, il doit être nécessaire d'évaluer les conditions d'environnement qui ne sont pas définies par les normes. Après l'évaluation complète de l'incertitude, une ou plusieurs des approches suivantes peuvent être appliquées pour compenser cette incertitude d'essai selon les facteurs d'incertitude.

a) Si le matériel d'essai d'immunité disponible est adapté, et si des essais à des niveaux supérieurs au niveau des perturbations électromagnétiques sont utilisés, la SSRS (ou ERS) doit alors déterminer la marge de défaillance et la description du mode de réaction du système (ou de l'équipement) relatif à la sécurité à une défaillance induite par des perturbations électromagnétiques.
b) Si le matériel d'essai d'immunité disponible n'est pas adapté en raison de la non-disponibilité des paramètres d'essai exigés (par exemple, amplitude, fréquence, modulation, fréquence de répétition, etc.), alors
    1) le concepteur du système relatif à la sécurité doit demander l'obtention et l'utilisation du matériel d'essai approprié;

et/ou

2) le concepteur du système relatif à la sécurité doit spécifier que les méthodes d'atténuation électromagnétique soient appliquées au niveau du système, de sorte que l'équipement relatif à la sécurité peut se voir attribuer une spécification électromagnétique réduite pour les paramètres qui peuvent être vérifiés par essai par le matériel d'essai disponible (par exemple, par l'utilisation de baies blindées, de dispositifs de protection contre les surtensions pour les entrées de fils et de câbles, de lignes de données à fibres optiques, de techniques d'isolation des lignes électriques, etc.). L'IEC 61000-5-6 fournit des exemples de ces types de méthodes d'atténuation. Les méthodes d'atténuation appliquées (blindages, dispositifs de protection contre les surtensions, méthodes d'isolation, etc.) doivent devenir une partie permanente de la conception des systèmes, et doivent être vérifiées par essai séparément afin de s'assurer qu'elles réduisent les environnements électromagnétiques externes aux niveaux d'essai spécifiés.

7 Aspects CEM du processus de conception et d'intégration

7.1 Généralités

La planification de sécurité CEM doit être réalisée en tenant compte des considérations de sécurité fonctionnelle. Il s'agit d'une stratégie visant à assurer la CEM d'un système relatif à la sécurité par rapport aux autres systèmes voisins et à l'environnement extérieur (voir Annexe F). Le but de la planification de sécurité CEM est de fournir la CEM à un coût acceptable en satisfaisant aux exigences cibles au cours de l'ensemble des phases de développement de la mise en œuvre d'un projet. Cela implique de prendre en compte, d'analyser et d'évaluer toutes les questions CEM qui peuvent survenir au cours du calendrier d'un projet. Toutes ces activités et étapes doivent être décrites dans un plan de sécurité CEM. L'intensité et l'étendue de la planification de sécurité CEM dépendent de la complexité du système et du SIL exigé dans la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE.

NOTE Dans nombre de situations, la planification CEM est due à des exigences autres que la sécurité. Dans ce cas, elle peut être étendue afin d'inclure les aspects de la sécurité fonctionnelle. D'autres informations sur le processus de la planification de sécurité CEM sont données à l'Annexe F.

Lors de la phase de gestion de conception électromagnétique, une ou plusieurs personnes identifiées doivent être responsables de la création et de l'exécution du plan de sécurité CEM. Ce plan de sécurité CEM doit, comme partie intégrante de son champ d'application, inclure les considérations relatives au maintien des caractéristiques électromagnétiques de l'équipement et/ou du système tout au long de sa durée de vie jusqu'au moment précis de sa mise hors service. Les preuves qui démontrent la conformité aux exigences CEM de la SSRS doivent être documentées dans le manuel de sécurité ou similaire. Le manuel de sécurité doit détailler les informations nécessaires pour permettre à l'utilisateur d'entretenir, réparer et remettre à neuf (lorsque cette opération n'est pas effectuée par le fabricant) l'élément et/ou le système. Le manuel de sécurité doit également contenir les informations pertinentes portant sur les restrictions éventuelles concernant les modifications futures de l'environnement électromagnétique.

7.2 Aspects CEM au niveau du système

La sécurité fonctionnelle d'un système relatif à la sécurité ne doit pas être affectée de manière inacceptable par son environnement électromagnétique. Cela exige que les performances du système relatif à la sécurité soient suffisantes pour l'intégrité de sécurité et l'environnement électromagnétique prévus au cours de sa durée de vie. La conception du système doit documenter la durée de vie prévue et l'environnement prévu du système.

Toutes les perturbations électromagnétiques générées au sein du système relatif à la sécurité ne doivent en aucun cas affecter de manière inacceptable la sécurité fonctionnelle des autres parties de ce même système.

Les perturbations électromagnétiques peuvent occasionner des anomalies systématiques ou de “cause commune”. Cette capacité d'une perturbation électromagnétique à affecter plusieurs équipements d'un système relatif à la sécurité est due à la conception du système et doit par conséquent être traitée par les mesures et techniques présentées ci-dessous et à l'Annexe B.

Toutes les mesures CEM doivent être conçues et mises en œuvre de sorte qu'elles soient efficaces au cours de la durée de vie du système lorsqu'il est tenu compte de l'environnement physique (ce qui inclut les contraintes mécaniques, climatiques, chimiques, biologiques et autres contraintes et déformations). Ceci est dû au fait que l'exposition à son environnement physique au cours de sa durée de vie peut affecter les émissions électromagnétiques d'un système relatif à la sécurité et affecter également son mode de réaction aux perturbations électromagnétiques. La conception du système relatif à la sécurité doit être telle que celui-ci maintient ses caractéristiques électromagnétiques nécessaires au cours de sa durée de vie.

Les caractéristiques électromagnétiques d'un système relatif à la sécurité dépendent des caractéristiques électromagnétiques de chaque équipement individuel sans toutefois reposer nécessairement sur ces dernières. À cette fin, la procédure suivante doit être appliquée:

- Le système complet est systématiquement divisé en équipements.
- Tous les équipements du système doivent être décrits par leurs caractéristiques CEM. Un équipement peut contenir plusieurs composants (par exemple, alimentation, carte de circuit imprimé, affichage), ainsi qu'un plan de câblage.
- L'interaction entre chaque combinaison d'équipements doit être analysée et évaluée en ce qui concerne l'influence des environnements électromagnétiques externes et internes. Ceci peut entraîner une analyse et une évaluation des caractéristiques électromagnétiques de toutes les combinaisons des composants des deux équipements, comme le représente par exemple le schéma de la Figure 3.
- Les critères de performances fonctionnelles des divers composants lorsqu'ils sont altérés, doivent être analysés en ce qui concerne leur impact global sur la conception particulière du système relatif à la sécurité concerné. Certaines dégradations des performances qui sont acceptables pour un composant soumis à l'essai de manière autonome, ou dans un système différent, peuvent ne pas être acceptables si elles se produisent dans un système relatif à la sécurité particulier.

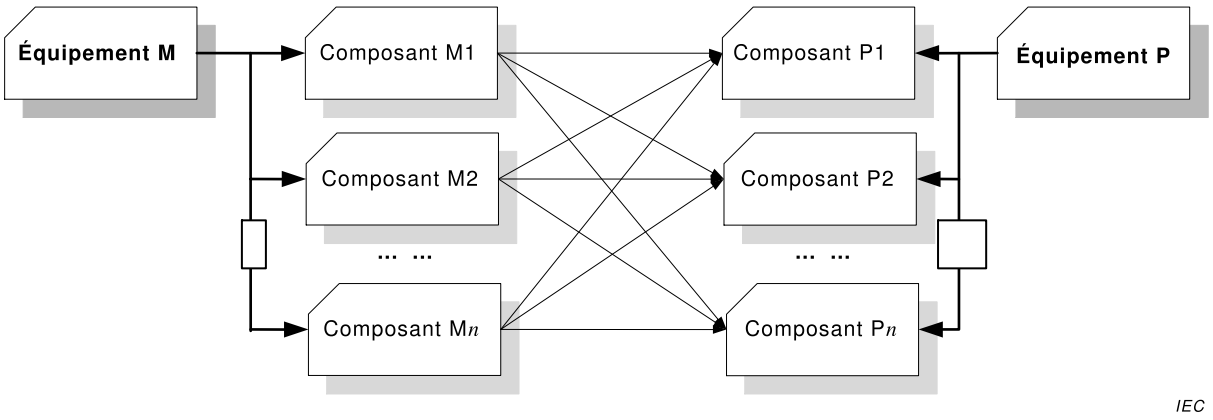


Figure 3 – CEM entre un équipement M et un équipement P

D'autres lignes directrices sur la conception, les techniques de gestion de la conception et d'autres mesures sont données dans le Tableau 3. Ces techniques sont classées en SIL selon le meilleur jugement d'expert. Le Tableau 3 fait également référence aux mesures de conception technique données à l'Annexe B.

Tableau 3 – Conception, techniques de gestion de conception et autres mesures

N°	Conception, techniques de gestion de conception ou autres mesures	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
1	Planification de sécurité CEM	R	HR	M	M
2	Fournir à l'utilisateur final des informations sur les restrictions concernant l'application du système ou de l'équipement, y compris celles relatives à l'environnement électromagnétique	R	HR	M	M
3	Prendre en considération le cycle de vie et les mesures de conception technique (voir par exemple l'Annexe B)	R	HR	HR	HR
4	Prendre en considération les exigences CEM indiquées dans le manuel de sécurité du produit pour tous les produits et équipements achetés	M	M	M	M
5	Procédures pour le maintien des caractéristiques électromagnétiques tout au long de la durée de vie lors des opérations d'exploitation, maintenance, réparation et remise à neuf, modifications et améliorations	HR	HR	M	M
6	Prendre en considération les effets des anomalies et d'une mauvaise utilisation raisonnablement prévisibles sur les caractéristiques électromagnétiques et les mesures d'atténuation	M	M	M	M

M La technique ou la mesure est une exigence obligatoire et doit être réalisée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette aptitude systématique).

HR La technique ou la mesure est fortement recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et doit être réalisée à moins que sa non-réalisation soit l'objet d'une justification technique. Si cette technique ou mesure n'est pas appliquée, la justification de sa non-application doit alors être pleinement détaillée lors de la planification de sécurité et faire l'objet d'un accord avec l'évaluateur.

R La technique ou la mesure est recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et il convient de la réaliser en tant que recommandation inférieure à une recommandation HR.

Lorsqu'une technique ou une mesure est recommandée, elle est plus susceptible d'obtenir le résultat souhaité que d'autres techniques ou mesures. Elle n'est ni obligatoire, ni fortement recommandée, et une autre technique ou mesure peut être justifiée.

7.3 Aspects CEM au niveau de l'équipement

Les performances électromagnétiques d'un système relatif à la sécurité dépendent, dans une certaine mesure, des caractéristiques électromagnétiques de ses équipements, de l'environnement électromagnétique et des mesures d'atténuation utilisées. Les performances doivent permettre de satisfaire à la spécification des exigences concernant la sécurité du système E/E/PE au cours de sa durée de vie prévue. Les perturbations électromagnétiques éventuelles générées par les équipements internes à un système relatif à la sécurité ne doivent pas affecter indûment les autres équipements de ce système.

Toutes les mesures CEM doivent être conçues et mises en œuvre de sorte qu'elles soient efficaces au cours de la durée de vie de l'équipement lorsqu'il est tenu compte de l'environnement physique (ce qui inclut les contraintes mécaniques, climatiques, chimiques, biologiques et autres contraintes et déformations). Ceci est dû au fait que les émissions et l'immunité peuvent être affectées au cours de la durée de vie des équipements, par une exposition à leur environnement physique. La conception des équipements doit être telle que ceux-ci maintiennent leurs caractéristiques électromagnétiques nécessaires tout au long de leur durée de vie.

De ce fait, l'immunité aux perturbations électromagnétiques doit être prise en considération au niveau de l'équipement. Les exigences d'immunité des équipements doivent être déduites en tenant compte

- de l'environnement électromagnétique externe pour lequel l'équipement est spécifié;
- de l'environnement électromagnétique local auquel l'équipement peut être exposé en raison d'autres équipements au voisinage immédiat;

- des exigences déduites des aspects relatifs au système/équipement compte tenu des mesures d'atténuation de système éventuelles et;
- des exigences éventuelles telles qu'identifiées au cours du processus de planification de sécurité CEM.

Ceci entraîne une ERS, qui doit inclure:

- les perturbations électromagnétiques que la conception de l'équipement peut avoir à supporter, tout en maintenant ses caractéristiques électromagnétiques souhaitées;
- les exigences d'immunité (voir IEC 61000-6-7 pour des exemples);
- les exigences particulières éventuelles concernant les paramètres d'essai (selon l'utilisation prévue du ou des systèmes) et;
- les critères de performances éventuels spécifiant un comportement défini de l'équipement en essai (par exemple en utilisant un critère de performances particulier tenant compte des aspects de la sécurité fonctionnelle du système global) (voir 8.4.1 et 8.4.2).

NOTE 1 L'ERS envisage la situation avec une installation particulière. Elle n'est pas nécessairement identique à la spécification de produit à laquelle satisfait un fabricant pour les produits qu'il propose sur le marché et par rapport à laquelle il est tenu d'en faire la démonstration par l'application de méthodes appropriées (par exemple, dans un manuel de sécurité pour article conforme). Dans certains cas, les deux spécifications peuvent être identiques, mais dans d'autres cas, il peut être nécessaire d'appliquer des mesures supplémentaires au produit afin d'être conforme à l'ERS). Voir l'Annexe D et particulièrement la Figure D.2 pour une description de ce processus.

L'ERS peut être satisfaite par l'application de techniques de gestion de conception appropriées telles que la détermination des sensibilités électromagnétiques, la conception de caractéristiques électromagnétiques afin de faire face aux anomalies et mauvaises utilisations prévisibles, l'utilisation de deux couches de protection ou plus, la non-utilisation de composants avec des caractéristiques électromagnétiques non acceptables et la vérification individuelle des aspects de conception électromagnétique. L'Annexe B fournit une liste de quelques mesures et techniques possibles.

NOTE 2 Les effets des perturbations électromagnétiques et de l'environnement physique sur les équipements de même conception sont habituellement de cause commune ou systématiques (voir Article 5) – ils ont la même influence simultanée sur tous les équipements.

8 Vérification et validation des performances de sécurité fonctionnelle par rapport aux perturbations électromagnétiques

8.1 Processus de vérification et de validation

Dans la plupart des cas, il n'existe pas de mode de contrôle et de vérification simple ou pratique, au moyen d'essais ou de mesures, de la réalisation des caractéristiques électromagnétiques spécifiées pour le système relatif à la sécurité complet par rapport aux autres systèmes ou équipements, ou à l'environnement électromagnétique externe pour toutes les conditions et pour tous les modes de fonctionnement. Ceci est dû au fait que chaque combinaison des conditions et des modes de fonctionnement, ainsi que des phénomènes électromagnétiques agissant sur le système, ne peut être réalisée d'une manière et dans un délai raisonnables. De ce fait, il est recommandé d'appliquer des processus bien définis au niveau du système (ou de l'équipement) afin de démontrer que les caractéristiques électromagnétiques spécifiées ont été réalisées conformément à la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE (ou ERS).

Afin de démontrer qu'un système relatif à la sécurité satisfait à la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE, des activités de vérification et de validation doivent être réalisées. Une planification appropriée de ces activités est exigée. Les aspects CEM des activités de vérification et de validation peuvent être inclus dans la planification CEM et/ou intégrés séparément à la planification de validation et de vérification des systèmes, s'il y a lieu.

La relation entre les processus de vérification et de validation, ainsi que leur relation avec le cycle de vie de sécurité, peuvent être démontrées par le diagramme présenté à la Figure 4. Pour des raisons de clarté, le diagramme considère uniquement les parties du cycle de vie qui sont liées aux aspects spécifiques à la CEM. Le diagramme présente ces parties dans une structure plus détaillée qui utilise une représentation en V du cycle de vie (au lieu de la représentation purement séquentielle de la Figure 1).

Une représentation en V reflète le cycle de vie combiné à une approche de transition du niveau du système au niveau des composants qui constituent le système, via le niveau de l'équipement.

NOTE 1 Selon la complexité du système, un plus grand nombre ou un nombre réduit de niveaux peut être utilisé.

La branche descendante (côté gauche) peut généralement être affectée à la conception et au développement et constitue un processus d'affinement qui commence par le système relatif à la sécurité complet et se termine par les composants de ce système. La branche ascendante (côté droit) est liée à l'assemblage, à la construction et à l'installation du système entier.

La représentation en V indique que les activités d'acceptation sont intrinsèquement liées aux activités de conception et de développement pour autant que les éléments réels de conception doivent faire l'objet d'un contrôle final par rapport aux exigences. La représentation s'avère efficace dans la présentation des tâches de vérification et de validation internes au cycle de vie. Elle indique par ailleurs le niveau d'affectation de ces tâches.

EXEMPLE Les caractéristiques électromagnétiques exigées pour un système relatif à la sécurité complet peuvent être partiellement ramenées aux caractéristiques électromagnétiques des éléments qui constituent le système complet. Ainsi, au cours d'un processus de vérification, les caractéristiques électromagnétiques des éléments individuels peuvent être vérifiées afin de confirmer qu'elles viennent à l'appui de la réalisation des caractéristiques électromagnétiques exigées pour le système.

NOTE 2 Un système relatif à la sécurité complet est normalement une installation singulière spécifique à l'application. Par conséquent, des exigences CEM concrètes propres à un système ne peuvent pas être définies dans une norme dans la mesure où il faut qu'elles tiennent compte de l'environnement électromagnétique individuel spécifique à l'installation. L'autre niveau extrême est le niveau de l'élément, lorsque dans la plupart des cas des produits de série sont utilisés. Ces éléments ne peuvent être soumis à l’essai par rapport à toutes les exigences individuelles.

Au niveau de l'élément, les essais peuvent être effectués conformément à des normes internationales relatives à la sécurité telles que l'IEC 61326-3-1, l'IEC 61000-6-7, etc. Les écarts entre les exigences au niveau du système et les exigences d'essai des éléments peuvent être comblés par des mesures supplémentaires telles qu'un filtrage complémentaire, l'installation dans des baies protégées, l'utilisation de câbles blindés, etc. Si les éléments ou les systèmes relatifs à la sécurité reposent sur des mesures d'atténuation, les notices de l'utilisateur et de maintenance, de même que toute autre documentation, doivent alors indiquer l'existence d'un danger pour la sécurité si la mesure d'atténuation particulière n'est pas correctement mise en place, appliquée et/ou maintenue.

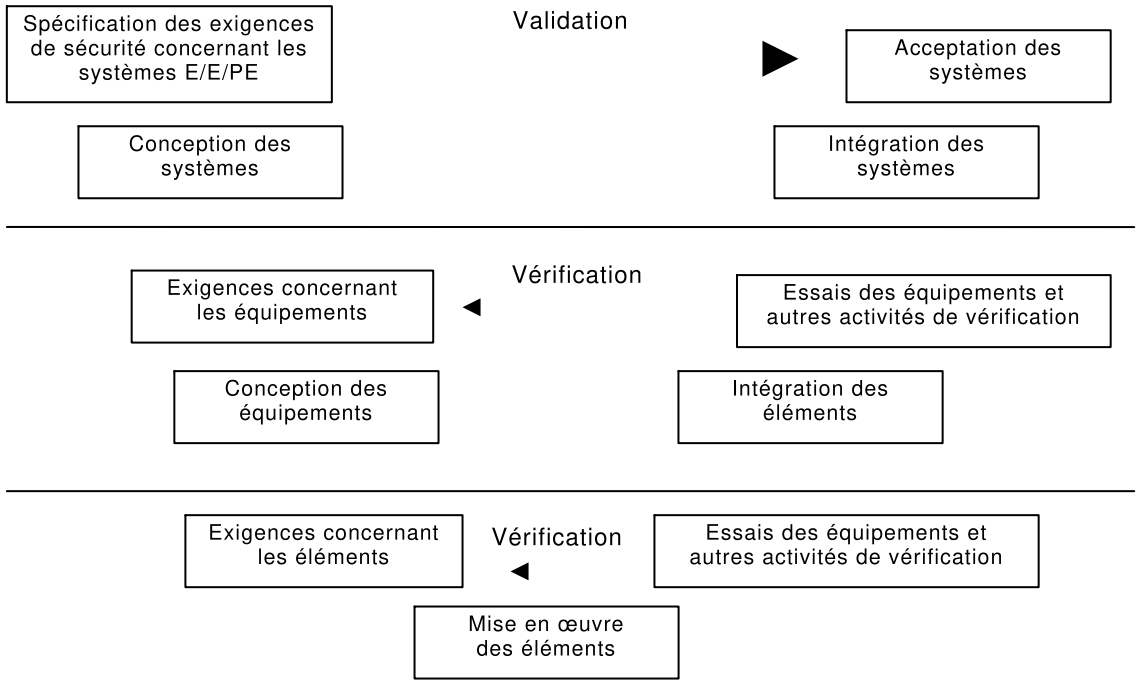


Figure 4 – Exemple de représentation en V des cycles de vie démontrant le rôle de la validation et de la vérification pour les performances de sécurité fonctionnelle par rapport aux perturbations électromagnétiques

8.2 Vérification

L'objectif de la vérification est de confirmer et démontrer que les consommables de chaque phase satisfont à tous égards aux exigences de cette phase. De ce fait, la vérification est effectuée au cours de la phase individuelle et est liée aux niveaux inférieurs au niveau du système global: par exemple, niveau de l'équipement ou niveau du composant.

La vérification doit tenir compte de toutes les perturbations électromagnétiques pertinentes et des caractéristiques électromagnétiques correspondantes exigées. Elle doit concerner les critères de réussite/échec spécifiques (par exemple, critères de performances particuliers tenant compte des aspects liés à la sécurité fonctionnelle), un choix positif des méthodes et activités de vérification, ainsi que la nécessité de dispositions CEM particulières.

La vérification peut être effectuée par une seule activité ou par une combinaison de plusieurs activités. Dans la plupart des cas, toutefois, la vérification inclut des essais (voir Article 9) sur la base de méthodes d'essai normalisées, combinées à des critères de performances appropriés tenant compte des aspects liés à la sécurité fonctionnelle (voir 9.3 et 9.4).

La conformité aux exigences d'essai est démontrée par satisfaction aux exigences techniques et quantitatives des normes qui définissent ces méthodes d'essai (par exemple, la série IEC 61000-4) et documentée par des rapports et des certificats d'essai, ou des documents équivalents.

Au niveau de l'élément, les normes de familles de produits ou de produits génériques pertinentes relatives à la sécurité fonctionnelle doivent être appliquées.

Les autres activités de vérification peuvent inclure:

- les revues réalisées à la fin de chaque phase du cycle de vie destinées à assurer la conformité aux objectifs et aux exigences de cette phase, en tenant compte des entrées spécifiques à cette même phase;
- les essais non normalisés appropriés réalisés sur les produits conçus afin d'assurer que leur fonctionnement est conforme à leur spécification;
- les essais de matériels individuels et/ou intégrés réalisés lors de l'assemblage, élément par élément, de différentes parties d'un système et la réalisation d'essais d'environnement afin de s'assurer que toutes les parties fonctionnent les unes avec les autres conformément aux spécifications.

Les résultats de la vérification doivent être décrits dans un rapport de vérification (qui peut être par exemple un rapport d'essai) ou dans un dossier de construction technique.

8.3 Validation

L'objectif de la validation est d'obtenir la confirmation finale que le système relatif à la sécurité complet satisfait à tous les objectifs exigés. Ceci implique une combinaison de plusieurs activités telles que des prévisions, des revues ou des essais. Afin de démontrer que toutes les exigences de sécurité ont été entièrement traitées, il est recommandé de planifier à l'avance le mode de structuration des revues, essais, etc. Ce plan de validation (ou de qualité) peut faire partie du plan CEM ou d'un document séparé.

La validation doit prendre en compte toutes les phases du cycle de vie et présenter les points de vérification. Elle doit concerner les critères de réussite/échec spécifiques, un choix positif des méthodes et activités de validation, ainsi qu'un traitement clair des non-conformités.

Les activités de validation incluent:

- la démonstration du traitement intégral et de la mise en œuvre correcte des exigences de sécurité;
- des listes de contrôle (par exemple, afin de s'assurer de l'observation, l'application et la mise en œuvre appropriées des mesures CEM);
- des inspections (par exemple, concernant le respect des lignes directrices d'installation);
- des revues et audits (par exemple, vérification finale à la fin du projet);
- des évaluations;
- des essais (par exemple, essai de réception en usine ou essais sur site).

Le processus de validation est décrit dans le plan de validation. Il contient la structure et le calendrier des activités de validation, ainsi que les justifications techniques relatives à la méthode utilisée par les activités choisies pour démontrer la satisfaction aux exigences de sécurité.

Dans les cas où le système, son utilisation ou l'environnement électromagnétique est l'objet de modifications, les phases appropriées du cycle de vie doivent être réexaminées et une revalidation être effectuée si nécessaire.

Les résultats du processus de validation sont décrits dans un rapport de validation.

8.4 Théorie d'essai pour les équipements destinés à être utilisés dans les systèmes relatifs à la sécurité

8.4.1 Généralités

Les équipements qui exécutent ou destinés à exécuter des fonctions de sécurité ou des parties de fonctions de sécurité, doivent avoir un comportement spécifique. Le comportement spécifique d'un système relatif à la sécurité est d'obtenir ou de maintenir les conditions de sécurité des équipements et des équipements commandés associés. Pour y parvenir, le

comportement des équipements doit être connu dans toutes les conditions spécifiées. La spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE développée pour le système à l'étude doit préciser la fonction de sécurité et le comportement exigé en cas de défaillance ou d'occurrence d'une anomalie.

8.4.2 Critère de performances DS pour les applications de sécurité

Un critère de performances spécifiques désigné comme DS et applicable aux fonctions qui contribuent ou sont destinées aux applications de sécurité tenant compte des aspects liés à la sécurité fonctionnelle est défini comme suit:

Les fonctions de l'EUT destiné à des applications de sécurité ne sont pas affectées hors de leur spécification ou peuvent être affectées de manière provisoire ou permanente si l'EUT réagit à une perturbation de manière à maintenir ou à atteindre un ou des états définis détectables de ce même EUT dans un délai indiqué. La destruction des composants est également admise si un état défini de l'EUT est maintenu ou atteint dans un délai indiqué.

NOTE 1 Par conséquent, il est possible que l'état défini se situe hors des limites de fonctionnement normales, ou soit à défaut détectable.

NOTE 2 Certaines publications CEM relatives à la sécurité fonctionnelle utilisent l'abréviation FS pour ce critère de performance.

Les fonctions non destinées aux applications de sécurité peuvent être perturbées de façon provisoire ou permanente.

NOTE 3 Les critères de performances généralisés A, B et C tels que définis dans les normes CEM génériques, ainsi que les critères de performances plus précis tels que définis dans les normes de produits ou de familles de produits CEM n'ont pas été spécifiquement créés pour être utilisés dans les applications de sécurité fonctionnelle. Toutefois, le critère de performances A est toujours acceptable.

8.4.3 Application du critère de performances DS

Ce critère de performances DS, applicable uniquement aux fonctions qui contribuent ou sont destinées aux applications de sécurité, doit être pris en compte pour tous les phénomènes électromagnétiques. Aucune différenciation n'est exigée entre les phénomènes électromagnétiques continus et transitoires.

Lorsqu'un dispositif ou un système exécute à la fois des fonctions de sécurité et des fonctions non relatives à la sécurité, les exigences concernant la sécurité fonctionnelle s'appliquent dans le seul contexte des fonctions de sécurité.

8.4.4 Relation avec les normes CEM "normales"

Même si la sécurité fonctionnelle exige le fonctionnement correct du système complet, par exemple, comprenant les capteurs, l'unité logique et les actionneurs, il est possible de soumettre ses dispositifs à l'essai individuellement. Pour ce faire, les dispositifs individuels destinés à être utilisés pour construire un système relatif à la sécurité doivent être spécifiés de manière suffisante. Cette spécification comprend la fonction prévue et le comportement défini en cas de défaillance. L'objectif des essais d'immunité est de permettre de démontrer que la spécification est satisfaite pour les perturbations électromagnétiques prises en compte.

La spécification des fonctions prévues des éléments destinés à être utilisés dans les systèmes relatifs à la sécurité doit être incluse dans le manuel de sécurité pour article conforme. Il est difficile de quantifier l'impact de toutes les fonctions perturbées dans la mesure où cela dépend de l'application. Toutefois, le concepteur doit dûment tenir compte de toutes les utilisations prévisibles dans le développement de la SSRS. Par conséquent, l'essai doit présenter le comportement de l'équipement en essai. Les écarts par rapport aux fonctions non perturbées doivent être détectables et doivent être documentés dans le rapport d'essai.

Les critères de performances pour la sécurité fonctionnelle définissent les exigences spécifiques concernant les équipements destinés à être utilisés dans les applications relatives à la sécurité. Dans ce cas, les exigences normales et les exigences spécifiques concernant la sécurité fonctionnelle s'appliquent. Les critères de performances pour les essais d'immunité normaux dans le cadre de leurs limites associées et les critères de performances pour les essais de sécurité CEM sont étudiés séparément, ce qui peut entraîner des essais différents.

NOTE Les essais d'immunité normaux/exigences d'immunité normales sont les essais/exigences qui sont réalisés selon les spécifications données dans les normes génériques ou de produits, où ces spécifications ne prennent pas en considération les aspects liés à la sécurité fonctionnelle.

L'approche générale est présentée dans le Tableau 4.

La Figure C.1 représente plus en détail l'application des critères de performances appropriés pour les équipements, en indiquant quels effets dus aux perturbations électromagnétiques spécifiques sont admis.

Tableau 4 – Critères de performances applicables et comportement observé lors de l'essai des équipements destinés à être utilisés dans les systèmes relatifs à la sécurité

Essais CEM normaux	Essais de sécurité CEM
A B + comportement prédéfini, détectable et documenté + temps de récupération à documenter C + comportement prédéfini, détectable et documenté	A ou DS
Le critère de performances A est toujours acceptable. Il convient d'évaluer la possibilité que les critères de performances B et C donnent lieu à une mauvaise utilisation de la fonction de sécurité (par exemple, désactivation de la fonction de sécurité). NOTE 1 La description des critères de performances A, B et C est donnée dans des normes génériques telles que l'IEC 61000-6-1 et adaptée en conséquence dans les normes de produit. NOTE 2 Pour de plus amples informations sur les effets admis pendant les essais d'immunité, voir les Figures C.1 et C.2.	

8.5 Théorie d'essai pour les systèmes relatifs à la sécurité

Les fonctions prévues et les états de sécurité possibles sont spécifiés pour un système relatif à la sécurité. Le but des essais d'immunité est de permettre de démontrer que le système dans son ensemble se comporte comme précisé et exigé par la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE.

Les critères de performances relatifs à la sécurité fonctionnelle définissent des exigences supplémentaires pour les systèmes relatifs à la sécurité. Les critères de performances pour les essais CEM normaux dans le cadre de leurs limites associées et les critères de performances pour les essais de sécurité CEM sont pris en compte séparément.

La Figure C.1 représente plus en détail l'application des critères de performances appropriés pour les fonctions des systèmes relatifs à la sécurité, en indiquant quels effets dus aux perturbations électromagnétiques spécifiques sont admis.

Il convient de réaliser les essais de système au niveau d'assemblage pratique le plus élevé, si nécessaire en appliquant des méthodes d'essai sur place ou in situ appropriées.

Il peut être difficile parfois d'évaluer séparément les fonctions relatives à la sécurité et les fonctions normales d'un système. Lorsque la séparation des essais CEM pour les deux types de fonctions ne s'avère pas pratique, il est acceptable de combiner les essais CEM pour ces deux types.

9 Essais CEM du point de vue de la sécurité fonctionnelle

9.1 Types et niveaux d'essais électromagnétiques du point de vue de la sécurité fonctionnelle

9.1.1 Considérations relatives aux essais

Dans la plupart des cas, il n'existe pas de mode de vérification simple ou pratique, uniquement par des essais, de la réalisation des caractéristiques électromagnétiques spécifiées (voir Article 7). Les essais CEM pour la sécurité fonctionnelle exigent certaines considérations particulières.

9.1.2 Types d'essais d'immunité

Habituellement, les essais d'immunité fonctionnelle définis dans une norme de produit ou générique ne prennent pas en compte tous les phénomènes électromagnétiques possibles (tels qu'énumérés dans le Tableau A.1). Il est également concevable qu'une perturbation électromagnétique importante qui n'a pas été prise en compte puisse avoir une influence sur la sécurité.

Pour ce qui concerne la sécurité, il est par conséquent nécessaire d'évaluer si des perturbations qui peuvent ne pas avoir été prises en compte dans les normes de produits ou génériques peuvent se produire. Si leur pertinence a été démontrée, leur impact doit être analysé et les essais correspondants doivent être réalisés.

9.1.3 Niveaux d'essai

Les niveaux d'essais d'immunité spécifiés dans les normes CEM de produits ou génériques, correspondent à des niveaux normaux de perturbations pour l’environnement.

Pour les besoins de la sécurité, les concepteurs de systèmes doivent spécifier des niveaux d'essai basés sur les niveaux maximums des perturbations électromagnétiques lorsqu'il est prévu d'utiliser des systèmes relatifs à la sécurité. Les comités de produits ou les fabricants doivent spécifier des essais et des niveaux basés sur les niveaux maximums susceptibles de se produire dans la plupart des environnements probables où l'équipement est destiné à être installé (voir par exemple l'IEC 61000-6-7).

Lorsque cela est possible, c'est-à-dire lorsque l'expérience ou les connaissances acquises sur l'environnement sont suffisantes, il est recommandé de tenir compte de la distribution statistique des niveaux de perturbation.

Il peut par conséquent s'avérer nécessaire d'améliorer les niveaux d'essai d'immunité fonctionnelle par une valeur issue de l'évaluation de l'environnement électromagnétique. Il n'est pas toujours possible de donner un avis général sur cette valeur qui dépend de nombreuses conditions, y compris l'incertitude (voir 9.4). Les niveaux d'essai doivent être spécifiés au cas par cas. Le niveau d'essai affecté à chaque phénomène électromagnétique peut différer selon son occurrence. Dans certaines circonstances, il est nécessaire de spécifier cette valeur de manière à conduire à un niveau d'essai supérieur à celui exigé par les impératifs de fonctionnement.

Pour les équipements ou systèmes contenant des parties relatives à la sécurité spécifiques, trois séries d'essais peuvent être prises en compte:

- une série d'essais pour les parties du système sans impact sur la sécurité;
- une série d'essais pour les parties du système avec impact sur la sécurité;
- une série d'essais pour les systèmes relatifs à la sécurité complets lorsque la pratique le permet.

9.2 Détermination des méthodes d'essai du point de vue de la sécurité fonctionnelle

Compte tenu de la diversité des équipements, des conditions d'environnement et des conditions spécifiques à l'installation à l'étude, il est difficile de fournir des règles exactes relatives au mode de sélection des essais. La sélection des essais doit fondamentalement tenir compte de tous les phénomènes électromagnétiques identifiés comme se produisant dans l'environnement électromagnétique. Cet environnement comprend à la fois les phénomènes électromagnétiques dus aux conditions externes et les phénomènes électromagnétiques résultant des processus internes à l'installation. Les essais doivent être sélectionnés et déterminés de sorte qu'ils reflètent et simulent l'influence des phénomènes électromagnétiques sur le système relatif à la sécurité et ses composants.

NOTE 1 Dans certains cas, il n'est pas pratique d'appliquer les essais sur un système relatif à la sécurité dans son ensemble, et les essais sont de ce fait appliqués séparément sur chaque équipement. Dans ces cas, les essais sont réalisés de sorte que leur application sur chaque équipement représente l'effet des phénomènes électromagnétiques sur le système relatif à la sécurité dans son ensemble.

Lors de la détermination d'une méthode d'essai pour un essai d'immunité, l'incertitude d'essai doit être évaluée et prise en compte, à la fois par rapport à la réalisation des essais, et par rapport aux paramètres d'essai d'immunité applicables.

Il existe plusieurs possibilités de détermination des méthodes d'essai appropriées:

a) Utilisation de méthodes d'essai normalisées, par exemple, les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4 ou d'autres normes plus appropriées

   Dans la plupart des cas, les phénomènes électromagnétiques tels que les transitoires (salves) électriques rapides ou les décharges électrostatiques (DES) doivent être pris en compte dans la mesure où ils sont à prévoir dans les installations typiques. Cependant, certains autres phénomènes électromagnétiques doivent également être pris en considération en raison de la situation existante à l'installation spécifique, par exemple, l'occurrence de champs magnétiques à la fréquence industrielle relativement élevés ou la présence d'une source d'alimentation inappropriée indiquant des déséquilibres de tension importants ou des interruptions de tension fréquentes. Ces phénomènes sont bien compris depuis plusieurs décennies, et des méthodes d'essai ont été élaborées afin de représenter l'effet des perturbations sur l'équipement en essai. Les méthodes d'essai correspondantes sont décrites dans la série IEC 61000-4. Une expérience utile a été acquise en matière de réalisation d'essais et de paramètres d'essai afin de représenter l'effet des perturbations de la manière la plus réaliste possible.

b) Application de variantes des méthodes d'essai normalisées

   Bien que les méthodes d'essai normalisées, décrites par exemple dans les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4 ou dans d'autres normes plus appropriées, et les paramètres d'essai décrits dans ces normes couvrent une large plage de phénomènes électromagnétiques, il peut exister des situations dans lesquelles un phénomène électromagnétique effectivement prévu dans l'installation diffère dans une certaine mesure de celui couvert par un essai normalisé. Dans ces cas, il est utile d'évaluer l'écart du phénomène réel par rapport à celui défini dans une méthode d'essai normalisée et de vérifier l'applicabilité de la méthode d'essai normalisée lorsqu'elle est adaptée en conséquence.

   NOTE 2 Un exemple peut démontrer cette approche. Lorsqu'il s'agit d'observer l'immunité aux champs magnétiques à la fréquence industrielle, les méthodes et paramètres d'essai décrits dans l'IEC 61000-4-8 peuvent être appliqués. La présente norme se concentre principalement sur les effets des champs magnétiques de 50 Hz à 60 Hz. Si, toutefois, l'évaluation de l'environnement électromagnétique indique que des harmoniques importants doivent être pris en considération, la méthode d'essai de base définie dans la présente norme peut également être utilisée pour vérifier par essai l'immunité aux champs magnétiques aux fréquences harmoniques.

c) Un phénomène électromagnétique n'est pas traité par les normes existantes ou des variantes de ces normes

   Dans certaines installations particulières, il se produit des phénomènes électromagnétiques qui ne sont pas traités par les méthodes d'essai normalisées, telles que les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4, et qui ne peuvent pas être modélisés par les méthodes d'essai normalisées adaptées en conséquence. Il peut

s’agir par exemple de l’émergence de nouvelles technologies qui présentent des phénomènes électromagnétiques qui ne sont pas encore pris en considération par les méthodes d'essai normalisées. Dans ces cas, des méthodes d'essai spécifiques, dont la réalisation et les paramètres doivent refléter l'effet du phénomène électromagnétique à l’étude dans les conditions les plus réalistes possible, doivent être développées. Une vérification et une validation sont nécessaires pour démontrer que les nouvelles méthodes d’essai produisent des résultats d'essai exacts et fiables.

9.3 Considérations concernant les méthodes d'essai et la réalisation des essais du point de vue de l’aptitude systématique

9.3.1 Généralités

Les essais d'immunité et les niveaux d'essai d'immunité doivent être sélectionnés pour les divers phénomènes électromagnétiques en tenant compte:

- des caractéristiques de l'environnement électromagnétique dans lequel il est prévu d'exploiter l'installation à l’étude;
- de l'amplitude maximale de la perturbation électromagnétique réelle à prévoir aux divers endroits de l'installation;
- de l'incertitude maximale due à la méthode et au matériel d'essai.

Les deuxième et troisième éléments étudiés ci-dessus en 9.3.1 sont basés sur le fait que, pour les phénomènes électromagnétiques, il n'est normalement pas possible d'établir une corrélation simple, évidente et démontrable entre les exigences d'essai d'immunité applicables et le SIL en raison des aspects probabilistes d'une détermination de ce même SIL. Étant donné que ces amplitudes maximales ne sont pas corrélées avec le SIL, elles doivent être utilisées pour déterminer les niveaux d'essai.

Outre les niveaux d'essai d'immunité, d'autres paramètres peuvent déterminer le caractère approprié des essais d'immunité. Ces paramètres sont par exemple:

- la période d'essai;
- le nombre d'essais avec différents montages ou échantillons pour essai;
- la variation des paramètres d'essai (par exemple, la direction du champ électromagnétique incident, la relation de phase entre les impulsions d'essai, le type de modulation du champ RF);
- les facteurs d'environnement (par exemple, température, humidité ou l'aspect de différents phénomènes électromagnétiques simultanés);
- les critères de performances.

Pour les essais d'immunité normalisés, par exemple, les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4, ces paramètres sont déterminés de manière à refléter les situations de brouillage ou les conditions typiques. Les paramètres sont déduits sur une base technique/économique.

Par exemple, la période d'essai est limitée à une période qui représente un compromis entre la durée des essais et le niveau de confiance selon lequel la durée d'essai est déterminée comme suffisamment longue pour les conditions de contrainte typiques.

De ce fait, ces paramètres peuvent être modifiés afin de renforcer le niveau de confiance selon lequel un essai d'immunité modifié en conséquence reflète l'effet d'une perturbation électromagnétique avec une probabilité plus élevée que l'utilisation des paramètres donnés, par exemple, dans les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4. À cet égard, les paramètres peuvent être modifiés selon le SIL exigé. Certains exemples de paramètres de modification sont donnés dans le Tableau 5.

NOTE Il n'est pas possible, comme dans le cas des niveaux d'immunité, d'établir une corrélation simple, évidente et démontrable entre l'essai d'immunité modifié en conséquence et le SIL exigé. De ce fait, la modification ou la variation des essais d'immunité repose principalement sur un jugement technique.

Tableau 5 – Exemples de méthodes de renforcement du niveau de confiance

Type de phénomènes électromagnétiques	Exemple de normes	Quelques exemples de méthodes de renforcement de la sévérité des essais par comparaison avec les exigences de la norme de base
Audiofréquence (AF)/radiofréquence (RF) continues	IEC 61000-4-3 IEC 61000-4-6 IEC 61000-4-8 IEC 61000-4-13 IEC 61000-4-16 IEC 61000-4-19 IEC 61000-4-20 IEC 61000-4-21	Fréquence de modulation (par exemple, 2 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 1 Hz à 10 kHz) Différents montages d'essai (essai de différentes combinaisons d'équipements / versions / câblage) Type de modulation (par exemple, modulé en amplitude AM, modulé en fréquence FM, modulé en impulsion PM) Différentes fréquences porteuses simultanées
Phénomènes transitoires	IEC 61000-4-4	Augmentation de la durée d'essai (pas de modification des paramètres normatifs) Modification de la fréquence de répétition des impulsions Modification de la longueur des paquets / du temps de répétition des impulsions Différents montages d'essai (essai de différentes combinaisons d'équipements / versions)
	IEC 61000-4-12 IEC 61000-4-18	Différents montages d'essai (essai de différentes combinaisons d'équipements / versions) Différentes fréquences porteuses simultanées
	IEC 61000-4-2 IEC 61000-4-5	Nombre d'impulsions Modification de la fréquence / du temps de répétition entre les impulsions / déphasage Différents montages d'essai (essai de différentes combinaisons d'équipements / versions)
NOTE 1 Certaines méthodes peuvent ne pas être applicables à certaines méthodes d'essai données dans les normes de base. NOTE 2 Les paramètres associés aux méthodes s'appliquent uniquement si les paramètres des phénomènes électromagnétiques peuvent réellement exister dans l'environnement électromagnétique examiné. NOTE 3 Pour des produits particuliers, différents ensembles de normes peuvent s'appliquer en lieu et place de la série IEC 61000-4. NOTE 4 Les équipements peuvent être exposés à plusieurs angles d'incidence et polarisations définis dans l'IEC 61000-4-21.		

9.3.2 Période d'essai

Certains phénomènes électromagnétiques à prendre en considération peuvent être associés à un état de fonctionnement des équipements uniquement de manière statistique, par exemple, l'occurrence simultanée d'une crête d'impulsion par rapport à l'état momentané d'un circuit numérique ou de la transmission d'un signal numérique.

Afin de renforcer le niveau de confiance concernant l'immunité aux perturbations électromagnétiques pour un SIL plus élevé, il peut être nécessaire de réaliser les essais d'immunité à ces types de phénomènes électromagnétiques avec un plus grand nombre d'impulsions ou par l'application d'une durée d'essai plus longue par comparaison aux exigences des normes de base correspondantes.

NOTE Exemple de modification de l'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides (IEC 61000-4-4): le couplage des impulsions est normalement appliqué pendant une période de 1 min pour chaque polarité. Cette période peut être augmentée en fonction du SIL.

9.3.3 Nombre d'essais avec différents montages ou échantillons pour essai

Le comportement d'immunité des équipements peut varier, par exemple en raison des tolérances des dispositifs utilisés avec les équipements ou des tolérances de fabrication des équipements. D'autres incertitudes peuvent provenir de diverses possibilités concernant un montage d'essai. De ce fait, il peut être raisonnable d'élargir les essais d'immunité par

- l'essai d'un plus grand nombre d'échantillons du produit examiné ou
- l'essai d'un échantillon à plusieurs reprises avec des variations du montage d'essai.

Ces essais peuvent être effectués de manière alternative et/ou combinée.

9.3.4 Variation des paramètres d'essai

Les essais d'immunité normalisés, par exemple les normes d'essai d'immunité de base de la série IEC 61000-4, décrivent un montage d'essai détaillé, ainsi que les paramètres à appliquer pendant l'essai d'immunité. Ces paramètres peuvent être modifiés afin de renforcer le niveau de confiance. Cette approche, au lieu de l'utilisation des paramètres des normes d'immunité de base, considère un plus grand nombre d'effets possibles du phénomène électromagnétique sur les équipements. Les exemples de ces modifications incluent:

- les modifications concernant le couplage d'un phénomène électromagnétique sur l'équipement en essai,
- les modifications concernant le placement physique de l'équipement en essai.

NOTE 1 Exemple de modification de l'essai d'immunité aux ondes de choc (IEC 61000-4-5): couplage des impulsions sur des lignes à courant alternatif au niveau des déphasages, outre les impulsions indiquées dans la norme de base.

NOTE 2 Exemple de modifications de l'essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques (IEC 61000-4-3): le champ incident fait face non seulement aux principaux côtés, mais également aux orientations inclinées de l'équipement en essai; l'équipement est soumis à l'essai avec différents types de fréquences de modulation (par exemple 2 Hz à 10 kHz) ou différentes fréquences porteuses simultanément.

9.3.5 Facteurs d'environnement

Outre la variation du comportement d'immunité des équipements en raison des tolérances des dispositifs utilisés, ou de leur assemblage, il peut être possible que des paramètres d'environnement affectent l'immunité. Ces facteurs sont, par exemple, la température ou l'humidité qui peut varier de manière considérable à l'endroit final de l'installation. Il convient de tenir compte de l'impact potentiel de ces facteurs sur l'immunité en tenant compte des contraintes, du vieillissement, de la mauvaise utilisation prévisible, etc., sur les caractéristiques électromagnétiques de l'équipement ou du système.

Il existe de nombreux types de contraintes possibles, y compris physiques (par exemple, flexion, torsion, etc.) et climatiques (par exemple, pression de l'air, température, humidité, etc.). Après réalisation des essais initiaux de fonctionnement électromagnétique comme décrit ci-dessus, et satisfaction de l'équipement à ces essais, il convient de réaliser un essai de vieillissement s'il peut être attendu de manière raisonnable et prévisible que les caractéristiques électromagnétiques changeront au cours de la durée de vie de l'équipement. Il convient que ces essais incluent, par exemple, l'évaluation de la réduction de l'efficacité des mesures d'atténuation électromagnétique associées à l'équipement ou au produit, due à la corrosion ou à un mouvement mécanique au cours de la durée de vie prévue du système. Pendant ou après ces essais de contrainte/vieillissement, s'il y a lieu, il convient de mesurer les caractéristiques électromagnétiques afin de déterminer si les caractéristiques électromagnétiques de l'équipement ont été détériorées de manière excessive. Les résultats de ces essais et leur impact sur les caractéristiques électromagnétiques au cours de la durée de vie prévue de l'équipement ou du système doivent également être documentés pour chaque phénomène électromagnétique examiné. Toutes les contraintes physiques et tous les aspects du vieillissement relevant de la spécification de l'équipement/du système doivent être évalués et documentés.

En variante, lorsque l'équipement est protégé contre son environnement électromagnétique et physique par une enveloppe externe, il est admis de soumettre à l'essai l'enveloppe finie afin de déterminer la réduction de ses caractéristiques électromagnétiques due aux contraintes physiques, au vieillissement, à une mauvaise utilisation prévisible, etc., au cours de sa durée de vie prévue. Il convient que l'enveloppe soumise à l'essai comprenne les mêmes types d'entrées de câble, de fixations de portes et de panneaux, etc., que le type fourni ou spécifié pour l'équipement. Il n'existe aucune exigence qui vise à soumettre à l'essai, par rapport à l'environnement extérieur, les produits et les autres équipements installés à l'intérieur d'une enveloppe.

9.4 Incertitude d'essai

L'immunité exigée des produits ou équipements aux phénomènes électromagnétiques est dans la plupart des cas démontrée par des essais d'immunité fondés sur les normes CEM de base. Les résultats des essais servent à établir si l'équipement en essai satisfait aux exigences et s'il peut par conséquent être utilisé dans un système relatif à la sécurité.

De ce fait, il est important d'avoir certaines indications de la qualité des résultats, c'est-à-dire de leur niveau de fiabilité auquel l'utilisateur peut se fier pour l'objectif déclaré. L'évaluation et l'estimation de l'incertitude associée constituent l'un des moyens de démontrer la qualité de réalisation de l'essai d'immunité et des résultats d'essai.

Qu'un essai d'immunité soit normalisé ou modifié, il doit être développé de manière à obtenir des résultats reproductibles si différentes parties réalisent le même essai avec le même EUT. Outre ce fait de répétabilité, un montage d'essai d'immunité et le niveau d'essai d'immunité ajusté doivent refléter le plus possible les niveaux spécifiés. De ce fait, une attention particulière doit être accordée aux facteurs qui peuvent générer un écart par rapport aux niveaux spécifiés et dont l'impact peut être décrit de manière quantitative par l'incertitude. Des informations importantes concernant tous les aspects relatifs à l'incertitude et sa détermination sont données dans l'IEC TR 61000-1-6 et la série de normes CISPR 16-4.

En conséquence, l'incertitude associée à un essai d'immunité doit être déterminée et évaluée par rapport à son impact sur les résultats d'essai.

NOTE 1 Le type d'incertitude à considérer et la valeur d'incertitude à ne pas dépasser dépendent de l'essai d'immunité particulier.

NOTE 2 D'autres facteurs de vérification de l'incertitude par essai peuvent être pris en considération outre l'incertitude de l'instrumentation.

10 Documentation

Elle doit être rédigée selon les exigences données dans la norme appropriée pour la sécurité fonctionnelle (c'est-à-dire l'IEC 61508). L'ERS peut contenir des exigences supplémentaires concernant la documentation. Les informations doivent être fournies par un fabricant d'équipements sous la forme d'une spécification clairement documentée des caractéristiques maximales des phénomènes électromagnétiques correspondants auxquels les équipements sont censés être exposés. Ceci peut être réalisé par la spécification de normes et de niveaux CEM par rapport auxquels les équipements ont été soumis à l'essai. Dans le cas des éléments, il convient d'inclure ces informations dans le manuel de sécurité pour article conforme, voir 7.2, 7.3 et 8.4.3, ainsi que l'IEC 61000-6-7.

Annexe A
(informative)

Sélection des phénomènes électromagnétiques

Le Tableau A.1 énumère les phénomènes électromagnétiques décrits dans l'IEC TR 61000-2-5. Il présente les niveaux d'essai d'immunité définis dans l'IEC 61000-6-2 et fournit certaines lignes directrices portant sur le mode d'évaluation de ces niveaux lors de la prise en compte des phénomènes à des fins de sécurité fonctionnelle.

Tableau A.1 – Exemple de sélection des phénomènes électromagnétiques pour la sécurité fonctionnelle dans les environnements industriels

N°	Phénomènes conformément à l'IEC 61000-2-5 Niveau d'essai conformément à l'IEC 61000-6-2	Norme de base	Commentaires
1	DES 4 kV (contact) 8 kV (air)	IEC 61000-4-2	Il convient que les niveaux s'appliquent conformément aux conditions d'environnement décrites dans l'IEC 61000-4-2. Les niveaux spécifiés dans la norme générique peuvent être choisis uniquement si les conditions d'environnement appropriées existent.
2	Champ RF 10 V/m (80 MHz à 1 000 MHz) 3 V/m (1,4 GHz à 2,0 GHz) 1 V/m (2,0 GHz à 2,7 GHz)	IEC 61000-4-3	Il convient que le niveau appliqué aux plages de fréquences soit plus élevé pour les émetteurs mobiles en général, sauf lorsque des mesures fiables sont mises au point pour éviter d'utiliser ce type d'équipement proche. Les fréquences ISM doivent être prises en compte sur une base individuelle.
3	EFT/B 1 kV (I/O) 2 kV (courant alternatif/courant continu)	IEC 61000-4-4	Il peut être prévu des niveaux plus élevés dans les applications industrielles par comparaison avec les niveaux spécifiés dans les normes applicables pour des raisons fonctionnelles.
4	Onde de choc courant alternatif: 2 kV (L-G) 1 kV (L-L) courant continu 0,5 kV (L-G) 0,5 kV (L-L) E/S: 1,0 kV (L-G)	IEC 61000-4-5	Des exigences plus importantes peuvent s'avérer appropriées, mais des mesures CEM externes supplémentaires doivent être prises en compte.
5	Par conduction à haute fréquence 10 V (0,15 MHz à 80 MHz)	IEC 61000-4-6	Il convient que le niveau appliqué aux plages de fréquences soit plus élevé pour les émetteurs mobiles en général, sauf lorsque des mesures fiables sont mises au point pour éviter d'utiliser ce type d'équipement proche. Les fréquences ISM doivent être prises en compte sur une base individuelle.
6	Champ magnétique à la fréquence industrielle 30 A/m	IEC 61000-4-8	Applicable conformément aux exceptions communes données dans la norme générique. Généralement aucune augmentation de niveau. Un niveau augmenté peut être approprié dans un environnement tel que défini dans l'IEC 61000-6-5 ou similaire, tel qu'une cour de triage industrielle.
7	Champ magnétique impulsionnel	IEC 61000-4-9	Généralement aucune augmentation de niveau. Un niveau augmenté peut être approprié dans un environnement tel que défini dans l'IEC 61000-6-5 ou similaire, tel qu'une cour de triage industrielle.
8	Champ magnétique oscillatoire amorti	IEC 61000-4-10	Généralement aucune augmentation de niveau. Un niveau augmenté peut être approprié dans un environnement tel que défini dans l'IEC 61000-6-5 ou similaire, tel qu'une cour de triage industrielle.

N°	Phénomènes conformément à l'IEC 61000-2-5 Niveau d'essai conformément à l'IEC 61000-6-2	Norme de base	Commentaires
9	Creux de tension 0 % pour 1 période 40 % pour 10/12 périodes 70 % pour 25/30 périodes	IEC 61000-4-11	À décider au cas par cas.
10	Coupures brèves de tension 0 % pour 250/300 périodes	IEC 61000-4-11	À décider au cas par cas.
11	Variations de tension	IEC 61000-4-11	Les variations de tension sont considérées comme des aspects fonctionnels et non comme relatives à la CEM
12	Onde sinusoïdale amortie	IEC 61000-4-12	À décider au cas par cas.
13	Harmoniques	IEC 61000-4-13	À décider au cas par cas.
14	Interharmoniques	IEC 61000-4-13	À décider au cas par cas.
15	Signaux transmis sur le réseau électrique	IEC 61000-4-13	À décider au cas par cas.
16	Conduits, en mode commun, 0 Hz à 150 kHz	IEC 61000-4-16	Augmentation du niveau uniquement pour les phénomènes à la fréquence industrielle de courte durée. Limités à la tension assignée de l'alimentation.
17	Onde oscillatoire amortie	IEC 61000-4-18	À décider au cas par cas.
18	Conduite, en mode différentiel, 2 kHz à 150 kHz	IEC 61000-4-19	À décider au cas par cas.
19	À rayonnement IEMN-HA	IEC 61000-4-23	À décider au cas par cas.
20	À conduction IEMN-HA	IEC 61000-4-24	À décider au cas par cas.
21	Essais d'immunité IEMN-HA	IEC 61000-4-25	À décider au cas par cas.
22	Réseau triphasé déséquilibré	IEC 61000-4-27	À décider au cas par cas.
23	Variation de la fréquence industrielle	IEC 61000-4-28	Généralement non applicable, mais peut être prise en compte pour les applications particulières telles que les ASI, les systèmes d'alimentation électrique d'urgence, etc.
24	Creux de tension sur les accès d'alimentation en courant continu	IEC 61000-4-29	À décider au cas par cas.
25	Coupures brèves sur les accès d'alimentation en courant continu	IEC 61000-4-29	À décider au cas par cas.
26	Variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu	IEC 61000-4-29	À décider au cas par cas.
27	Creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les équipements ayant un courant d'alimentation de plus de 16 A par phase	IEC 61000-4-34	À décider au cas par cas.
28	Courant continu dans les réseaux à courant alternatif		À décider au cas par cas.
29	Champ magnétique à courant continu		Généralement non applicable, mais peut être pris en compte pour les applications particulières (par exemple, systèmes de traction, procédé par aluminium).
30	Champ magnétique de 16 2/3 Hz		Généralement non applicable, mais peut être pris en compte pour les applications particulières telles que les systèmes de traction.
31	Champ magnétique non relatif au système d'alimentation		À décider au cas par cas.

N°	Phénomènes conformément à l'IEC 61000-2-5 Niveau d'essai conformément à l'IEC 61000-6-2	Norme de base	Commentaires
32	Champ magnétique d'harmoniques pour système d'alimentation		À décider au cas par cas.
33	Champ électrique à courant continu		
34	Champ électrique de 16 2/3 Hz		
35	Champ électrique de 50 Hz / 60 Hz		
36	Champ électrique transitoire		
37	Champ DES		
38	Transitoires en millisecondes		

Annexe B
(informative)

Mesures et techniques permettant de réaliser la sécurité fonctionnelle du point de vue des perturbations électromagnétiques

B.1 Principes généraux

L'objet de l'Annexe B est de donner une vue d'ensemble informative d'un grand nombre de techniques et mesures d'atténuation et autres mesures et techniques de conception qui peuvent être utilisées pour la réalisation des niveaux appropriés de résilience aux perturbations électromagnétiques ("résilience électromagnétique").

NOTE La résilience électromagnétique est la capacité à maintenir des performances appropriées pour les fonctions de sécurité lorsqu'elles sont exposées à des perturbations électromagnétiques.

Il convient d'identifier et d'appliquer des techniques et mesures appropriées pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle par rapport aux perturbations électromagnétiques, si nécessaire tout au long du cycle de vie d'un système relatif à la sécurité. Il convient d'inclure dans le manuel de sécurité des informations sur l'ensemble des techniques et mesures qui sont appliquées au niveau de l'élément comme exigé pour faciliter les activités d'intégration.

La sélection des techniques et mesures à appliquer pour un système particulier dépend d'un grand nombre de facteurs. Pour un système relatif à la sécurité, il convient de sélectionner et d'appliquer un nombre approprié de techniques et mesures pour réaliser la résilience électromagnétique, afin d'assurer que les spécifications globales de sécurité fonctionnelle sont satisfaites par rapport à la résilience électromagnétique. Il convient de justifier la sélection des techniques et mesures pour ce système. Les Tableaux B.1 à B.3 incluent un grand nombre de techniques et mesures proposées, ainsi que des lignes directrices uniquement au regard de leur importance aux fins de résilience électromagnétique.

Selon la nature du projet, des techniques et mesures différentes ou supplémentaires peuvent être appliquées pour réaliser la résilience électromagnétique. Des techniques et mesures différentes de celles énumérées dans les Tableaux B.2 et B.3 peuvent assurer un niveau équivalent de protection contre les impacts des perturbations électromagnétiques. Il convient que les concepteurs d'un système ou d'un équipement de sécurité fonctionnelle connaissent les recommandations données dans les Tableaux B.2 et B.3. Toutefois ils peuvent choisir d'autres techniques et mesures si ces dernières sont appropriées et s'ils documentent les raisons de leur choix.

Par exemple, dans le cas où un système n'utilise aucun logiciel, aucune technique et aucune mesure de conception de logiciel ne sont alors sélectionnées pour quelque phase du projet que ce soit. Dans le cas où des mesures d'atténuation électromagnétique suffisamment robustes répondant à des normes élevées sont appliquées, d'autres techniques et mesures de conception peuvent ne pas être exigées pour réaliser la résilience électromagnétique appropriée au SIL.

Le Tableau B.1 ci-dessous résume les recommandations pour les techniques et mesures applicables au cycle de vie d'un système. (Pour l'explication des abréviations HR, R et M, voir le Tableau 3.)

Tableau B.1 – Vue d'ensemble des recommandations concernant les techniques et mesures applicables à la réalisation de la sécurité fonctionnelle du point de vue des perturbations électromagnétiques

Pratique	Vue d'ensemble	Référence pour d'autres informations
Gestion de projet CEM et planification de sécurité	Il convient que les processus propres à la gestion, planification, sélection, conception, mise en œuvre, mise en service, modification et vérification de chaque fonction de sécurité incluent de manière explicite les mesures de résilience électromagnétique.	–
	Il convient de gérer la résilience électromagnétique du système s'il y a lieu tout au long du cycle de vie par une expertise appropriée.	–
Documentation de conception des systèmes relatifs à la sécurité	Il convient que la documentation de conception des systèmes fournisse des informations suffisantes pour permettre de sélectionner les techniques et mesures à utiliser pour la réalisation d'une résilience électromagnétique appropriée pour l'environnement d'exploitation.	–
Mesures de mise en œuvre et d'intégration	Fournir des matériaux, composants et produits selon leurs spécifications pour réaliser la résilience électromagnétique.	–
	Assembler selon la conception, en utilisant les matériaux, composants et produits appropriés selon leurs spécifications pour réaliser la résilience électromagnétique.	–
	Installer selon la conception pour réaliser la résilience électromagnétique.	B.2.2.4
Mesures de vérification et de validation	Vérifier et valider l'efficacité des mesures mises en œuvre.	B.2.2.5
Techniques et mesures d'exploitation et de maintenance	Notices de l'utilisateur complètes y compris les procédures d'exploitation nécessaires pour maintenir une résilience électromagnétique appropriée	–
	Procédures de maintenance et planification relatives à la réalisation de la résilience électromagnétique (par exemple, maintenance préventive et corrective).	–
Évaluation des modifications apportées au système ou à l'environnement d'exploitation	Évaluation des modifications dans l'environnement électromagnétique externe (par exemple, prendre en considération les nouvelles conditions électromagnétiques non prises en compte dans la conception d'origine).	–
	Évaluation de l'effet des modifications et améliorations proposées sur la résilience électromagnétique du système concerné.	–
	S'assurer que les modifications et améliorations ne réduisent pas la résilience électromagnétique sous des niveaux acceptables, pour le système concerné.	–

B.2 Choix des techniques et mesures de conception

B.2.1 Introduction aux techniques et mesures de conception contre les perturbations électromagnétiques

Ces techniques et mesures de conception ont été développées spécifiquement pour permettre de surmonter les difficultés suivantes rencontrées lorsque l'utilisateur essaie de traiter de toutes les perturbations électromagnétiques qui peuvent se produire au cours d'un cycle de vie lorsqu'il cherche à réaliser la sécurité fonctionnelle conformément à l'IEC 61508 ou à ses normes connexes.

Il s'est généralement avéré impossible d'effectuer une analyse autre qu'une évaluation générale des perturbations électromagnétiques qui peuvent éventuellement se produire au cours d'un cycle de vie complet. Les évaluations générales des perturbations et niveaux

électromagnétiques constituent généralement la spécification des fabricants pour l'environnement électromagnétique maximum de leurs équipements.

Ces évaluations sont suffisamment correctes pour déterminer quelles normes d'émission et d'immunité CEM pour la fonctionnalité, parmi les nombreuses normes publiées, il convient d'appliquer, mais ne peuvent toutefois pas déterminer quelles perturbations électromagnétiques et quelles combinaisons de ces dernières peuvent se produire de façon prévisible au cours du cycle de vie.

Il est nécessaire de maintenir une résilience électromagnétique appropriée dans l'environnement d'exploitation malgré toutes les anomalies, les mauvaises utilisations, le vieillissement, les tolérances des composants, les erreurs d'assemblage, les conditions physiques et climatiques, etc., prévisibles, qui peuvent se produire au cours du cycle de vie.

La méthode traditionnelle et très efficace de traitement de ces difficultés consiste à utiliser des techniques et mesures d'atténuation électromagnétique suffisamment robustes répondant à des normes élevées (blindage, filtrage, protection contre les surtensions, isolation galvanique, etc.) qui:

- sont suffisamment fiables pour que l'utilisateur puisse s'attendre à ce qu'elles protègent ce qu'elles délimitent contre toutes les perturbations électromagnétiques réelles ou potentielles au cours du cycle de vie;
- sont suffisamment robustes pour que l'utilisateur puisse s'attendre à ce qu'elles ne subissent aucune dégradation importante de leur degré de protection au cours du cycle de vie complet, malgré toutes les anomalies, les mauvaises utilisations, le vieillissement, les tolérances des composants, les erreurs d'assemblage, les conditions physiques et climatiques, etc., prévisibles, qui peuvent se produire;
- assurent que ces deux caractéristiques sont obtenues avec le degré de confiance nécessaire pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle selon le SIL.

Étant donné que l'utilisation des technologies électroniques dans l'ingénierie de sécurité fonctionnelle se développe rapidement dans plusieurs secteurs (par exemple, aéronefs, véhicules à moteur, dispositifs médicaux portables ou implantés, etc.), cette approche traditionnelle peut s'avérer exagérément importante, fastidieuse et onéreuse. Ceci est notamment le cas pour les systèmes relatifs à la sécurité qui sont fabriqués en grandes quantités.

Ces questions peuvent rendre souhaitable la réalisation d'une résilience électromagnétique appropriée par l'utilisation d'un ensemble approprié de techniques et mesures de conception. Les techniques et mesures de conception qui peuvent faciliter la démonstration d'une résilience électromagnétique appropriée incluent (mais peuvent toutefois ne pas s'y limiter) celles énumérées dans le Tableau B.2 et le Tableau B.3.

Il convient que le concepteur du système identifie et justifie la variété des techniques et mesures de conception utilisées par rapport à un système particulier. La sélection précise des techniques et mesures de résilience électromagnétique utilisées dépend de l'application, ainsi que de la technologie employée. Les fabricants des équipements peuvent également souhaiter démontrer la conformité à une variété appropriée de techniques et mesures dans le manuel de sécurité pour article conforme d'un produit.

Un grand nombre de ces techniques et mesures sont également utilisées afin de réaliser une intégrité systématique par rapport aux causes de défaillance d'un système non relative aux perturbations électromagnétiques. L'application de techniques et mesures particulières (par exemple, celles relatives aux logiciels) peut avoir un effet significatif sur les performances globales d'un système. Il convient par conséquent que la sélection précise de techniques et mesures pour l'intégrité systématique tienne compte de divers facteurs qui ne se limitent pas à la démonstration de la résilience électromagnétique.

La Figure B.1 représente les principes généraux de conception recommandés pour réaliser la résilience électromagnétique (lorsque l'approche d' "atténuation électromagnétique robuste répondant à des normes élevées" n'est pas utilisée). Certains éléments d'un système relatif à la sécurité peuvent utiliser l'approche d' "atténuation électromagnétique robuste répondant à des normes élevées" tandis que d'autres éléments ont utilisé différentes combinaisons de techniques et mesures (telles que celles résumées dans le Tableau B.2 et le Tableau B.3).

Il est important de comprendre qu'il ne peut pas être déclaré qu'un système relatif à la sécurité globale réalise la résilience électromagnétique simplement sur la base des éléments qui le composent.

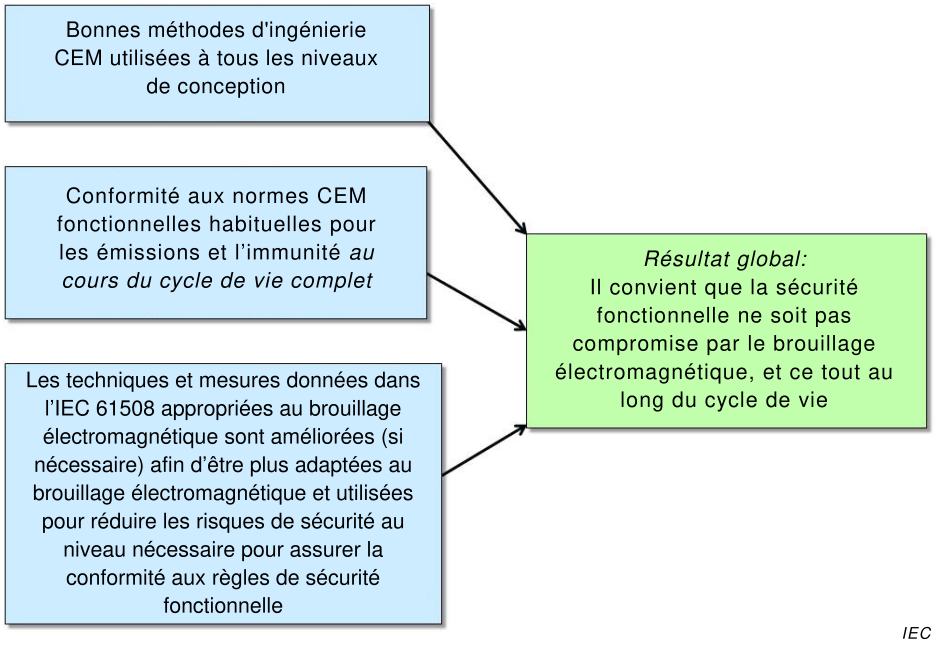


Figure B.1 – Principes généraux de conception recommandés pour réaliser la résilience électromagnétique pour un système relatif à la sécurité complet (lorsque l'approche "d'atténuation électromagnétique robuste répondant à des normes élevées" n'est pas utilisée).

Le Tableau B.2 et le Tableau B.3 résument diverses techniques et mesures appropriées au traitement des perturbations électromagnétiques, avec des recommandations succinctes concernant l'application de certaines de ces techniques et mesures.

Tableau B.2 – Vue d'ensemble des techniques et mesures qui peuvent être utilisées pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle du point de vue des perturbations électromagnétiques

Pratique	Vue d'ensemble		Importance				Référence pour d'autres informations
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
Conception du système	S'assurer que les perturbations électromagnétiques et leurs effets sont pris en compte dans la spécification du système et de son logiciel, et que des techniques et mesures appropriées sont intégrées afin de garantir que le système réalise le SIL prévu. Prendre en compte, parmi d'autres éléments: a) l'absence de fonctionnement lorsqu'un fonctionnement est exigé, b) le fonctionnement lorsque l'absence de fonctionnement est exigée, c) de mauvais fonctionnements ou des fonctionnements incorrects.		M	M	M	M	B.2.2.1
	Séparation entre les fonctions de système relatives à la sécurité et les fonctions non relatives à la sécurité.		HR	HR	HR	HR	
	La conception et le développement d'un système relatif à la sécurité consignent le mode de mise en œuvre des exigences par les choix de conception.		HR	HR	HR	HR	
	Utilisation de logiciels divers (dans des voies redondantes) pour mettre en œuvre la même fonction.		R	R	HR	HR	B.2.2.2
	Logiciels divers (dans des voies redondantes) pour mettre en œuvre la même fonction, et/ou la fonction de surveillance.		R	R	R	HR	
	Détection des anomalies et enregistrement des données d'événement pour un diagnostic ultérieur, afin d'améliorer la localisation des dysfonctionnements provoqués par des perturbations électromagnétiques.		R	R	HR	HR	
	Amélioration de la résilience électromagnétique des liaisons de communication, en utilisant des techniques de matériel et/ou logiciel, telles que:	a) Détection des erreurs, en utilisant des données redondantes pour détecter la corruption des données, par exemple, des techniques telles que le bit de parité, le contrôle de redondance cyclique (CRC), etc.	HR	HR	HR	HR	
		b) Détection des erreurs et niveau approprié de correction des erreurs en utilisant un code de données redondantes suffisant.	HR	HR	HR	HR	
		c) Ajout de codes de séquence redondants à chaque paquet de données pour permettre la détection des paquets perdus ou dupliqués.	HR	HR	HR	HR	
	Synchronisation ou resynchronisation de l'état du système ou des fonctions:	Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.	HR	HR	HR	HR	
		Pour les systèmes à la demande.	R	R	R	R	
	Protection contre les brouillages persistants par une surveillance des comptages d'essais	Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.	HR	HR	HR	HR	
		Pour les systèmes à la demande.	R	R	R	R	
	Protection contre les brouillages persistants par une détection indépendante des perturbations électromagnétiques		R	R	R	R	

Pratique	Vue d'ensemble		Importance				Référence pour d'autres informations
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	Soutien du système pour les dysfonctionnements induits par brouillage électromagnétique. Utilisation des techniques et mesures de matériel ou logiciel données dans ce tableau, quelles qu'elles soient, pour éviter que le brouillage électromagnétique ne détériore l'intégrité de sécurité du système relatif à la sécurité.		HR	HR	HR	HR	B.2.2.3
Conception opérationnelle	Développement de notices d'exploitation et de maintenance permettant d'éviter les défaillances dangereuses dues aux perturbations électromagnétiques lors des opérations d'exploitation et de maintenance.		HR	HR	HR	HR	
	Conception en vue d'une facilité de maintenance préventive et corrective par rapport à la résilience électromagnétique.		HR	HR	HR	HR	
	Limitation des possibilités d'exploitation, et par conséquent des possibilités que les perturbations électromagnétiques occasionnent des défaillances, par exemple, en:	a) Limitant le nombre de modes de fonctionnement généralement possibles.	HR	HR	HR	HR	
		b) Prévoyant des modes de fonctionnement spéciaux (par exemple, qui ne peuvent être sélectionnés que par des interrupteurs à clé).	HR	HR	HR	HR	
		c) Limitant le nombre d'éléments fonctionnels.	HR	HR	HR	HR	
	Protection contre les erreurs de l'opérateur liées aux phénomènes électromagnétiques.		HR	HR	HR	HR	
	Protection contre les modifications ou manipulations de matériel ou logiciel liées aux phénomènes électromagnétiques.		HR	HR	HR	HR	
Mise en œuvre	Evitement des erreurs par la conformité aux normes CEM appropriées au cours du cycle de vie. Permet de maintenir la disponibilité afin de prévenir plus facilement toute neutralisation ou coupure non autorisée du système relatif à la sécurité.		HR	HR	HR	HR	Figure B.1
	Protection contre les perturbations électromagnétiques qui occasionnent des dommages physiques, par exemple, foudre, impulsions électromagnétiques et autres perturbations de grande puissance – lorsqu'il est estimé nécessaire de faire face à une ou plusieurs perturbations électromagnétiques extrêmes de cette nature au cours du cycle de vie.		HR	HR	HR	HR	
	Bonnes méthodes d'ingénierie CEM utilisées à chaque niveau de conception.		HR	HR	HR	HR	Figure B.1 B.2.2.3
	Utilisation de câbles à fibres optiques pour les signaux et données parce qu'ils sont intrinsèquement protégés contre toutes les perturbations électromagnétiques.		R	R	R	HR	
	Sources d'alimentation / convertisseurs de puissance à courant continu:	a) Détection des défauts, au moyen de techniques diverses, par exemple, détection de surtensions et de sous-tensions.	HR	HR	HR	HR	
		b) Détection de bruit de radiofréquences excessif auquel sont soumises les sources d'alimentation à courant continu.	R	R	R	HR	

Pratique	Vue d'ensemble	Importance				Référence pour d'autres informations
		SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	c) Rétention de puissance, s'il y a lieu, par l'utilisation d'un stockage d'énergie suffisant (par exemple, batteries) ou de sources d'alimentation de secours (par exemple, génératrices), le principe de l'ASI.	HR	HR	HR	HR	
	Surveillance des systèmes de ventilation, refroidissement et chauffage afin de détecter s'ils ont été influencés par les perturbations électromagnétiques.	R	R	HR	HR	
	Déclassement des composants matériels, notamment ceux utilisés pour la suppression des perturbations électromagnétiques ou la protection contre ses effets, afin de s'assurer qu'ils sont utilisés à des niveaux bien inférieurs à leurs caractéristiques assignées maximales spécifiées même dans des conditions d'environnement les plus défavorables.	R	R	R	HR	
Installation et mise en service	Fournir des informations sur les contraintes et/ou mesures supplémentaires éventuelles exigées pour obtenir le SIL malgré les perturbations électromagnétiques au cours du cycle de vie.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.4
Vérification et validation	Validation de sécurité du système relatif à la sécurité pour confirmer (dans la mesure où la pratique le permet) que les techniques et mesures utilisées fonctionnent selon la spécification. En utilisant une ou plusieurs des méthodes énumérées ci-dessous, au niveau d'assemblage du système relatif à la sécurité le plus élevé que la pratique permet. • Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE). • Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) • Diagrammes cause-conséquence. • Analyse par arbre d'événement (AAE). • Analyse par arbre de panne (AAP). • Modèles par arbre de panne.	HR	HR	HR	HR	
	Méthodes de vérification et/ou validation pour obtenir un niveau de confiance approprié eu égard à la résilience électromagnétique.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.5

M La technique ou la mesure est une exigence obligatoire et doit être réalisée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette aptitude systématique).

HR La technique ou la mesure est fortement recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et doit être réalisée à moins que sa non-réalisation soit l'objet d'une justification technique. Si cette technique ou mesure n'est pas appliquée, la justification de sa non-application doit alors être pleinement détaillée lors de la planification de sécurité et faire l'objet d'un accord avec l'évaluateur.

R La technique ou la mesure est recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et il convient de la réaliser en tant que recommandation inférieure à une recommandation HR.

Lorsqu'une technique ou une mesure est recommandée, elle est plus susceptible d'obtenir le résultat souhaité que d'autres techniques ou mesures. Elle n'est ni obligatoire, ni fortement recommandée, et une autre technique ou mesure peut être choisie.

L'application d'une ou de plusieurs techniques et mesures supplémentaires présentées dans le Tableau B.3 peut fournir des preuves de résilience électromagnétique pour les équipements ou systèmes par rapport à certains phénomènes. D'autres techniques et mesures peuvent également faciliter la démonstration de la résilience électromagnétique des équipements ou systèmes.

Tableau B.3 – Techniques et mesures supplémentaires de conception du système qui peuvent fournir des preuves de la réalisation de la sécurité fonctionnelle du point de vue des perturbations électromagnétiques

	Vue d'ensemble			Importance				Référence pour d'autres informations
				SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	Programmation défensive, en utilisant diverses techniques et mesures (par exemple, celles énumérées dans ce tableau) afin de détecter un flux de contrôle, un flux de données ou des valeurs de données anormales et de répondre de façon appropriée pour maintenir le SIL.	a) Contrôle des limites des valeurs de toutes les variables (pas uniquement les variables E/S). De nombreuses bandes de valeurs sont définies pour la valeur de chaque variable. (Exemple typique de 3 bandes i) fonctionnement normal; ii) zone d'avertissement, iii) hors plage.)		R	R	HR	HR	
		b) Contrôle de séquence	Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.	HR	HR	HR	HR	
			Pour les systèmes à la demande.	R	R	R	R	
		c) Arrondi et résolution corrects dans tous les calculs (par exemple, conformément à la norme IEEE 754)		HR	HR	HR	HR	
	Utilisation limitée de variables de pointeurs d'adresses mémoires, pour réduire l'impact de la corruption des mémoires.	Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.		HR	HR	HR	HR	
		Pour les systèmes à la demande.		R	R	R	R	
	Eviter la récursivité, afin de réduire l'impact de la corruption de l'exécution du ou des programmes.			HR	HR	HR	HR	
	Détection et correction des erreurs pour une mémoire invariable (c'est-à-dire mémoire de programme).	a) Signature d'un mot ou d'un bloc de données afin de détecter toutes les défaillances d'un bit ou de plusieurs bits dans un mot de données, plus un pourcentage élevé de toutes les défaillances de bits possibles dans un bloc, selon l'importance du CRC utilisé.		R	R	HR	HR	
		b) Reproduction de blocs avec inversion afin de détecter toutes les défaillances de bits. L'utilisation de divers types de mémoires peut améliorer l'efficacité de cette technique		HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
		c) Protection des limites de mémoire, afin de prévenir l'écrasement des zones incorrectes dans les types de mémoires suivants: – programme – pile – variables à affectation statique – tas (variables à affectation dynamique) – entrées – sorties		R	R	HR	HR	

Vue d'ensemble			Importance				Référence pour d'autres informations
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
Détection et niveau approprié de correction des erreurs par redondance avec divers matériels et/ou logiciels		Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.	HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
		Pour les systèmes à la demande.	R	R	HR	HR	
Détection et correction des erreurs par redondance temporelle de la transmission (pendant le temps de sécurité du processus). Les informations sont transférées plusieurs fois, et les résultats sont archivés et comparés.			R	R	HR	HR	
Détection et niveau approprié de correction des erreurs pour des plages de mémoires variables (par exemple, RAM);	a) Utilisation de trames d'essai qui détectent des dysfonctionnements dans le stockage et la recherche des données dans la mémoire.		R	R	HR	HR	
	b) Bit de parité: extension de chaque mot de données par un seul bit (de parité) pour détecter 50 % de toutes les défaillances de bits possibles dans les mémoires, bus ou registres E/S.		R	R	R	R	
	c) Reproduction de blocs avec inversion afin de détecter toutes les défaillances de bits. L'utilisation de divers types de mémoires peut améliorer l'efficacité de cette technique.		HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
Détection et correction des erreurs pour la surveillance des mémoires, ainsi que des bus et des interfaces. Utilisation de codes de détection d'erreur (EDC) ou de codes de correction d'erreurs (ECC) basés sur la redondance d'informations (par exemple, CRC ou codes de Hamming)			R	R	HR	HR	
Détection d'erreurs pour les unités logiques et de traitement de données:	a) Autotest pris en charge par le matériel (voie unique).		HR	HR	HR	HR	
	b) Traitement codé (voie unique): Avantages évalués pour la mise en œuvre spécifique et l'analyse consignés dans le dossier de sécurité.		R	R	R	R	
	c) Comparaison réciproque par logiciel. Deux unités de traitement ou plus effectuent une contre-vérification de leurs données: résultats; résultats intermédiaires et données d'essai. L'utilisation de matériels et/ou logiciels divers améliore l'efficacité de cette technique concernant les effets de cause commune typiques des perturbations électromagnétiques.		HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
	d) Autotest par logiciel.		NR	NR	NR	NR	

	Vue d'ensemble			Importance				Référence pour d'autres informations
				SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	Détection et correction des erreurs/récupération (au niveau du système) pour les composants électromécaniques. Il convient que la surveillance détecte tout frémissement (par exemple, des relais) et fonctionnement partiel des actionneurs. Il convient de concevoir les défaillances par 'épuisement' ou 'paralysie' de manière à obtenir un état de sécurité. En cas d'application de la redondance, l'utilisation de matériels et/ou logiciels divers améliore l'efficacité concernant les effets de cause commune typiques des perturbations électromagnétiques.			HR	HR	HR	HR	B.2.2.2
	Détection et correction des erreurs/récupération (au niveau du système) pour les composants électroniques:	a) Essais par des matériels supplémentaires. L'efficacité dépend de la couverture de diagnostic et de l'intervalle d'essai de diagnostic par comparaison avec le temps de sécurité du processus.		R	R	R	R	
		b) Détection des défaillances statiques par des signaux dynamiques		R	R	R	R	
		c) Port d'accès d'essai normalisé et architecture d'essai du type «registre à décalage périphérique»		R	R	R	R	
		d) Redondance surveillée: compare le comportement de deux voies redondantes ou plus. L'utilisation de matériels et/ou logiciels divers améliore l'efficacité de cette technique concernant les effets de cause commune typiques des perturbations électromagnétiques.		R	R	HR	HR	B.2.2.2
		e) Un autotest automatique vérifie périodiquement le matériel		R	R	R	R	
		f) Les signaux analogiques sont utilisés de préférence aux états actifs/inactifs numériques. Les états de déclenchement ou de sécurité sont représentés par des niveaux de signaux analogiques, qui peuvent faire l'objet d'une surveillance de crédibilité permanente.		HR	HR	HR	HR	
		g) Vérification de la crédibilité du contenu au moyen de relations connues internes à un ensemble de données afin de détecter toute corruption.	Pour les systèmes destinés à un fonctionnement continu.	HR	HR	HR	HR	
			Pour les systèmes à la demande.	R	R	R	R	
	Détection et correction des erreurs/récupération (au niveau du système) par surveillance de la séquence de programme	a) Temporisateur externe avec base de temps séparée, mais sans fenêtre temporelle. Non déclenché à période fixe, mais un intervalle maximum est spécifié. À utiliser uniquement si b) ou d) ne peut pas être utilisé.		R	R	NR	NR	

	Vue d'ensemble		Importance				Référence pour d'autres informations
			SIL1	SIL2	SIL3	SIL4	
	temporel et logique:	b) Temporisateur externe avec base de temps séparée et fenêtre temporelle. Les points de déclenchement doivent être insérés correctement dans le programme, avec délais minimal et maximal définis.	HR	HR	HR	HR	
		c) Surveillance logique de la séquence des sections de programme individuelles, au moyen du logiciel. Peut utiliser les procédures de comptage, les procédures essentielles ou les installations de surveillance externes. Il est important d'insérer correctement les points de vérification dans le programme.	R	R	HR	HR	
		d) Combinaison de surveillance temporelle et logique des séquences du programme. Combine b) et c) ci-dessus pour redéclencher une installation temporelle (par exemple, un temporisateur externe) uniquement si la séquence des sections de programme est exécutée correctement. Cette technique est préférable aux points a), b) et c) ci-dessus.	R	R	HR	HR	
	Détection et correction des erreurs par l'utilisation d'interfaces d'entrée ou sortie à plusieurs voies avec comparaison. L'utilisation de matériels et/ou logiciels divers améliore l'efficacité de cette technique concernant les effets de cause commune typiques des perturbations électromagnétiques.		R	R	HR	HR	B.2.2.2
	Les trames d'essai pour les interfaces et les bus détectent les défaillances statiques et la diaphonie, notamment dans les unités d'entrée et de sortie (numériques, analogiques, de série ou parallèles), afin de prévenir l'envoi d'entrées ou de sorties incorrectes au processus.		HR	HR	HR	HR	

M La technique ou la mesure est une exigence obligatoire et doit être réalisée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette aptitude systématique).

HR La technique ou la mesure est fortement recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et doit être réalisée à moins que sa non-réalisation soit l'objet d'une justification technique. Si cette technique ou mesure n'est pas appliquée, la justification de sa non-application doit alors être pleinement détaillée lors de la planification de sécurité et faire l'objet d'un accord avec l'évaluateur.

R La technique ou la mesure est recommandée pour ce niveau d'intégrité de sécurité (ou cette "aptitude systématique") et il convient de la réaliser en tant que recommandation inférieure à une recommandation HR.

Lorsqu'une technique ou une mesure est recommandée, elle est plus susceptible d'obtenir le résultat souhaité que d'autres techniques ou mesures. Elle n'est ni obligatoire, ni fortement recommandée, et une autre technique ou mesure peut être choisie.

B.2.2 Quelques détails supplémentaires concernant les techniques et mesures de conception

B.2.2.1 Exigences système et spécification de conception

Afin de satisfaire à la spécification des exigences, il convient que les concepteurs de la sécurité fonctionnelle et les évaluateurs de la sécurité indépendants tiennent pleinement

compte du fait que les perturbations électromagnétiques peuvent générer une diversité effectivement infinie des éléments suivants:

- signaux/données bruités, détériorés, déformés, erronés, retardés, faisant l'objet d'une nouvelle priorité, soumis à une sous/surtension, etc., à la fois de façon intermittente et continue;
- sous/surtensions, bruits, abandons et interruptions, d'une durée allant de moins d'une microseconde à plusieurs secondes ou minutes, même de façon permanente, dans une ou plusieurs sources d'alimentation en courant alternatif ou continu, de manière intermittente et continue;
- distorsions harmoniques, perturbations de fréquences dans une ou plusieurs sources d'alimentation en courant alternatif, plus des déséquilibres de phase et de tension dans des sources d'alimentation à plusieurs phases;
- combinaisons des phénomènes susmentionnés se produisant dans un(e) ou plusieurs, voire la totalité, trajets de signaux ou sources d'alimentation, de façon simultanée ou selon toute relation temporelle ou de phase.

B.2.2.2 Diversité du matériel

Des exemples de diversité du matériel dans des voies redondantes sont donnés ci-dessous:

- Différents principes physiques, tels que des paramètres physiques de détection différents mais associés, par exemple: la température et la pression d'un récipient étanche; l'utilisation de résistances et de tensions de thermocouple pour mesurer la température, etc.
- Différentes architectures numériques, telles que l'utilisation de processeurs avec des structures ou des algorithmes internes différents qui utilisent différentes techniques pour résoudre la même équation.
- Différentes méthodes de réalisation physique, telles que l'utilisation de câbles blindés, d'un dispositif sans fil ou de la fibre optique pour les communications.
- Une séparation spatiale, de sorte qu'il soit peu probable qu'une trajectoire de rayonnement ionisant occasionne une perturbation dans toutes les voies redondantes.
- Différents endroits pour les équipements et un passage de câbles différent.
- Différents principes de conception des circuits, tels que le fonctionnement avec un signal dont la valeur est représentée sous forme de tension, courant, fréquence, rapport des éléments de travail et de repos, code numérique, etc.
- Une diversité de fonctionnement, à savoir l'utilisation d'approches différentes pour obtenir le même résultat, telles que des technologies électroniques analogiques, numériques ou optiques.

  Les technologies mécaniques, hydrauliques et pneumatiques présentent l'avantage d'être imperméables à toutes les perturbations électromagnétiques et peuvent être utilisées pour le plus grand intérêt dans certaines situations.
- Inversion des données ou signaux.
- Différents décalages, plages de codage et d'amplitude des données ou signaux.
- Lorsque différentes voies sont synchronisées sur la même horloge, les utiliser selon un déphasage les unes par rapport aux autres. Dans une situation idéale, utiliser des voies redondantes totalement non synchronisées.
- Prévoir des voies différentes avec une alimentation provenant de sources indépendantes différentes.

Une diversité appropriée n'est pas démontrée uniquement en utilisant différents types d'éléments matériels à fonctions équivalentes, qu'ils soient fournis par les mêmes fabricants ou des fabricants différents.

Il peut être possible de suspendre le fonctionnement de la fonction de sécurité pendant une durée donnée jusqu'à une nouvelle concordance des voies, sans détérioration de l'intégrité de sécurité.

Ceci permet de maintenir la disponibilité en réduisant le nombre de défaillances du système à un état de sécurité du fait de perturbations électromagnétiques provisoires ou transitoires, et réduit ainsi la possibilité que des utilisateurs modifient le système pour compromettre le fonctionnement correct de la fonction de sécurité (exemple de mauvaise utilisation prévisible).

Cette approche exige un comparateur (pour deux voies redondantes) ou une fonction de vote (pour trois voies redondantes ou plus) qui soit suffisamment fiable et résistant(e) dans des conditions appropriées aux perturbations électromagnétiques au SIL exigé. Il convient que cette fonction de vote ait une fiabilité (malgré les perturbations électromagnétiques) correspondant à une confiance renforcée qui représente l'objectif de l'utilisation de plusieurs voies redondantes. Diverses techniques peuvent être appliquées pour y parvenir, par exemple, un autotest dynamique.

Lorsque ce type de vote est utilisé, il peut être pris pour hypothèse (compte tenu de la confiance suffisante accordée au comportement divers des voies concernant les perturbations électromagnétiques), que les voies qui satisfont aux exigences de la fonction de vote fonctionnent correctement. Lorsque le résultat de vote est positif, le système peut maintenir le fonctionnement correct de l'EUC sans la nécessité d'une défaillance à un état de sécurité.

En l'absence d'un état de sécurité, l'utilisation d'un nombre suffisant de voies redondantes à technologie diverse, avec trois voies redondantes ou plus et une fonction de vote, constitue l'une des méthodes les plus importantes pour maintenir l'intégrité de sécurité.

L'utilisation efficace de techniques de redondance exige que la spécification des exigences de fonctionnement relative aux voies redondantes ne comporte aucune erreur significative.

B.2.2.3 Exemples de bonnes méthodes d'ingénierie de conception CEM

Il convient que les méthodes d'ingénierie CEM incluent le découpage des cartes de circuits imprimés (PCB), unités/modules/sous-ensembles/produits, systèmes, installations, réseaux, etc. en différentes zones électromagnétiques (voir l'IEC 61000-5-6), et également en zones de protection contre la foudre, habituellement les mêmes zones (voir la série de normes IEC 62305), séparées par un espace physique et/ou d'autres techniques d'atténuation électromagnétique. Exemples:

- conception électronique/électrique appropriée à chaque zone électromagnétique;
- choix de composants électroniques, électromécaniques et électriques appropriés à chaque zone électromagnétique;
- conception des communications (internes aux zones électromagnétiques et entre ces zones);
- conception et implantation des cartes de circuits imprimés (intègre souvent plusieurs zones électromagnétiques);
- conception du convertisseur de puissance, par exemple, courant alternatif-courant continu, courant continu-courant continu, courant continu-courant alternatif, courant alternatif-courant alternatif (généralement située aux limites des zones électromagnétiques);
- conception des enveloppes pour unités/modules/sous-ensembles et produits (il convient qu'elle intègre au moins deux ‘zones électromagnétiques’);
- techniques d'atténuation telles que filtrage, blindage, isolation galvanique, suppression des surtensions et des transitoires, etc. (généralement situées aux limites des zones électromagnétiques);
- conception du système (intègre généralement plusieurs zones électromagnétiques); et

- conception de l'installation et du réseau (il convient qu'elle intègre au moins deux ‘zones électromagnétiques’).

B.2.2.4 Informations sur les contraintes et/ou mesures supplémentaires exigées pour l'installation et la mise en service

Les mesures exigées pour l'installation et la mise en service incluent, sans toutefois s'y limiter, les éléments suivants:

- les contraintes éventuelles concernant le positionnement physique des équipements qui composent le système relatif à la sécurité;
- les contraintes éventuelles concernant les types, longueurs et passages des câbles d'alimentation, de commande et d'interconnexion des signaux;
- les méthodes à employer pour l'extrémité des écrans de câbles (blindages);
- les types de connecteurs à utiliser et les exigences d'assemblage particulières éventuelles;
- les exigences d'alimentation électrique (qualité d'alimentation);
- tout écran (blindage) supplémentaire exigé, et le mode d'installation qu'il convient d'utiliser;
- tout filtrage supplémentaire exigé, et le mode d'installation qu'il convient d'utiliser;
- toute protection contre les surtensions et/ou surintensités supplémentaire exigée, et le mode d'installation qu'il convient d'utiliser (par exemple, par référencement des exigences appropriées dans la série IEC 62305);
- tout conditionnement de puissance exigé (par exemple, ASI fiable);
- les exigences supplémentaires éventuelles concernant la protection contre les décharges électrostatiques (par exemple, contrôle de l'humidité);
- toute protection physique supplémentaire exigée (par exemple, contre la possibilité de conditions physiques et/ou climatiques extrêmes);
- les exigences de mise à la terre (masse) et de liaison concernant l'installation;
- les procédures et matériaux à utiliser; et
- toute protection exigée contre la corrosion au cours du cycle de vie.

Il convient de vérifier de manière efficace que l'installation et la mise en service sont correctes, en tenant compte des contraintes et des mesures supplémentaires, avant la première utilisation du système, et de façon régulière au cours de son cycle de vie, selon le SIL.

B.2.2.5 Exemples de méthodes de vérification et/ou validation

Pour obtenir un niveau de confiance suffisant eu égard à la résilience électromagnétique, les méthodes suivantes peuvent être utilisées:

- démonstrations par des méthodes appropriées afin de prouver que la conception satisfait à la spécification;
- listes de contrôle, afin de s'assurer de l'observation, l'application et la mise en œuvre correctes des techniques et mesures de conception;
- examens, afin de vérifier que l'assemblage et l'installation ont respecté correctement leurs conceptions;
- revues et évaluations, afin d'assurer la conformité aux objectifs de chaque phase du cycle de vie. Habituellement réalisées par des experts, sur chaque phase du cycle de vie et lors des diverses étapes des activités internes à chaque phase;
- revues et évaluations indépendantes;

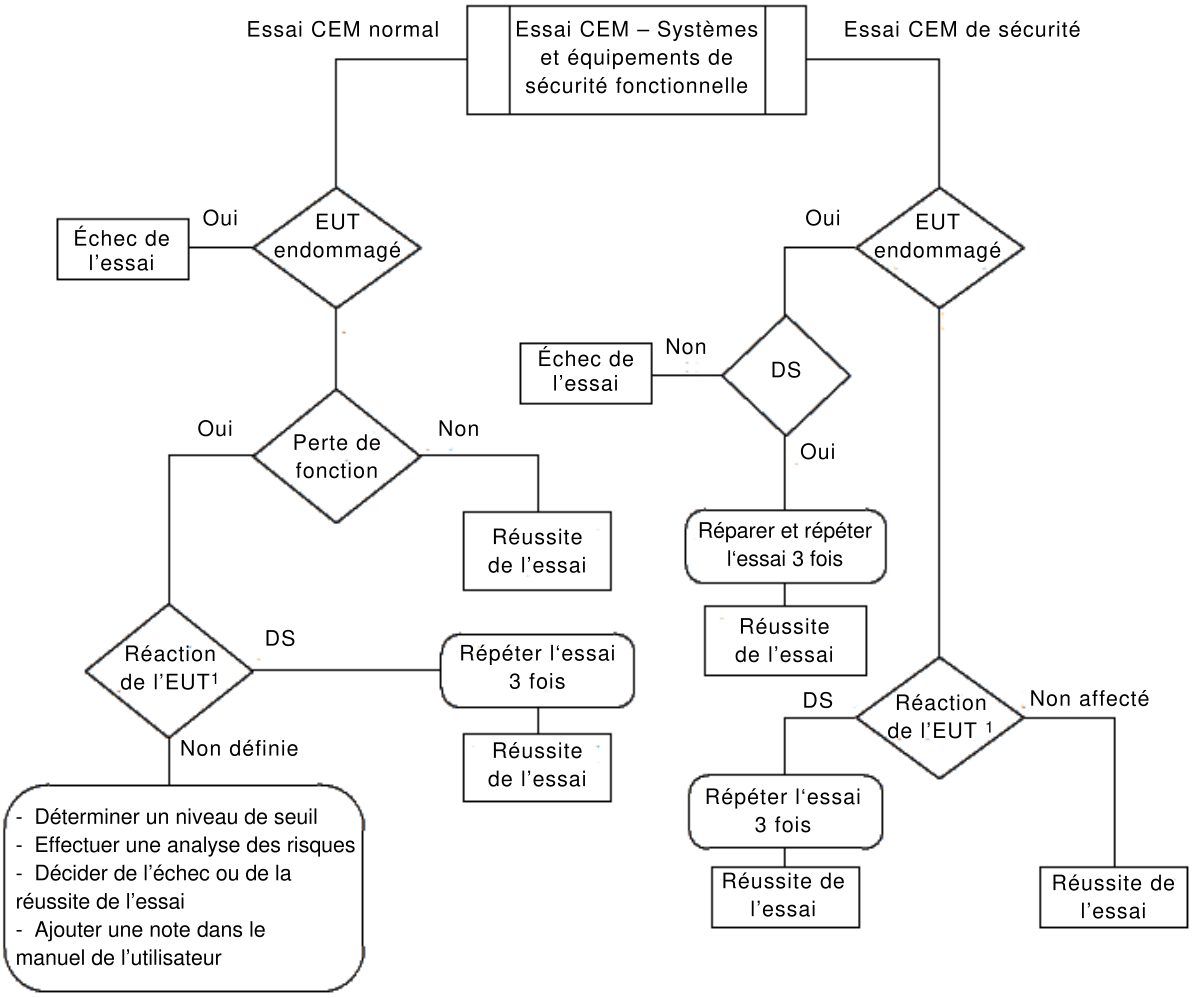
- audits, qui incluent des processus de vérification pour la spécification, la conception, l'assemblage et l'installation;
- démonstrations pratiques de fonctionnement normal, et de fonctionnement vraisemblablement anormal;
- vérifications et essais non normalisés;
- essais de matériels individuels et/ou intégrés: les différentes parties de l'assemblage ou du système final sont assemblées de manière progressive, les vérifications et essais étant appliqués afin de s'assurer de leur fonctionnement correct à chaque étape;
- modélisation, simulation informatiques, etc. validées;
- essais CEM pour la vérification des émissions et de l'immunité, sur des parties individuelles du système relatif à la sécurité et sur le système dans son ensemble à son niveau d'assemblage le plus élevé que la pratique permet, afin d'assurer la conformité aux normes d'essai CEM de fonctionnement normalement appliquées pour l'environnement électromagnétique au cours du cycle de vie complet, et
- modification des essais d'immunité normaux (ci-dessus) afin d'assurer une plus grande couverture des effets possibles des perturbations électromagnétiques, par exemple par:
  - l'augmentation significative des niveaux d'essai;
  - la modulation des perturbations à ondes entretenues avec des fréquences ou des formes d'ondes auxquelles une conception peut être particulièrement sensible;
  - l'application simultanée de deux perturbations ou plus auxquelles une conception peut être particulièrement sensible (par exemple, plusieurs fréquences au cours d'essais conduits ou rayonnés afin de provoquer une intermodulation de la conception soumise à l'essai);
  - l'application de différentes formes d'ondes pour les essais en conditions transitoires (onde de choc, DES, etc.); et
  - réalisation d'essais en conditions transitoires bien plus nombreux afin de couvrir un plus grand pourcentage de la variété des états possibles des équipements.

Annexe C
(informative)

Informations concernant les critères de performances et les méthodes d'essai

La Figure C.1 donne une vue d'ensemble des effets admis sur les différentes fonctions d'un EUT pendant les essais d'immunité. Il n'est souvent pas possible de séparer les fonctions non relatives à la sécurité et les fonctions relatives à la sécurité pendant les essais d'immunité étant donné que les fonctions de diagnostic et de surveillance de l'EUT sont actives de façon permanente. La Figure C.2 explique le mode de réalisation des essais dans le cas où l'EUT réagit aux perturbations.

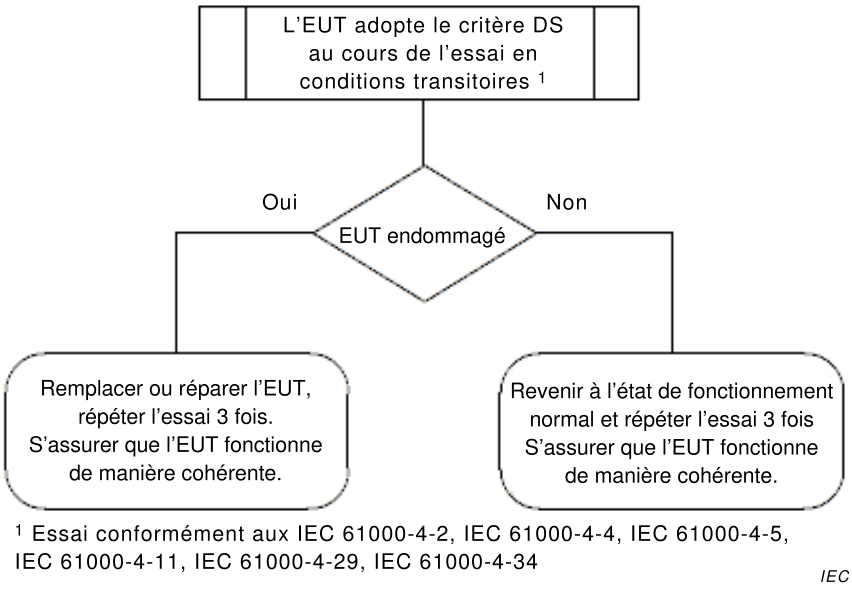
Les réactions d'un EUT aux essais d'immunité sont par exemple les suivantes: passage à un état défini ou non défini, affectation des fonctions normales ou endommagement des composants. L'endommagement des composants n'est pas admis dans des conditions CEM normales, mais est admis dans le cadre des essais d'immunité de sécurité. Il convient de réaliser les essais d'immunité normaux conformément à des normes de produits ou de familles de produits génériques (par exemple, IEC 61000-6-2) tout en satisfaisant au critère de performances A, B ou C (selon le phénomène électromagnétique appliqué).



[1] Caractériser la réaction de l'EUT sur la base du critère de performances A, B ou C

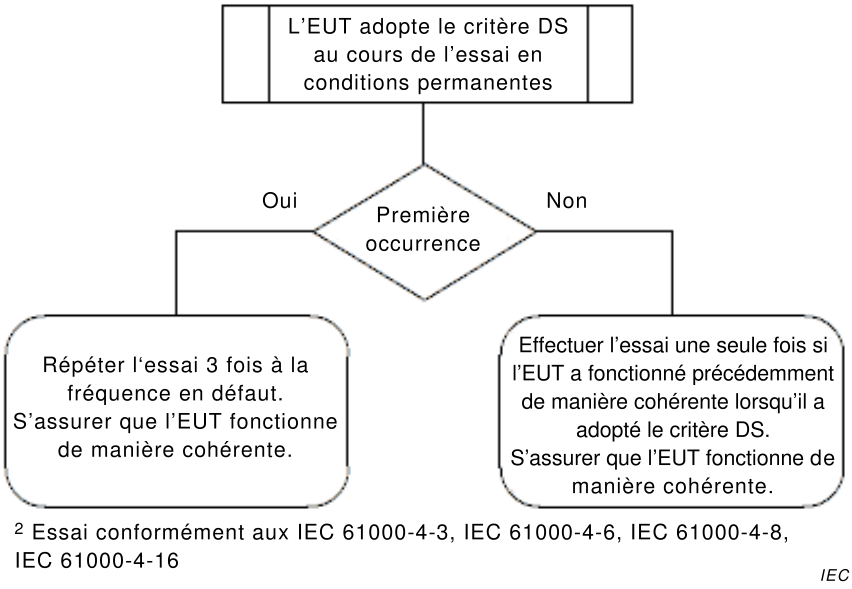
IEC

Figure C.1 – Effets admis pendant les essais d'immunité



1 Essai conformément aux IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-11, IEC 61000-4-29, IEC 61000-4-34

IEC



2 Essai conformément aux IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-6, IEC 61000-4-8, IEC 61000-4-16

IEC

Figure C.2 – Exemple de réalisation des essais après réaction de l'EUT

Annexe D
(informative)

Considérations concernant la relation entre le système relatif à la sécurité, l'élément, les équipements et le produit, et leurs spécifications

D.1 Relations entre les termes: Système relatif à la sécurité, élément, équipements et produit

L'objet de l'Annexe D est d'expliquer les différentes relations entre les termes "système relatif à la sécurité", "équipements", "éléments" et "produit" tels qu'utilisés dans le présent document.

Pour les besoins du présent document, il convient d'appréhender un système relatif à la sécurité comme un système incluant un ou plusieurs équipements. À son tour, il convient d'appréhender chaque équipement comme un équipement comprenant un ou plusieurs produits. Ce concept est représenté à la Figure D.1 ci-dessous.

Un produit (ou ensemble de produits) qui est destiné à exécuter une ou plusieurs fonctions de sécurité d'élément (et par conséquent destiné à être utilisé comme partie d'une fonction de sécurité) est identifié comme élément. Par conséquent, 'élément' est utilisé généralement pour décrire les équipements destinés à être appliqués dans un système relatif à la sécurité, auquel s'applique une revendication de conformité aux aspects de l'IEC 61508.

Il convient de consigner les revendications relatives à l'élément applicables à une évaluation de la conformité à l'IEC 61508 (y compris les revendications CEM) dans le manuel de sécurité pour article conforme de l'élément.

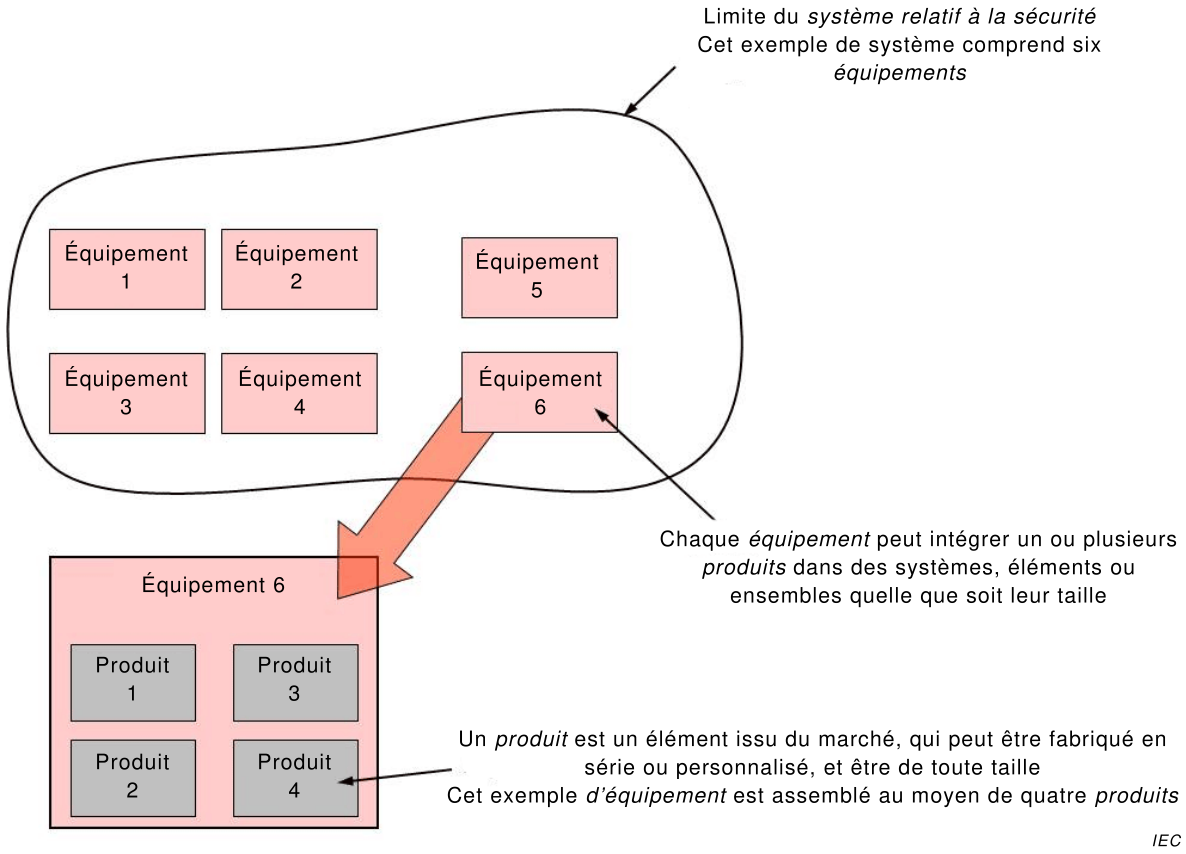


Figure D.1 – Relations entre le système relatif à la sécurité, les équipements et les produits

D.2 Relation entre l'atténuation électromagnétique et les spécifications électromagnétiques

D.2.1 Spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE

L'environnement électromagnétique maximum auquel le système relatif à la sécurité est exposé au cours de sa durée de vie constitue la base des spécifications des caractéristiques électromagnétiques figurant dans la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE.

D.2.2 Spécification des exigences concernant les équipements

Une ERS est élaborée pour chaque équipement intégré au système relatif à la sécurité. Par exemple, ceci peut être appliqué à l'échelle du système, ou par élément selon l'application. Chaque ERS contient une spécification des caractéristiques électromagnétiques basée sur l'environnement électromagnétique maximum prévu au cours de la durée de vie de cet équipement particulier.

Il incombe au concepteur du système relatif à la sécurité d'élaborer l'ERS pour chaque équipement (ou élément), y compris ses spécifications électromagnétiques.

La spécification électromagnétique contenue dans une ERS dépend de la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE, et il convient de plus qu'elle tienne compte de la situation créée par les mesures d'atténuation appliquées au niveau du système. Il convient de noter qu'il peut également s'avérer nécessaire que l'ERS protège certains équipements contre les émissions électromagnétiques d'autres parties du système relatif à la sécurité, c'est-à-dire qu'elle tienne compte des aspects de la CEM entre les systèmes. L'application des concepts de zones électromagnétiques est utile dans la conception des mesures d'atténuation (voir l'IEC 61000-5-6).

Le présent document part généralement du principe que le concepteur du système relatif à la sécurité élabore l'ERS, et que les divers concepteurs d'équipements (qui travaillent pour le même fournisseur ou pour des organisations de fournisseurs) choisissent les produits à utiliser dans leurs équipements de manière à satisfaire à la spécification appropriée des exigences concernant les équipements. Cette situation est typique des installations industrielles ou commerciales de grande dimension. Dans les cas où le système relatif à la sécurité est suffisamment petit, l'ERS peut ne pas être exigée.

D.2.3 Spécifications des produits

Ces spécifications sont élaborées par les fabricants des produits pour leurs propres produits, et contiennent les spécifications des caractéristiques électromagnétiques qui sont souvent associées aux normes CEM de l'IEC. Il est toutefois important de comprendre que les spécifications de produits peuvent être basées sur une connaissance générale des exigences électromagnétiques plutôt que sur une connaissance spécifique de la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE ou de l'ERS pour un système relatif à la sécurité particulier.

Cela signifie que les spécifications de produits peuvent ne pas satisfaire aux caractéristiques électromagnétiques exigées par une ERS pour un système relatif à la sécurité donné.

Il incombe au concepteur d'un équipement d'établir la spécification électromagnétique dans son ERS, en utilisant les spécifications de produits et les mesures d'atténuation électromagnétique, comme décrit en D.2.4 ci-dessous. Il convient que ceci tienne également compte de la possibilité d'un brouillage entre les divers produits qui composent l'équipement.

D.2.4 Vue d'ensemble des relations entre la SSRS, les diverses ERS et les spécifications de produits

La Figure D.2 présente une vue d'ensemble d'un exemple de processus par lequel les produits du commerce sont adaptés à l'environnement électromagnétique maximum auquel ils peuvent être confrontés lorsqu'ils sont utilisés dans le système relatif à la sécurité.

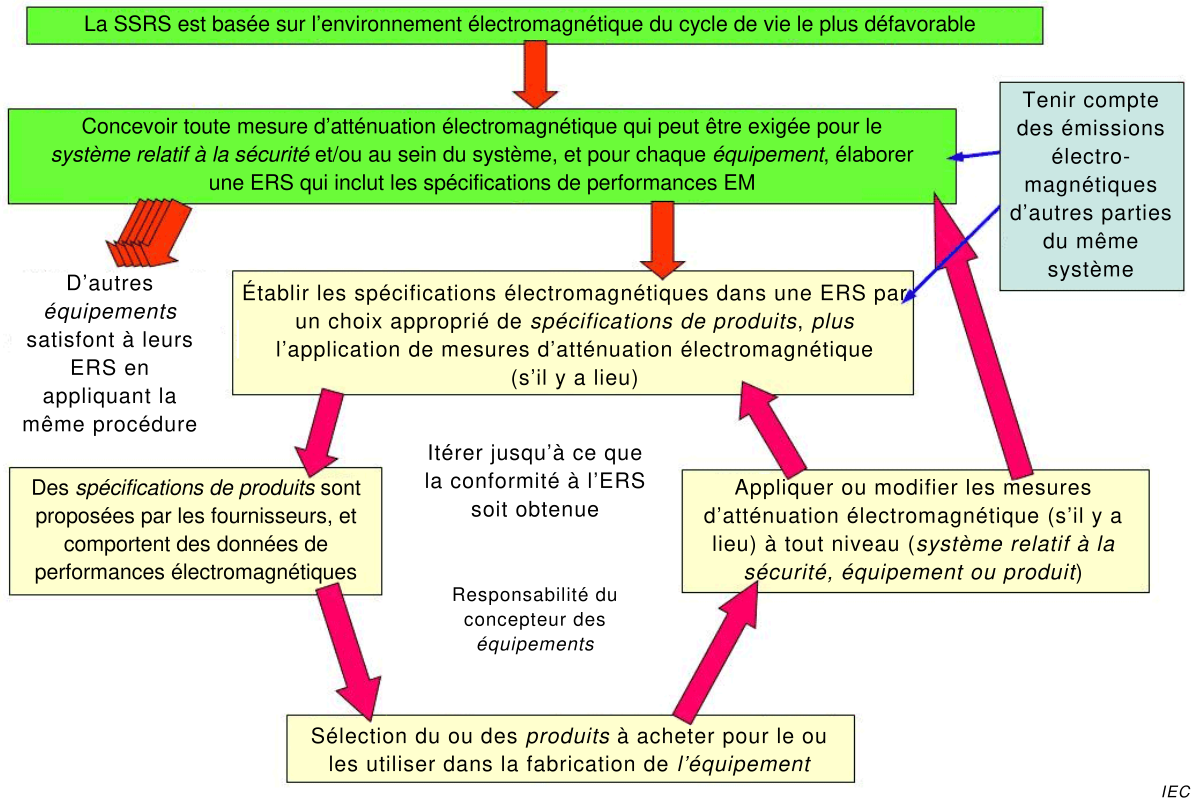


Figure D.2 – Processus d'établissement de la spécification électromagnétique dans la SSRS, en utilisant des produits du commerce

Un système industriel relatif à la sécurité typique utilise des produits achetés dans les catalogues des fabricants ou des distributeurs. Lorsque le concepteur d'équipements est confronté à une ERS plus contraignante que les spécifications des produits achetés, il est nécessaire d'utiliser des mesures d'atténuation électromagnétique. Le concepteur d'équipements peut utiliser des zones électromagnétiques pour s'assurer que les produits disponibles peuvent être utilisés pour satisfaire à l'ERS.

Lorsqu'un article particulier n'est pas disponible comme produit standard, le concepteur d'équipements peut choisir de commander un article à fabriquer spécialement.

Annexe E
(informative)

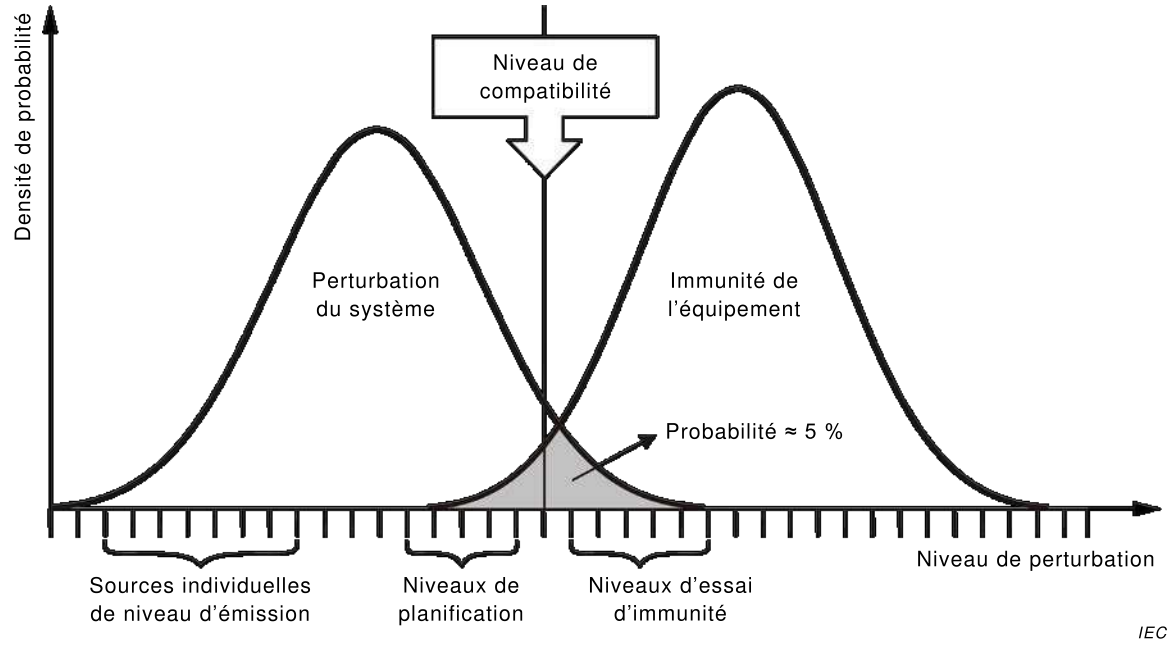
Considérations concernant les phénomènes électromagnétiques et le niveau d'intégrité de sécurité

L'Annexe E concerne des observations sur les phénomènes électromagnétiques et sur le SIL.

La description quantitative de l'immunité exigée aux phénomènes électromagnétiques est établie dans la pratique par la mise en place d'essais d'immunité, de niveaux d'essai d'immunité et de critères de performances appropriés. Ceci constitue une tâche difficile et décisive étant donné que des approches et des stratégies différentes doivent être prises en compte et réunies pour la CEM et les zones de sécurité fonctionnelle.

L'approche classique de déduction des niveaux d'immunité électromagnétique pour la CEM peut être démontrée à l'aide de la Figure E.1 (pour de plus amples informations, voir l'IEC 61000-2-5). Dans cette figure, la courbe de gauche représente la densité de probabilité d'occurrence de perturbations électromagnétiques résultant des émissions de sources individuelles (à savoir, le niveau de perturbation du système).

La courbe de droite représente la densité de probabilité du comportement d'immunité des équipements aux perturbations électromagnétiques. Une courbe probabiliste existe malgré le fait que les niveaux d'immunité sont normalement donnés sous forme de valeurs quantitatives discrètes. Cette courbe révèle que les équipements peuvent souvent avoir une immunité supérieure à celle exigée (l'immunité est normalement vérifiée par essai par rapport au seul niveau exigé). Cette courbe indique également que l'immunité réelle présente une variation, due aux tolérances relatives aux équipements proprement dits et aux incertitudes concernant le matériel d'essai et la réalisation de l'essai.



NOTE Un exemple de niveaux d'émission/immunité pour un émetteur et un suscepteur uniques est présenté en fonction de certaines variables indépendantes (par exemple, amplitudes de salves ou niveaux d'intensité de champ)

Figure E.1 – Exemple de niveaux d'émission, d'immunité et de compatibilité

Pour une description quantitative de cette situation, un niveau de compatibilité est mis en place et choisi comme niveau de référence pour la description des perturbations. Ces niveaux

de compatibilité pour les divers phénomènes électromagnétiques sont donnés, par exemple, dans l'IEC 61000-2-5. Ils peuvent être utilisés comme point de départ de déduction des niveaux d'immunité qui doivent généralement être supérieurs aux niveaux de compatibilité. Par conséquent, la compatibilité électromagnétique ne peut être réalisée que si les émissions et les niveaux d'immunité sont contrôlés de sorte que les niveaux de perturbations résultant des émissions cumulées soient suffisamment inférieurs au niveau d'immunité pour chaque dispositif, équipement et système à chaque endroit. Il convient toutefois de noter que les niveaux de compatibilité peuvent dépendre du phénomène, du temps et de l'endroit.

Il peut être conclu, d'après la forme des courbes de la Figure E.1, qu'une marge plus importante entre le niveau de compatibilité et le niveau d'immunité appliqué entraîne une occurrence réduite de situations de brouillage et de ce fait une "meilleure" CEM.

Dans la pratique, les niveaux d'immunité sont déduits de sorte que le recouvrement potentiel entre la courbe qui indique les niveaux de perturbation et la courbe qui indique les niveaux d'immunité se situe dans une plage de quelques pour-cent (généralement jusqu'à 5 % comme indiqué à la Figure E.1). Cette approche représente un compromis d'ordre technique/économique, qui admet des niveaux d'immunité spécifiés qui ne sont pas suffisamment élevés pour éviter un brouillage dans certains cas. Le recouvrement de 5 % ne signifie pas nécessairement que des brouillages se produisent dans 5 % des installations où ces composants sont utilisés. La probabilité de brouillage résultante est normalement bien inférieure à ce qui est expliqué à l'Article A.6 de l'IEC 61000-1-1:1992.

En théorie, il convient de pouvoir déduire les niveaux d'immunité de sorte que la probabilité de brouillage restante demeure sous une certaine probabilité. Dans la pratique, cette tâche ne peut cependant pas être résolue de manière raisonnable, parce que:

a) Les courbes de la Figure E.1 représentent le comportement principal de la probabilité d'émissions et d'immunité, ainsi que les positions des niveaux de compatibilité et d'immunité. Ces courbes dépendent du phénomène, du temps et/ou de l'endroit. De ce fait, une connaissance potentielle de ces types de courbes de densité probabiliste pour un phénomène particulier et avec une installation particulière ne peut être transférée à aucun autre phénomène électromagnétique arbitraire ni aucune autre installation.

b) La connaissance réelle de ces types de courbes probabilistes est relativement faible pour la plupart des phénomènes électromagnétiques. En effet, il n'existe des informations détaillées que pour peu de phénomènes (par exemple pour le sujet de la protection contre la foudre et le domaine des impulsions de surtension). Mais dans ces cas également, il n'existe que des informations plus ou moins expérimentées sur le phénomène lui-même (dans le cas de la foudre, par l'utilisation de courbes isokérauniques), et pas davantage concernant les contraintes électromagnétiques qui s'exercent en conséquence sur un équipement.

Il peut être prévu que même les courbes probabilistes relativement bien connues le sont dans les plages où leurs amplitudes sont de l'ordre de quelques pour-cent ou de plusieurs dixièmes de pour-cent. Ceci ne peut cependant pas être déterminé comme suffisant lors de l'examen des exigences probabilistes telles que définies par le SIL. Dans ce cas précis, les ingénieurs d'un système relatif à la sécurité prennent en compte des probabilités de 10^{-5} à 10^{-9} défaillances par heure pour une fonction de sécurité. Cette approche mathématique est impossible concernant les phénomènes électromagnétiques dans la mesure où les connaissances sur l'environnement électromagnétique sont insuffisantes à cet égard. Il existe des données pour les défaillances matérielles. Tel n'est pas le cas pour les défaillances résultant de phénomènes électromagnétiques.

Il peut être conclu, sur la base de ces conditions aux limites, qu'il n'existe pas, dans la plupart des cas, de méthode évidente et démontrable de détermination d'une corrélation raisonnable entre le niveau de compatibilité des perturbations au sein d'une installation, le niveau d'immunité pour un équipement à installer comme partie d'un système relatif à la sécurité dans ce type d'installation et le SIL à obtenir pour le système. Toutefois, sans cette corrélation, aucun classement ne peut être établi pour les niveaux d'immunité des équipements en SIL.

La seule méthode pratique de déduction de niveaux d'immunité appropriés consiste à tenir compte de l'environnement électromagnétique particulier dans lequel le système relatif à la sécurité est destiné à être utilisé et à déterminer des niveaux d'immunité pour la sécurité fonctionnelle au moyen d'arguments techniques. Les niveaux de compatibilité peuvent être utilisés uniquement comme type de base de déduction de l'immunité exigée. Dans la mesure où il ne peut être tenu compte d'aucune donnée probabiliste, les niveaux d'immunité déduits sont fondamentalement applicables pour tous les systèmes relatifs à la sécurité dans cet environnement particulier, indépendamment du SIL exigé.

Un exemple peut représenter cette situation. L'étude du phénomène d'immunité aux intensités de champs électromagnétiques rayonnés produit deux cas pour une situation particulière:

a) Si l'évaluation correspondante démontre l'absence de champs RF intenses au cours de la durée de vie prévue du système relatif à la sécurité (par exemple, des champs exclus par des mesures d'organisation), et ce, même en considérant une utilisation et une mauvaise utilisation prévisibles, les niveaux d'essai peuvent être basés sur un niveau d'immunité normal. Ce niveau d'immunité peut être déduit par exemple d'une norme générique applicable à l'environnement électromagnétique à l'étude. Ceci s'applique uniquement à la plage de fréquences couverte par la norme utilisée pour déduire le niveau d'immunité. Il convient de chercher d'autres lignes directrices en dehors de cette plage de fréquences (par exemple, dans d'autres normes). Le niveau d'immunité déduit peut être utilisé indépendamment du SIL particulier à établir pour cette installation.
b) Si des émetteurs radio portatifs peuvent être utilisés à proximité immédiate des équipements correspondants, il est nécessaire de déduire le niveau d'intensité de champ maximum produit par ces émetteurs et de déterminer le niveau d'immunité correspondant à appliquer. Il n'existe normalement pas de détermination raisonnable de la probabilité d'occurrence de ces niveaux d'intensité de champ (ils peuvent se produire lors des activités de maintenance, réparation ou surveillance qui, par nature, ne peuvent être prévues), tout au moins pas de manière à obtenir une relation évidente concernant les probabilités très faibles telles qu'elles sont admises pour les divers SIL. De ce fait, l'immunité propre aux équipements doit être déduite afin d’assurer une protection contre les niveaux d'intensité de champ indépendamment du nombre d'occurrences de ces niveaux, et par conséquent également indépendamment du SIL exigé.

L'introduction de ces niveaux d'immunité, déduits au moyen d'arguments techniques, peut correspondre à la possibilité la plus simple de surmonter les problèmes associés aux paramètres statistiques et probabilistes inconnus. Elle apporte conjointement une confiance maximale quant à la prise en compte des niveaux maximums. Ce concept de détermination de niveaux d'immunité plus élevés présente l'avantage supplémentaire de n'exiger aucun niveau d'essai dépendant du SIL.

Annexe F
(informative)

Planification de sécurité CEM

F.1 Structure de base

La planification de sécurité CEM est un processus structuré comportant plusieurs étapes et activités. La structure de base ainsi que sa relation avec le processus d'assurance de la sécurité peuvent être démontrées par le diagramme de la Figure F.1.

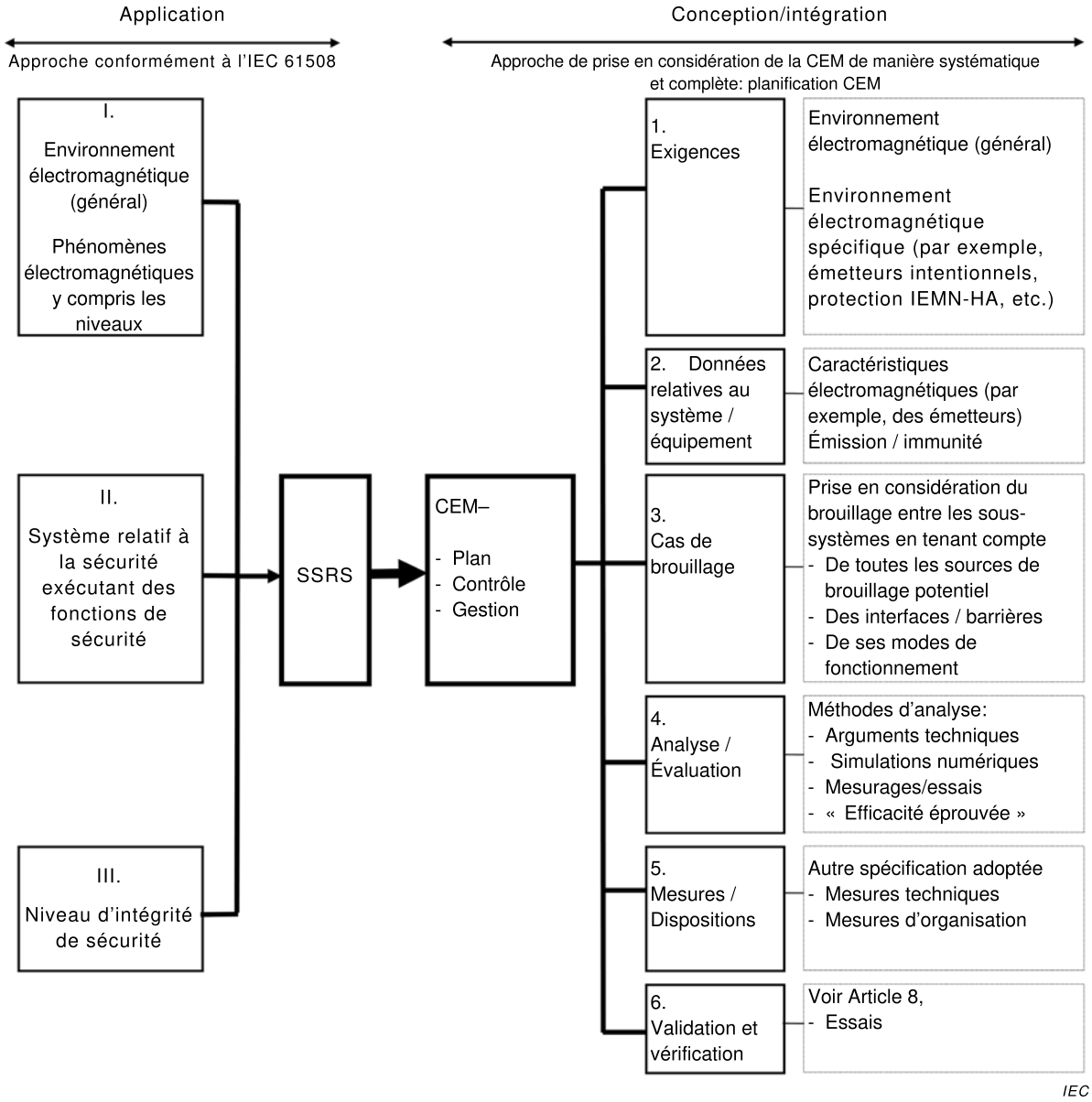


Figure F.1 – Planification de sécurité CEM pour les systèmes relatifs à la sécurité

F.2 Exigences

Le type/la nature de l'environnement électromagnétique dans lequel le système relatif à la sécurité est destiné à être utilisé, constituent une des entrées de base de la spécification des

exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE, qui s'applique ensuite aux spécifications des exigences techniques pour le système et pour tous ses équipements.

Selon les phénomènes électromagnétiques et leurs niveaux, identifiés comme appropriés à cet environnement, des essais et niveaux d'immunité correspondants peuvent être déduits et associés aux critères de performances appropriés pour les équipements. Ceci génère une ou plusieurs spécifications d'exigences pour les équipements destinés à être utilisés dans le système relatif à la sécurité. La satisfaction à la spécification des exigences concernant les équipements représente une condition préalable pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle en vue de l'intégration des équipements dans le système relatif à la sécurité.

NOTE Il peut s'avérer nécessaire d'appliquer des mesures d'atténuation électromagnétique supplémentaires aux produits afin de satisfaire à l'ERS identifiée au cours du processus de la planification de sécurité CEM.

Dans de nombreux cas, une description générale de l'environnement électromagnétique constitue tout ce qui est nécessaire pour déduire les exigences d'immunité pour l'ERS. Toutefois, dans certains cas, il peut être nécessaire de modifier cette description générale du fait de la présence d'équipements particuliers (par exemple, équipements ISM de groupe 2) ou en raison de l'installation future planifiée des équipements. Ces cas peuvent tous produire un environnement électromagnétique modifié.

Par conséquent, il faut déterminer si l'environnement électromagnétique réel diffère de l'environnement général par rapport à certains phénomènes électromagnétiques particuliers. Cette considération peut produire des exigences d'immunité particulières tant au niveau du système que de l'équipement, et/ou des mesures d'atténuation afin de réduire les émissions ou d'améliorer l'immunité.

F.3 Données relatives au système/équipement

Afin d'évaluer et d'assurer que la configuration résultante est protégée électromagnétiquement contre les perturbations potentielles produites par le système et tous ses équipements (perturbations électromagnétiques internes), ainsi que par les systèmes et les équipements dans l'environnement électromagnétique externe, tous les équipements doivent être identifiés et décrits en termes d'aspects électromagnétiques. Cette description peut être basée en partie sur des études de site, des spécifications techniques, l'expérience, etc. Les sources de brouillage potentiel, les mécanismes de couplage et les interfaces doivent être identifiés et décrits.

F.4 Matrice CEM

Sur la base des équipements identifiés, une matrice doit être créée pour représenter toutes les situations de brouillage potentiel entre tous les équipements et/ou produits, tant internes qu'externes au système. Dans cette matrice, tous les modes de fonctionnement et tous les types de couplages doivent être pris en compte.

F.5 Analyse/évaluation

Tous les cas de brouillages potentiels révélés par la matrice CEM doivent être analysés et évalués de manière systématique. De plus, des critères peuvent être définis qui indiquent la mesure et la profondeur dans lesquelles chaque analyse individuelle doit être effectuée.

F.6 Mesures/dispositions

Outre le fait que les équipements doivent être spécifiés comme conformes aux exigences d'immunité, il peut s'avérer nécessaire d'appliquer des mesures afin d'assurer l'immunité au niveau du système. Dans le cas où l'analyse et l'évaluation révèlent qu'un brouillage

préjudiciable est censé se produire, des mesures d'atténuation supplémentaires doivent être appliquées à titre préventif.

Il doit être noté qu'il convient que les mesures correspondantes ne se limitent pas uniquement à renforcer l'immunité. Dans des cas particuliers, il peut être plus opportun d'appliquer les mesures à une source de brouillage.

F.7 Validation/vérification

Pour le système relatif à la sécurité, la conformité à la spécification des exigences de sécurité concernant les systèmes E/E/PE doit être démontrée (voir Article 8). Ceci peut être réalisé au moyen d'un plan d'essai CEM propre au système.

Bibliographie

Informations techniques sur la sécurité fonctionnelle

LIMNIOS, N. *Arbres de défaillances.* Paris: Editions Hermès, 1991. 183 p. (Manuel)

Guidance document on EMC and Functional Safety, The IET, http://www.theiet.org/factfiles/EMC/index.cfm,

BROWN SJ. EMC and Safety related Systems. *Proceedings of the IEE International Conference on EMC,* Coventry 1997

JAEKEL, Bernd. Considerations on immunity test levels and methods with regard to functional safety. In LEWANDOWSKI, G. and JANISZEWSKI, JM (ed.). Electromagnetic Compatibility 2006. Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2006, p. 187-192, ISBN 83-7085-947-X

ARMSTRONG, Keith. *Why EMC Immunity Testing is Inadequate for Functional Safety*, 2004 IEEE International EMC Symposium, Santa Clara, Californie, USA, 9-13 août 2004, ISBN 0-7803-8443-1, pp 145-149. Également publié chez Conformity, mars 2005, pp 15-23, http://www.conformity.com

ARMSTRONG, Keith. *Design and Mitigation Techniques for EMC for Functional Safety*, 2006 IEEE International EMC Symposium, 14-18 août 2006, Portland, Oregon, USA, ISBN: 1-4244-0294-8.

Parker, W H, Tustin, W and Masone, T. *The Case for Combining EMC and Environmental Testing*, ITEM 2002 pp 54-60, http://www.interferencetechnology.com

BROWN, Simon and RADASKY, William. *Functional Safety and EMC*, IEC Advisory Committee on Safety (ACOS) Workshop VII, Francfort-sur-le-Main, Allemagne, 9/10 mars 2004.

WILLIAMS, Tim and ARMSTRONG, Keith. *EMC for Systems and Installations*, Newnes, 2000, ISBN: 0-7506-4167-3

“Dependability of Computer Systems”, EWICS Technical Committee 7, Elsevier Applied Science1989 ISBN 1851663819

“Using Software Protocols to Mask CAN BUS Insecurities”, B R Kirk, IEE Colloquium on the Electromagnetic Compatibility of Software, Jeudi 12 novembre 1998, Savoy Place, Londres, WC2R OBL, IEE document reference 98/471, disponible auprès de IEE Library, Savoy Place, libdesk@theiet.org, or archives@theiet.org, téléphone 020 7344 8407, fax: 020 7344 846.

“System Software Support For Possible Hardware Deficiency”, Thomas Kägi, PhD Thesis, 2012, Faculty of Computing, London Metropolitan University.

Article on Defensive Programming, disponible à l’adresse:
www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Defensive_programming.html

NASA Software Safety Guidebook, disponible à l‘adresse:
www.fmeainfocentre.com/handbooks/nasasoftwareguidbook.doc

IEEE STD, 754-2008, disponible à l’adresse
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4610933

“Using EMC HALT for risk and fault assessment” by Per Thaastrup Jensen, Proceedings of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2013), Bruges, Belgique, 2-6 septembre 2013, ISBN 978-1-4673-4980-2

Guides on 17 different EM phenomena and their EMC tests (including how to extend them to provide better ‘coverage’ of real-life EM disturbances), Keith Armstrong, www.reo.co.uk/knowledgebase

“Developing Immunity Testing to Cover Intermodulation”, W. Grommes and K. Armstrong, IEEE 2011 Int’l EMC Symp. Long Beach, ISBN: 978-1-45770810-7

“Testing for immunity to simultaneous disturbances and similar issues for risk-managing EMC”, K. Armstrong, IEEE 2012 Int’l EMC Symp. Pittsburgh, PA, USA, 5-10 août 2012, ISBN: 978-1-4673-2059-7.

Autres publications

IEC 60050-191, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 61000-1-1:1992, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 1: Généralités – Section 1: Application et interprétation de définitions et termes fondamentaux*

IEC TR 61000-1-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61000-2-X (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement*

IEC TR 61000-2-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 3: Description de l'environnement – Phénomènes rayonnés et phénomènes conduits à des fréquences autres que celles du réseau*

IEC 61000-2-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

IEC 61000-2-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-13: Environment – High-power electromagnetic (HPEM) environments – Radiated and conducted* (disponible en anglais seulement)

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

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

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-9, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 9: Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel*

IEC 61000-4-10, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 10: Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-4-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale amortie*

IEC 61000-4-13, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux harmoniques et interharmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif*

IEC 61000-4-16, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*

IEC 61000-4-18, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie*

IEC 61000-4-19, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-19: Techniques d'essai et de mesure – Essai pour l'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel et à la signalisation dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif*

IEC 61000-4-20, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM*

IEC 61000-4-21, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-21: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai en chambre réverbérante*

IEC 61000-4-23, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-23: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai pour les dispositifs de protection pour perturbations IEMN-HA et autres perturbations rayonnées*

IEC 61000-4-24, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 24: Méthodes d'essai pour les dispositifs de protection pour perturbations conduites IEMN-HA*

IEC 61000-4-25, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA des appareils et des systèmes*

IEC 61000-4-27, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-27: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux déséquilibres*

IEC 61000-4-28, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation de la fréquence d'alimentation*

IEC 61000-4-29, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu*

IEC 61000-4-34, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-34: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour matériel ayant un courant d'alimentation de plus de 16 A par phase*

IEC TR 61000-5-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 1: Considérations générales – Publication fondamentale en CEM*

IEC TR 61000-5-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 2: Mise à la terre et câblage*

IEC TR 61000-5-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5-6: Guides d'installation et d'atténuation – Atténuation des influences électromagnétiques externes*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC TS 61000-6-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-5: Normes génériques – Immunité des matériels pour les environnements de centrales électriques et de postes*

IEC 61508-1:2010, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61508-2, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 2: Exigences pour les systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 61508-3, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 3: Exigences concernant les logiciels*

IEC 61508-4:2010, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 4: Définitions et abréviations*

IEC 61508-5, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 5: Exemples de méthodes de détermination des niveaux d'intégrité de sécurité*

IEC 61508-6, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 6: Lignes directrices pour l'application de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-3*

IEC 61508-7, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 7: Présentation de techniques et mesures*

IEC 62305-1:2010, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-2:2010, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Évaluation des risques*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC Guide 51:2014, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO/IEC 2382-14, *Technologies de l'information – Vocabulaire – Partie 14: Fiabilité, maintenabilité et disponibilité*

ISO 7137:1995, *Aéronefs – Conditions d'environnement et procédures d'essai pour les équipements embarqués*

ISO 7637 (toutes les parties), *Véhicules routiers – Perturbations électriques par conduction et par couplage*

ISO 10605, *Véhicules routiers – Méthodes d'essai des perturbations électriques provenant de décharges électrostatiques*

ISO 11451 (toutes les parties), *Véhicules routiers – Méthodes d'essai d'un véhicule soumis à des perturbations électriques par rayonnement d'énergie électromagnétique en bande étroite*

ISO 11452 (toutes les parties), *Véhicules routiers – Méthode d'essai d'un équipement soumis à des perturbations électriques par rayonnement d'énergie électromagnétique en bande étroite*

ISO 14302:2002, *Systèmes spatiaux – Exigences relatives à la compatibilité électromagnétique*

CISPR 16-4 (toutes les parties), *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4X: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites*

EN 50174-2, *Technologies de l'information – Installation de câblages – Partie 2: Planification et pratiques d'installation à l'intérieur des bâtiments*

EN 50174-3, *Technologies de l'information – Installation de câblages – Partie 3: Planification et pratiques d'installation à l'extérieur des bâtiments*

_____

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch