

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 1: General requirements**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 1: Exigences générales**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
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 more than 30 000 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

More than 60 000 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 plus de 30 000 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

Plus de 60 000 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 1: General requirements**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 1: Exigences générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.180.10

ISBN 978-2-8322-2363-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	10
1 Scope and object.....	11
1.1 Scope	11
1.2 Object.....	11
2 Normative references	12
3 Terms, definitions and abbreviations	15
3.1 General concepts.....	15
3.2 Equipment and state of equipment.....	17
3.3 Parts and accessories.....	18
3.4 Safety related concepts	19
3.5 Abbreviations.....	20
4 Classification and sub-division.....	21
4.1 Classification by process frequency	21
4.2 Classification by voltage	21
4.3 Sub-division of installation and equipment	22
4.3.1 Subdivision into parts	22
4.3.2 Hierarchy and structure of requirements	25
4.4 Classification of hazards and risks	25
4.4.1 Classification of hazards.....	25
4.4.2 Classification of risks.....	26
4.4.3 Limits	26
5 Risk assessment	27
6 General provisions.....	27
6.1 Basic considerations	27
6.2 Significant hazards	28
6.3 Physical environment and operating conditions for the installation as such and electrical equipment outside the processing equipment.....	28
6.4 Physical environment and operating conditions for electrical equipment inside the processing equipment.....	29
6.5 Power supply	30
6.6 Access.....	30
6.7 Ergonomic aspects	31
6.8 Transport and storage.....	31
6.9 Provisions for handling.....	31
6.10 Consumables and replaceable parts	31
7 Protection against electric shock	31
7.1 General.....	31
7.2 Fundamental rule of protection.....	32
7.3 General provisions	32
7.4 Basic protection	33
7.5 Provisions for single fault protection	34
7.6 Protective equipotential bonding	35
7.7 Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz	37
7.8 Protective conductor currents	38
7.9 Touch current and touch voltage	39

7.10	Conductors and insulations at high temperature.....	39
7.11	Non-electric faults	40
8	Protection against hazards caused by electric or magnetic nearfields	40
8.1	General.....	40
8.2	Magnetic fields.....	40
8.3	Local electric fields	41
8.4	Requirements related to barriers and screens	41
8.5	Requirements related to objects worn, carried or held by persons	42
9	Protection against hazards from radiation	43
9.1	General.....	43
9.2	Installation or equipment generating ionizing radiation	43
9.3	Ultraviolet radiation.....	43
9.4	Visible and infrared radiation	44
9.5	Laser sources	44
10	Protection against hazards from thermal influences	44
10.1	General.....	44
10.2	Surface temperature limits for protection against burn	45
10.3	Hazards caused by working conditions.....	45
10.4	Heat resistance of components	45
10.5	Cooling	46
10.6	Over-temperature protection	47
11	Protection against hazards from fire	48
12	Protection against hazards from fluids	48
12.1	General.....	48
12.2	Poisonous and injurious gases and substances	49
12.3	Explosion and implosion of pressurised parts.....	49
13	Specific requirements for components and subassemblies	49
13.1	General.....	49
13.2	Electrical equipment and conductors.....	50
13.3	Connection to the electrical supply network and internal connections.....	50
13.4	Isolation and switching.....	51
13.5	Sensors and actuators safeguarding moving parts	51
13.6	Motors	51
13.7	Non electric-heating means.....	52
13.8	Lighting.....	52
13.9	Structural parts and stability.....	52
13.10	Doors, windows and other openings.....	52
14	Control of the installation or equipment.....	52
14.1	General.....	52
14.2	Operator control unit	52
14.3	Emergency stop	53
14.4	Control systems and their functions	53
14.5	Controlgear.....	54
14.6	Protective devices.....	55
14.7	Over-temperature protective device	56
14.8	Overpressure safety device.....	56
15	Protection against mechanical hazards.....	57
16	Protection against hazards resulting from use	58

16.1	Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption	58
16.2	Radio frequency interference	58
16.3	Particular hazards in electroheating and electromagnetic processing	58
16.4	Combination equipment	58
17	Protection against other hazards	58
17.1	General.....	58
17.2	Sonic, infra- and ultra-sonic pressure.....	59
18	Verification and testing	59
18.1	General.....	59
18.2	Performing measurements and tests	61
18.3	Verification of conformity with limits for electric or magnetic fields	61
18.4	Examination of drawings or calculations.....	61
18.5	Visual inspection.....	61
18.6	Measurements	62
18.6.1	Insulation resistance measurement up to 200 Hz	62
18.6.2	Measurement of electric or magnetic fields	62
18.6.3	Touch current measurement	62
18.6.4	Ionising radiation measurement	62
18.6.5	Measurement of non-coherent optical irradiation.....	63
18.6.6	Measurement of coherent optical radiation including emission from LEDs	63
18.6.7	Surface temperature measurement.....	63
18.6.8	Sound level measurement	63
18.7	Functional tests	64
18.7.1	Protection by automatic disconnection of supply	64
18.7.2	Voltage test	64
18.7.3	Dielectric test	64
18.7.4	Accessibility of live parts	64
18.8	Numerical modelling	64
18.8.1	General	64
18.8.2	Numerical assessment of electric or magnetic fields	64
18.8.3	Numerical assessment of optical radiation	65
19	Information for use	65
19.1	General requirements	65
19.2	Location and nature of the information for use	65
19.3	Signalling and warning devices	66
19.4	Markings, pictograms, written warnings.....	66
19.5	Instruction handbook(s) / installation, commissioning, operation, maintenance, and decommissioning manual(s)	67
Annex A (informative)	List of significant hazards	71
Annex B (informative)	Electric and magnetic fields, touch currents – limits of exposure hazards	76
B.1	Overview and motivation	76
B.1.1	General	76
B.1.2	Basic concepts	76
B.1.3	Hazard sources and hazard effects.....	76
B.1.4	Frequency dependence	77
B.2	Static magnetic fields.....	77

B.3	Time varying magnetic, electric and electromagnetic fields	78
B.3.1	Basic restrictions between 1 Hz and 100 kHz.....	78
B.3.2	Basic restrictions between 100 kHz and 300 MHz	79
B.3.3	Heated worn objects	80
B.4	Touch currents.....	80
B.5	Touch voltages	80
B.5.1	Extra-low voltage (ELV) below 100 Hz	80
B.5.2	Extra-low voltage (ELV) above 100 Hz.....	81
B.6	Classification of exposure	81
B.6.1	General	81
B.6.2	Exempt group	81
B.6.3	Risk group 1 (low risk)	81
B.6.4	Risk group 2 (moderate risk).....	82
B.6.5	Risk group 3 (high risk).....	82
Annex C (informative)	Optical radiation – limits of exposure hazards	83
C.1	Non-coherent radiation limits	83
C.2	Radiation from laser sources and LEDs	84
C.3	Non-coherent optical radiation – risk groups	84
C.3.1	General	84
C.3.2	Exempt group	84
C.3.3	Risk group 1 (low risk)	85
C.3.4	Risk group 2 (moderate risk).....	85
C.3.5	Risk group 3 (high risk).....	85
C.3.6	Pulsed equipment	85
Annex D (informative)	Limits for exposure hazards – noise and vibration	86
D.1	General.....	86
D.2	Sonic noise	86
D.3	Ultrasonic pressure	86
D.4	Infrasound	86
D.5	Vibration	87
Annex E (normative)	Provisions concerning EMC.....	88
E.1	General.....	88
E.2	Requirements	88
Annex F (normative)	Marking and warning	89
F.1	EMF hazard zones	89
F.2	Touch currents and surfaces	89
F.3	Optical radiation hazards	90
F.4	Symbols and signs used for markings and warnings.....	90
Annex G (informative)	Guidelines on using this standard	92
Annex H (informative)	Connection with ISO 13577 series.....	93
Bibliography		94
Figure 1	– Block diagram of a typical EH or EPM installation	23
Figure B.1	– Illustration of the basic restrictions from Tables B.3 and B.4	79
Figure F.1	– Examples of marking for magnetic and electric fields	89
Figure F.2	– Examples of marking for touch current	89
Figure F.3	– Example of marking for infrared radiation	90

Table 1 – Equipment, process frequency and safety-relevant frequency limits	21
Table 2 – Typical EH or EPM installation – listing of parts and references	24
Table 3 – Safety classification scheme for exposure risks	26
Table 4 – Thermal protective measures	47
Table 5 – Methods for the verification of requirements	59
Table A.1 – List of hazards dealt with in this standard	71
Table B.1 – ICNIRP and IEEE limits of exposure to static magnetic fields	77
Table B.2 – ICNIRP basic restrictions for internal electric fields in human tissue in the frequency range between 1 Hz and 10 MHz	78
Table B.3 – IEEE basic restrictions for internal electric fields in human tissue in the frequency range between 0,153 Hz and 3 GHz	78
Table B.4 – Specific absorption rate (SAR) and power flux density basic restrictions between 100 kHz and 300 MHz	80
Table B.5 – ICNIRP reference levels for time-varying touch currents	80
Table C.1 – Exposure limits in the ultraviolet, visible and infrared, irradiance based values	83
Table C.2 – Exposure limits in the infrared, radiance based values	83
Table C.3 – Risk group classification of equipment by emission of optical radiation	84
Table F.4 – Examples of symbols and signs for use in EH or EPM installations	91

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING
AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –****Part 1: General requirements**

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 60519-1 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating and electromagnetic processing.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The title and scope of the standard has been expanded to include installations and equipment for electromagnetic processing of materials.
- b) Terms and definitions as well as the list of normative references have been updated and completed with new items.
- c) The requirements have been restructured.

- d) Additional requirements for electric and magnetic fields, for touch currents as well as for optical radiation have been added.
- e) New clauses addressing verification have been added.
- f) New annexes specifying limits of exposure hazards for electric and magnetic fields, optical radiation, noise and vibration have been added.
- g) New annexes on EMC, markings and warnings, guidelines for using this standard and information on the connection to ISO 13577-1 have been added.

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

FDIS	Report on voting
27/947/FDIS	27/951/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 60519 series, published under the general title *Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

In this standard, the following print types are used:

- requirements and definitions: in roman type;
- NOTES: in smaller roman type;
- terms used throughout this standard which have been defined in Clause 3: **in bold type**.

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

This fifth edition of IEC 60519-1 is a product safety publication and is intended to:

- include all types of installations or equipment that are in the scope of IEC TC 27 dealing with industrial **electroheating (EH)** and **electromagnetic processing of materials (EPM)**;
- cover in these General Requirements all hazards that are relevant for more than one type of equipment or installation individually dealt with in Particular Requirements;
- give requirements on electrical safety, touch currents, electric fields, magnetic fields and radiation, thus mirroring the broad scope of installations covered and their processing frequency;
- give means for verification of the requirements;
- make extensive use of the standards developed by IEC committees with horizontal or group safety functions and of relevant ISO standards by reference, including publications developed by ISO/TC 244 (more information is given in Annex H), in compliance with IEC Guide 104;
- be useable like a type-C standard in the sense of ISO 12100;
- include all material, references and requirements suitable for risk assessment and list significant hazards.

This standard addresses mainly **manufacturers** making made-to-order equipment on a single project base. The **manufacturer** is well aware that it is his responsibility to make equipment safe through adequate risk reduction and it is the responsibility of the **user** to assess exposure of the **operator** in line with applicable health and safety regulations. Looking at projects providing single pieces of equipment or single installations, this clear division of responsibilities tends to blur, caused by inter alia

- development of the process (**normal operation**) through the **manufacturer** and **user**,
- shared definition of working procedures for the **operator** by the **manufacturer** and **user**,
- the scope of delivery often including all protective means,
- individual sales contracts where **users** require an assessment of exposure through the **manufacturer**.

Thus this standards provides information on exposure hazards and limits where relevant, well aware that this is exceeding the scope of a product standard.

SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –

Part 1: General requirements

1 Scope and object

1.1 Scope

This part of IEC 60519 specifies general safety requirements for industrial installations or equipment intended for **electroheating (EH)** and **electroheating** based treatment technologies as well as for **electromagnetic processing of materials (EPM)**.

The requirements are applicable to industrial installations or equipment with the possible use as:

- equipment for direct and indirect resistance heating,
- equipment for electric resistance trace heating,
- equipment for induction heating,
- equipment using the effect of electromagnetic forces on materials,
- equipment for arc heating, including submerged arc heating,
- equipment for electroslog remelting,
- equipment for plasma heating and plasma surface treatment,
- equipment for microwave heating,
- equipment for dielectric heating,
- equipment using electron guns,
- equipment for infrared radiation heating,
- equipment for laser heating.

NOTE The list presents typical examples of equipment and its applications and is not exhaustive.

The overall safety requirements for the various types of **EH** or **EPM equipment** and **installations** result from the joint application of the General Requirements specified in this standard and Particular Requirements covering specific types of installations or equipment (guidelines are given in Annex G). If no Particular Requirement is covering a specific installation or equipment, the General Requirements are applicable as such.

This standard does not apply to equipment and appliances within the scope of:

- IEC 60079 series – i.e. equipment or installations intended for use in potentially explosive atmospheres;
- IEC 60335 series, – i.e. household, commercial and similar electrical appliances, including room heating;
- IEC 60601 series – i.e. medical electrical equipment,
- IEC 60974 series – i.e. arc welding equipment,
- IEC 61010 series – i.e. equipment for laboratory use.

1.2 Object

The requirements refer to the complete life cycle of the installation or equipment from design through commissioning, operation, maintenance, inspection, to decommissioning. They cover

the safety of persons and protection of the environment during **normal operation** and under single-fault condition.

This standard presumes that the installation or equipment is operated and maintained only by personnel consisting of **skilled or instructed persons**.

This standard is intended for verifying that the **EH** or **EPM equipment** or **installation** meets the requirements of this standard through design, site acceptance tests, routine tests or inspection.

This standard is not providing requirements for type testing.

NOTE Industrial equipment covered by this standard is typically produced as a single unit or a very small number of units.

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

IEC 60204-1:2005, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*
IEC 60204-1:2005/AMD1:2008

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60335-1:2010, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*
IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-2-24, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-24: Particular requirements for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice makers*

IEC 60335-2-89, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-89: Particular requirements for commercial refrigerating appliances with an incorporated or remote refrigerant unit or compressor*

IEC 60364-1:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Low-voltage electrical installations – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60398:—1, *Installations for electroheating and electromagnetic processing – General performance test methods*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available from: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*

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

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

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 60865-1, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*

IEC TS 61000-3-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-5: Limits – Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A*

IEC TR 61000-3-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC 61000-3-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection*

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

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

¹ To be published.

IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61082-1, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: Rules*

IEC 61310 (all parts), *Safety of machinery – Indication, marking and actuation*

IEC 61326-3-1, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) – General industrial applications*

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

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*

IEC 61786-1, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments*

IEC 61786-2², *Measurement of DC magnetic fields, AC magnetic and electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Guidance for measurements*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

IEC 62471:2006, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

IEC 82079-1, *Preparation of instructions for use – Structuring, content and presentation – Part 1: General principles and detailed requirements*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

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

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 6385, *Ergonomic principles in the design of work systems*

² To be published.

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Registered symbols*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*

ISO 13577-1, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 1: General requirements*

ISO 13577-2, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 2: Combustion and fuel handling systems*

ISO 13732-1, *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces*

ISO 13849 (all parts), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

ISO 13855, *Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13857, *Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*

ISO 14119, *Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection*

ISO 14120, *Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

ISO 14159, *Safety of machinery – Hygiene requirements for the design of machinery*

ISO 19353, *Safety of machinery – Fire prevention and protection*

3 Terms, definitions and abbreviations

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC Guide 104, ISO/IEC Guide 51 and ISO 12100, as well as the following apply.

NOTE General definitions are given in IEC 60050, the International Electrotechnical Vocabulary. Terms relating to industrial electroheating are defined in IEC 60050-841.

3.1 General concepts

3.1.1

electroheating

EH

DEPRECATED: electroheat

conversion of electric energy into thermal energy for useful purposes

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

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-21-22, modified — **electroheating** is the preferred term instead of electroheat, new synonym **EH** has been added and the definition has been shortened.]

3.1.2

electromagnetic processing of materials

EPM

interaction between electromagnetic energy or forces and materials for useful purposes

Note 1 to entry: The EPM can or cannot include heating.

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

3.1.3

electromagnetic field

EMF

electric or magnetic or a combination of electric and magnetic time varying field

Note 1 to entry: In the context of this standard, **EMF** is caused by a source being part of the installation or equipment.

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

3.1.4

electromagnetic radiation

propagating **electromagnetic field** transporting energy

EXAMPLE Microwave radiation or optical radiation (infrared, visible and ultraviolet).

3.1.5

electromagnetic nearfield

non-propagating **electromagnetic field**

3.1.6

manufacturer

producer of the **EH** or **EPM equipment** or **installation** responsible for compliance with this standard

Note 1 to entry: The **manufacturer** in the sense of this standard can also be a supplier, distributor, importer or agent.

Note 2 to entry: From the perspective of the **user**, the **manufacturer** is a party responsible for the design, manufacture, supply and commissioning of the equipment or installation.

3.1.7

user

party responsible for the operation and maintenance of the **EH** or **EPM equipment** or **installation**, from putting into service to de-commissioning

3.1.8

skilled person

person with suitable education, knowledge and experience to perceive risks and to avoid hazards which can be relevant for the type of installation or equipment, including supervision of the **instructed persons**

3.1.9

instructed person

person advised or supervised by **skilled persons**, able to perceive risks and to avoid **hazards** which an installation or equipment can create

3.1.10

operator

skilled person or **instructed person** performing one or more tasks during operation, adjustment, maintenance, repair or disassembly of an installation or equipment

3.1.11

ordinary person

person not able to perceive risks and avoid hazards, who can be harmed by exposure to lower limits than **operators**

EXAMPLE A member of the general public including pregnant, elderly or disabled persons, but not children.

3.2 Equipment and state of equipment

3.2.1

electrical equipment

set of items used to generate, convert, transmit, distribute or utilize electric energy, such as converters, transformers, capacitors, switchgear and control gear, measuring instruments, **protective devices** and wiring systems

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-01, modified — The word "electrical" is used instead of "electric"; the definition has been editorially improved.]

3.2.2

electroheating equipment

EH equipment

DEPRECATED: electroheat equipment

equipment in which electric energy is converted into thermal energy for useful purposes

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-22-01, modified — **electroheating equipment** is the preferred term instead of electroheat equipment becoming its synonym, new synonym **EH equipment** has been added, in the definition heat has been replaced by thermal energy]

3.2.3

equipment for electromagnetic processing of materials

EPM equipment

equipment in which electromagnetic energy or electromagnetic force is provided for the **electromagnetic processing of materials**

3.2.4

electroheating installation

EH installation

DEPRECATED: electroheat installation

installation composed of **EH equipment**, **electrical equipment** and mechanical equipment needed for its operation and use

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-22-02, modified — **electroheating installation** is the preferred term instead of electroheat installation becoming its synonym, and a new synonym, **EH installation**, has been added.]

3.2.5

installation for electromagnetic processing of materials

EPM installation

installation composed of **EPM equipment**, **electrical equipment** and mechanical equipment needed for its operation and use

3.2.6

normal operation

operation of the installation or equipment as specified by the **manufacturer** and agreed with the **user**

3.2.7

workload

object or material being processed

Note 1 to entry: The term "load" has a different meaning. Load is used and defined accordingly in some Particular Requirements.

3.3 Parts and accessories

3.3.1 enclosure

housing affording the type and degree of protection suitable for the intended application

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-35]

3.3.2 window

part of an **enclosure** that allows passage of some kind of radiation

3.3.3 barrier protective barrier

physical object limiting access to equipment or the **enclosure** of that equipment, which can only be removed with the use of a tool or is interlocked

Note 1 to entry: A **barrier** can be physically separated from the equipment, but is a part of the installation.

3.3.4 guard barrier

that is a part of the equipment

3.3.5 obstacle

item impeding access, which is secured to prevent unintentional removal but is removable without a tool or key

3.3.6 protective device

device other than a **guard** or **enclosure** that reduces a risk

EXAMPLE Two-hand control, pressure sensitive mat or edge, trip bar and wire, light curtain, laser scanner.

3.3.7 screen shield

en US
device intended to reduce the penetration of an electric, magnetic or **electromagnetic field** into a given region

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-09]

3.3.8 interlock

mechanical or electrical **protective device** or system that prevents an action which can create a hazard

3.3.9 thermal cut-out temperature protector

device switching off the equipment when the pre-determined temperature is exceeded

Note 1 to entry: Thermal cut-outs are resettable; temperature protectors are not resettable and are replaced each time they have operated.

3.3.10

photocoupler **optocoupler**

optoelectronic device designed for the transfer of electrical signals by utilizing optical radiation to provide coupling while the output is isolated from the input

Note 1 to entry: This device can provide immunity against electromagnetic influences as well as independence of the distance of two voltage system levels.

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-04-45, modified — The note has been added.]

3.4 Safety related concepts

3.4.1

live part

conductor or conductive part intended to be energized in **normal operation**, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19]

3.4.2

hazardous-live part

live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

3.4.3

high-voltage hazard zone

HV hazard zone

area limited by the minimum clearance around **hazardous-live parts** of high voltage equipment without complete protection against direct contact

Note 1 to entry: Entering the **high voltage hazard zone** is considered the same as touching **hazardous-live parts**.

3.4.4

touch voltage

voltage between conductive parts when touched simultaneously by a person or an animal

Note 1 to entry: The value of the effective **touch voltage** may be appreciably influenced by the impedance of the person or the animal in electric contact with these conductive parts.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-11]

3.4.5

leakage current

DEPRECATED: earth current

electric current in an unwanted conductive path under normal operating conditions

3.4.6

induced electric shock

physiological effect caused by an induced electric field inside the human body

Note 1 to entry: The electric field is usually induced by an **electromagnetic nearfield** and does not necessitate contact to a conductor.

Note 2 to entry: The effects of **induced electric shock** are essentially the same as those of electric shock caused through contact to a conductor, for example burn or nerve reaction. Conditions for ventricular fibrillation are in practice excluded.

3.4.7

emergency switching-off

operation intended to switch-off any electric power from an electrical installation to avert or alleviate a hazardous situation

Note 1 to entry: Some power can remain in function if that provides a less hazardous outcome than a complete switching-off.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-17-03, modified — The words "opening operation of a switching device intended to remove electric power" have been replaced by "operation intended to switch off any electric power" and a note has been added.]

3.4.8

insulation

insulating materials ensuring proper operation of the equipment and protection against electric shock

Note 1 to entry: **Insulation** also refers to the action of insulating.

Note 2 to entry: Under certain circumstances, thermal insulating material can equally perform the function of the electrical **insulation**.

3.4.9

basic insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides basic protection

Note 1 to entry: This concept does not apply to **insulation** used exclusively for functional purposes.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06]

3.4.10

galvanic separation

prevention of electric conduction between two electric circuits intended to exchange power and/or signals

Note 1 to entry: **Galvanic separation** can be provided e.g. by an isolating transformer or a **photocoupler**.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-26]

3.5 Abbreviations

EH **electroheating**

ELV extra low voltage (below 50 V at mains frequency)

EMC electromagnetic compatibility

EMF **electromagnetic field**

EPM **electromagnetic processing of materials**

HV high voltage (above 1 000 V at mains frequency)

IR infrared (radiation)

LED light-emitting diode

LV low voltage (the range between 50 V and 1 000 V at mains frequency)

MW microwave

PE protective earthing conductor

PEL protective earthing conductor being a line conductor as well

PEM	protective earthing conductor being a mid-point conductor as well
PEN	protective earthing conductor being a neutral conductor as well
SAR	specific absorption rate (of energy)
UV	ultraviolet (radiation)
VIS	visible (radiation)

4 Classification and sub-division

4.1 Classification by process frequency

EH and **EPM equipment** is classified by its process frequency, i.e. the frequency of the voltage, current or **electromagnetic field** used for the process. Table 1 lists the equipment types and their process frequency ranges as well as safety relevant frequency limits. An installation may include more than one type of equipment.

Table 1 – Equipment, process frequency and safety-relevant frequency limits

Equipment type	Frequency ^a range defining equipment type	Frequency range ^b used for safety limits	EMF relevant frequency range	Hazards associated with the frequency range
direct current ^c or stationary field	0 Hz	0 Hz or no change in polarity		electric shock, neural stimulus
low frequency	>0 Hz to <60 Hz		0,1 Hz to 200 Hz	electric shock, burn, not let-go, neural stimulus
mains frequency	50 Hz or 60 Hz			
medium frequency	>60 Hz to 100 kHz	>60 Hz to 200 Hz		
		>200 Hz to 100 kHz		
high frequency	>100 kHz to 0,3 GHz	>100 kHz to 6 MHz	>100 kHz to 0,3 GHz	burn, bodypart heating
		>6 MHz to 0,3 GHz		bodypart heating
microwave	>0,3 GHz to 300 GHz			
infrared	(>300 GHz to 400 THz) 1 mm to 780 nm	1 mm to 3 000 nm	not applicable	burn of skin and cornea
		3 000 nm to 1 400 nm		burn of skin and cornea, retina
		1 400 nm to 780 nm		
visible	(>400 THz to 790 THz), 780 nm to 380 nm			burn of skin and cornea, skin cancer
ultraviolet	(>790 THz to 30 PHz), 380 nm to 10 nm			burn of skin and cornea, retina
laser	(>300 GHz to 30 PHz), 1 mm to 10 nm			
^a Rated process frequency.				
^b Values of the corresponding free space wavelengths are also given in case of optical radiation.				
^c Direct current type – equipment with no intended change of polarity, but including switch-on and switch-off.				

4.2 Classification by voltage

Throughout all **electrical equipment** for industrial applications a division between

- extra low voltage (ELV) and low voltage (LV) is made at 50 V (rms) at mains frequency or 120 V direct current.
- low voltage (LV) and high voltage (HV) is made at 1 000 V (rms) at mains frequency or 1 500 V direct current.

NOTE The definitions of ELV and voltage band 1, LV and voltage band 2 and HV and voltage band 3 are identical. Voltages below 25 V mains frequency or 60 V direct current are seen as without **risk** for any **ordinary person**.

This distinction shall be made for the installation and for parts as defined in 4.3.1 and

- a) depending on the supply and the output voltage, whichever is the higher value (internal voltages may be higher);
- b) independently of the process voltage or internal voltage of the installation or equipment.

Different parts of one installation may be classified as ELV, LV or HV.

4.3 Sub-division of installation and equipment

4.3.1 Subdivision into parts

EH or **EPM installations** consist of diverse and specific parts. Figure 1 presents a block diagram of a typical installation for reference; it determines the boundary of installations and equipment, not all parts are found in every kind of **EH** or **EPM installation**.

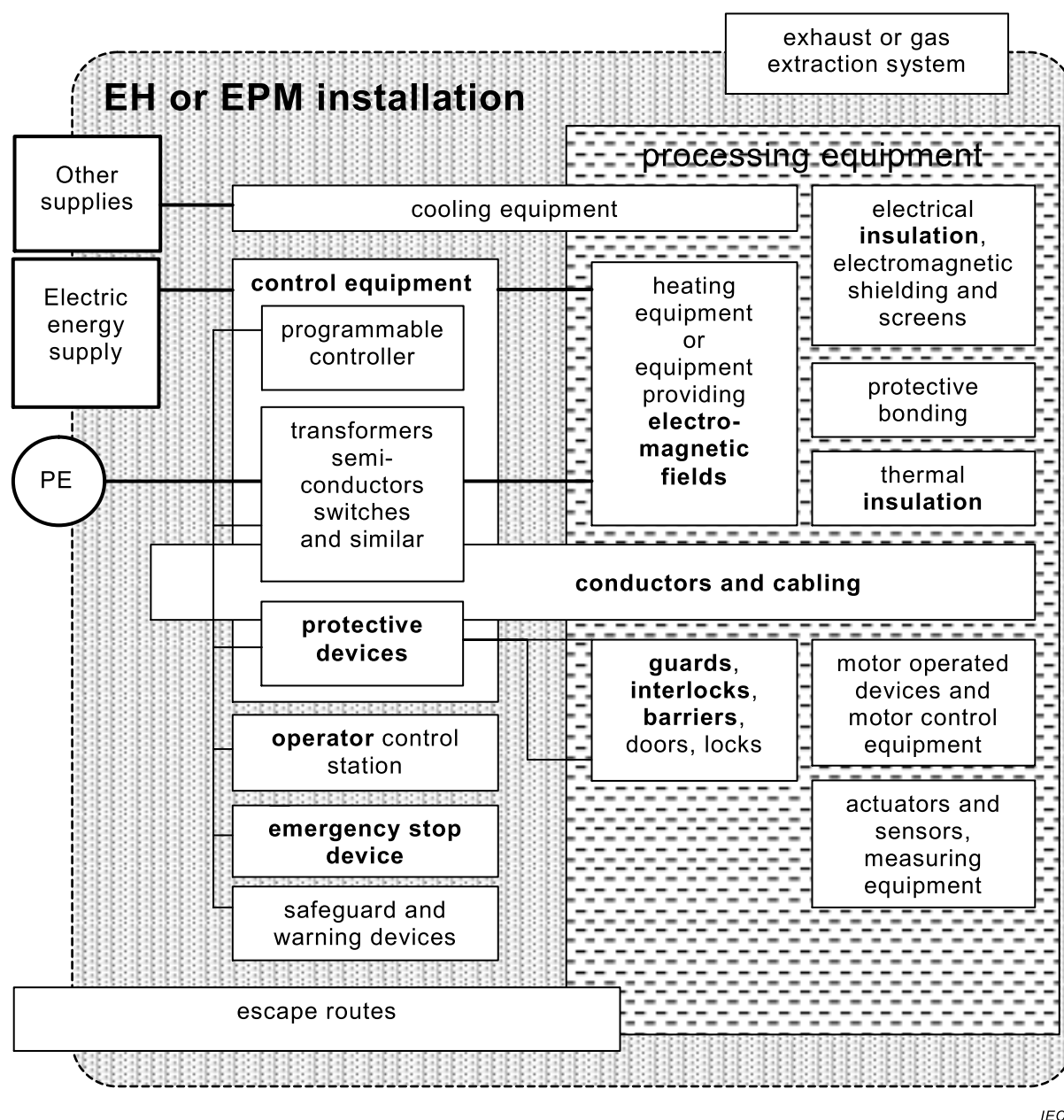


Figure 1 – Block diagram of a typical EH or EPM installation

Table 2 provides references to clauses of this standard or to other standards relevant to the parts identified in the above Figure 1. The requirements for **electrical equipment** outside the processing equipment are covered by IEC or ISO standards specified in Table 2. The basic sources of safety provisions for **electrical equipment** of **EH or EPM installations** are IEC 60204-1:2005 and IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 for LV and IEC 60204-11:2000 for HV.

The safety requirements for the processing equipment are specific because of its extraordinary environment and conditions inside, where

- extreme temperatures can interact with **electrical equipment**,
- strong electric, magnetic or **electromagnetic fields** can interact with the **electrical equipment**,
- thermal energy or electromagnetic forces can endanger the structural integrity of the equipment or of **insulation** and of protective means.

Table 2 – Typical EH or EPM installation – listing of parts and references

Part of installation or equipment – see Figure 1		Condition for which the reference is valid	Reference / source of provisions
Part	Component / item		
electric energy supply		LV, ≤ 200 Hz	IEC 60364-4-41, IEC 60364-4-42, IEC 60364-4-44, IEC 60364-5-53, IEC 60364-5-54 IEC 60445, IEC 60664-1
protective earth, PE			
protective bonding			
conductors and cabling at standard environment			
electric energy supply		HV, ≤ 200 Hz	IEC 61936-1, IEC 60071-1
protective earth, PE			
protective bonding			
conductors and cabling at standard environment			
electric energy supply		all other, ≤ 36 kV	Clause 7
protective earth, PE			
protective bonding			
conductors and cabling at standard environment		< 40 °C	IEC 60228
conductors and cabling exposed to non-standard environment		> 40 °C	6.4.2, 13.3
control equipment	switchgear and controlgear	LV, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		HV, ≤ 36 kV, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		> 36 kV, ≤ 200 Hz	Particular Requirements
		> 200 Hz	Clause 7
	programmable controller	all	IEC 61508 series, IEC 62061, ISO 13849 series
	protective devices		
operator control station (same as switchgear and controlgear)		< 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		> 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		all other	Clause 7 and 8
emergency stop device (same as switchgear and controlgear)		< 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		> 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		all other	ISO 13850
safeguard and warning devices (same as switchgear and controlgear)		< 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		> 1 000 V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		all other	ISO 13850
other supplies – e.g. fluids, fuel, compressed air		all	Clause 12
gaseous or liquid fuels		all	ISO 13577-2
fluid extraction system		all	Clause 12
exhaust		all	ISO 13577-1
escape routes		all	IEC 60364-4-42

Part of installation or equipment – see Figure 1		Condition for which the reference is valid	Reference / source of provisions
Part	Component / item		
processing equipment	electrical heating equipment, usually electroheating equipment	see 6.4	Clauses 7, 8, 9, 10 Particular Requirements
	non-electric heating equipment		ISO 13577-1 ISO 13577-2
	equipment providing electromagnetic fields		Clause 7, 8, 9, 10 Particular Requirements
	thermal insulation		Clause 10 ISO 13577-1
	electrical insulation		Clauses 7, 8, 9, 10
	electromagnetic shielding		Clauses 7, 8, 9, 10
	actuators and sensors		IEC 61310 series
	measuring equipment		IEC 61010-1 Particular Requirements
	motor operated devices and motor control equipment		IEC 60204-1
	guards, interlocks, barriers , doors, locks		ISO 14119 ISO 14120 Particular Requirements
	cooling		Clauses 10 and 12

4.3.2 Hierarchy and structure of requirements

The following rules are a guideline especially with respect to the requirements on electromagnetic safety, which comprises electric shock, **induced electric shock**, touch currents and other effects of **electromagnetic fields**.

- For all parts of an installation that fall under the scope of one of the standards listed in Table 2 that standard shall be used.
- For equipment or parts outside the scope of any of the standards listed in Table 2, Clause 7 applies, i.e. for equipment with frequencies above 200 Hz or intended to be used at temperatures higher than 40 °C.
- Equipment exceeding the voltage limit of 36 kV is dealt with in the Particular Requirements.

4.4 Classification of hazards and risks

4.4.1 Classification of hazards

Hazards are differentiated according to the following criteria:

- hazards where the harm is immediate – i.e. any accident directly results in harm and
- hazards where the harm depends on the exposure, accumulation or dose – for example on intensity, a field strength, an exposure time.

Examples of immediate hazards are electric shock, the ejection of objects, explosion, mechanical hazards like cutting or falling, toxic substances of potentially lethal dose.

Examples of exposure related hazards are exposure to optical or microwave radiation, exposure to electric or magnetic fields, exposure to sound or noise, exposure to ionizing radiation, toxic or radioactive substances.

Contact with hot surfaces or hot substances can be dose-related at low temperatures, or immediate, for example direct contact to liquid metals.

Hazards are differentiated as

- c) sensed hazards – i.e. hazards creating adverse body reactions and
- d) non-sensed hazards or non-perceivable hazards.

Examples of sensed hazards are temperature of material or of environment, intense visible radiation, fast moving parts, acceleration, vibration or noise.

Examples of non-sensed or non-perceivable hazards are UV radiation, ionising radiation or radioactive substances, toxic substances, microwave, magnetic or electric fields.

4.4.2 Classification of risks

Risks depending on exposure level, duration, intensity of the agent, but also depending on the exposed bodypart, awareness or sensing of the agent, experience or information about the type of hazard, and behavioural factors such as aversion or withdrawal are treated through a level categorisation of the risk, with non-perceivable hazards being categorised as requiring particular protective measures. Table 3 summarises this as a general approach.

Table 3 – Safety classification scheme for exposure risks

Risk Group		Restrictions and protective measures	Information and training
0	exempt	No restriction	No information needed
1	low risk	Restrictions like limitation of access or protective measures may be indicated depending on the result of a risk assessment	Information about hazards, risks and secondary effects to be provided by the manufacturer
2	moderate risk	Special restrictions and protective measures essential	Information about hazards, risks and secondary effects to be provided by the manufacturer . If specific training of the operator is deemed necessary by the manufacturer , he shall indicate this.
3	high risk	No access	Information about hazards, risks and secondary effects to be provided by the manufacturer .

Each spatial position or hazard zone shall be considered individually. **Normal operation** and single-fault condition shall be taken into account. Annex B and Annex C provide examples of risk group classifications.

4.4.3 Limits

Limits for significant hazards dealt with in this standard concern the following:

- electric, magnetic and **electromagnetic fields** including touch currents – information on hazards and applicable limits is provided in Annex B,
- optical radiation in the infrared, visible and ultraviolet – information on internationally recognised limits is provided in Annex C;
- acoustic fields – information on limits is provided in Annex D;
- hot ambient environment and objects – limits are given in ISO 13732-1, which corresponds to IEC Guide 117 (see also Clause 10).

It is in the responsibility of the **manufacturer** or **user**, as relevant, to take into account limit values specified by national regulations, if such exist. If not, the limits defined in this standard can be used.

5 Risk assessment

The risks associated with hazards relevant to the installation shall be assessed. This determines the adequate reduction of identified risks and the necessary protective measures, while still maintaining an appropriate performance of the installation.

This standard, in combination with the applicable Particular Requirements, assists the **manufacturer** during the process of risk assessment and risk reduction. This standard addresses the hazards specific and typical for **EH** and **EPM installations**. Annex A provides a list of significant hazards considered in this standard.

Implementation and methods of risk assessment and risk reduction are specified in ISO 12100 and apply.

6 General provisions

6.1 Basic considerations

6.1.1 Any **EH** or **EPM installation** or **equipment** shall be suitable for its intended use, it shall be designed to be operated, adjusted and maintained without putting persons at **risk** during **normal operation** or single-fault condition. Design and construction shall ensure adequate reduction of the **risks** at the state of the art and for the foreseeable lifetime of the installation or equipment.

It shall not cause any risk through the **workload** that is foreseeable to the **manufacturer**.

6.1.2 Any **EH** or **EPM installation** or **equipment** shall be designed to prevent or to reduce the possibility of any misuse or fault condition.

6.1.3 Any **EH** or **EPM installation** or **equipment** shall not pose a risk of the immediate or non-perceivable types, unless the intended use is otherwise impossible to achieve. Additional protective measures, warnings and instructions shall be provided in such cases.

6.1.4 The **manufacturer** shall in the following order

- a) eliminate risks to achieve an inherent safe installation or equipment,
- b) provide protective measures for those risks that are not eliminated,
- c) provide all necessary information to the **user** about residual risks, indicate necessary training and personal protective equipment.

Even though an inherently safe design seems out of reach for most **EH** or **EPM installations** or equipment, the **manufacturer** shall attempt to achieve this where possible.

6.1.5 Protective measures are a combination of measures incorporated at the design stage and measures being indicated as to be implemented by the **user**. The **manufacturer** shall incorporate all measures identified to be necessary according to Clauses 5 through 17 when applicable.

6.1.6 If a specific hazard is in risk group 1 or 2 as defined in Table 3 and cannot be reduced further by the **manufacturer**, the **manufacturer** shall provide detailed information for the **user** including

- a) a graphical description or plan of the installation indicating the position and extent of areas belonging to zones with risk group 1 or 2;
- b) information on signalling and warning devices – see 19.3;
- c) necessary marking and warning – see 19.4;
- d) indication of necessary restrictions and protective measures to be taken by the **user** – see 19.5;
- e) indication of the necessary information for the **operators** – see 19.5;
- f) indication of working procedures that are safe or reduce the risk.

6.1.7 If a specific hazard is in risk group 3 as defined in Table 3 and cannot be reduced further by the **manufacturer**, the **manufacturer** shall provide detailed information for the **user** including

- a) a graphical description or plan of the installation indicating the position and extent of areas belonging to zones with risk group 3;
- b) information on signalling and warning devices – see 19.3;
- c) necessary marking and warning – see 19.4;
- d) indication of the necessary information for the **operators** – see 19.5.

6.1.8 Adequate risk reduction shall not be confused with the reduction of exposure to levels near exposure limits. Adequate risk reduction eliminates a hazard, or if this is impossible, reduces exposure to the technical limit. The adequate use of exposure limits is in the responsibility of the **user**.

6.2 Significant hazards

Provisions for protection against various types of identified significant hazards are specified in Clauses 6 to 17. Annex A provides a list of significant hazards relevant for the application of this standard.

Verification of compliance with the provisions of this standard shall be done according to Clause 18.

6.3 Physical environment and operating conditions for the installation as such and electrical equipment outside the processing equipment

6.3.1 The **EH** or **EPM installation** and its **electrical equipment** not placed inside the processing equipment shall be suitable for the physical environment and operating conditions of its intended use.

When special conditions apply or the limits specified in 6.3 are exceeded, an agreement between the **manufacturer** and **user** may be necessary. In this case, 4.1 and Annex B of IEC 60204-1:2005 and IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 are applicable for LV installations and 4.1 and Annex B of IEC 60204-11:2000 are applicable for HV installations.

6.3.2 The installation shall not generate electromagnetic disturbances above levels that are appropriate for its intended operating environment. In addition, the equipment shall have a level of immunity to electromagnetic disturbances so that it can operate in its intended environment. Requirements are identified in Annex E.

6.3.3 The installation shall be capable of operating safely in the intended ambient air temperature. The minimum requirement for all **electrical equipment** is safe operation at air temperatures between 5 °C and 40 °C.

6.3.4 The installation shall be capable of operating safely when the relative humidity does not exceed 50 % at a maximum temperature of 40 °C. Higher relative humidity is permitted at lower temperatures (e.g. less than 90 % at 20 °C). The installation shall either be able to

operate safely if condensation happens occasionally or the **manufacturer** shall avoid condensation by design of the equipment or, where necessary, by additional measures (e.g. built-in heaters, air conditioners or drain holes).

6.3.5 The installation shall be capable of operating safely at air pressure expected at up to 1 000 m altitude and under a wide range of climate and weather conditions. The low ambient pressure limit shall be 85 % of normal sea-level atmospheric pressure.

For equipment to be used at higher altitudes or lower air pressure, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength, the switching capability of the devices and the cooling effect of the air.

6.3.6 The **electrical equipment** of the installation shall be adequately protected against the ingress of solids and liquids according to 11.3 of IEC 60204-1:2005 for LV equipment. It shall be adequately protected against contaminants (e.g. dust, acids, corrosive gases or salts) that can be present in the physical environment for which it is intended.

6.3.7 When equipment is exposed to radiation (e.g. MW, UV, laser or X-ray), additional measures shall be taken to avoid malfunctioning of the equipment, accelerated deterioration of the **insulation**, metal degradation or corrosion due to radiation induced effects.

6.3.8 Undesirable effects on the installation caused by vibration, shock and bump (including those generated by the installation and its associated equipment and those created by the physical environment) shall be avoided by the selection of suitable equipment, by mounting it away from the equipment creating the vibration or shock, or by provision of anti-vibration or anti-shock mountings.

6.4 Physical environment and operating conditions for electrical equipment inside the processing equipment

6.4.1 **Electrical equipment** placed inside or near the processing equipment shall be suitable for the physical environment and operating conditions of its intended use.

Physical conditions inside or near the processing equipment cover an extremely wide range of different environments, it may be necessary for the **manufacturer** and **user** to agree on these conditions.

6.4.2 The **electrical equipment** shall be capable of operating correctly under **normal operation** and single-fault condition

- a) at the intended temperature levels inside or near the processing equipment;
- b) at the humidity levels inside or near the processing equipment (extreme humidity levels or strong condensation can be expected as well as total immersion);
- c) at intended atmospheric conditions and pressures inside or near the processing equipment;
- d) under prevalent electric and magnetic fields inside or near the processing equipment.

6.4.3 **Electrical equipment** shall be adequately protected against the ingress of solids and liquids, in particular against contaminants (e.g. dust, acids, corrosive gases or salts) that are expected to be present inside or near the processing equipment.

6.4.4 When **electrical equipment** inside the processing equipment is exposed to radiation (e.g. MW, UV, laser or X-ray) additional measures shall be taken to avoid malfunctioning of the equipment and accelerated deterioration of the **insulation**.

6.4.5 Undesirable effects on the installation caused by vibration, shock and bump generated by the processing equipment and those created by the physical environment shall

be avoided by selection of suitable **electrical equipment**, by mounting it away from the processing equipment, or by provision of anti-vibration mountings.

6.5 Power supply

6.5.1 The installation shall be designed to operate correctly under **normal operation** with the conditions of the **supply network**:

- as specified below, or
- as otherwise specified by the **user** and acknowledged by the **manufacturer**, or
- as specified by the **manufacturer** in the case of a special source of supply such as an onboard generator.

For mains frequency supplies the following applies, unless otherwise explicitly agreed on by the **manufacturer** and the **user**:

- a) steady state voltage in the range of 90 % to 110 % of nominal voltage;
- b) frequency in the range of 0,99 to 1,01 of nominal frequency continuously; according to IEC 60204-1, 0,98 to 1,02 short time (no excessive temperature rise in components due to an abnormal current).

For special supply systems such as onboard generators, the limits given may be exceeded provided that the equipment is designed to operate correctly under those conditions.

6.5.2 In case of failure or fault of the electric supply, the installation or equipment

- a) shall not go into unsafe mode of operation or into single-fault condition, especially shall not start unexpectedly, shall not be prevented from stopping if the stop command has been given, shall not eject or let fall any part or **workload** unless protection is provided for this case;
- b) shall not lose the setting of the switchgear, controlgear or programmable controller necessary for safe operation;
- c) shall be able to keep all **protective devices** fully operational or let them give a stop command;
- d) shall be able to cool down without causing a hazard.

6.6 Access

6.6.1 The installation or equipment shall allow safe access to all areas where intervention is necessary during operation or maintenance. The equipment shall be so designed and installed that all devices and components that are intended to be accessible, observed or seen by the **operator** are accessible or visible to the **operator**.

6.6.2 Risks shall be reduced by limiting or preventing the access to the hazard or to the hazard zone. Limitation of access to surfaces or parts that can cause a hazard or of access for entering a hazard zone depends on the hazard itself, its type (immediate or exposure dependent) and the strength of the source of the hazard (e.g. the temperature of a surface or the voltage of a **live part**).

6.6.3 Protection against unintentional access to **hazardous-live parts** or against unintentional entering the hazard zone shall be provided in all cases where either there are no **barriers** or **enclosures**, or where **barriers** or **enclosures** are to be removed to gain access to devices requiring manual operation or to components requiring replacement.

6.6.4 The access path to the device and the space needed for its operation shall be such that protection against unintentional contact with **hazardous-live parts** or against unintentionally entering the hazard zone is provided by an appropriate distance.

Obstacles protecting against unintentional contact shall be provided if the access path or space has less than the appropriate distance from **hazardous-live parts**.

6.6.5 The degree of protection shall be not less than IPXXB (also complied with by IP2X) of IEC 60529 from the direction of approach to the device or component, and not less than IPXXA (also complied with by IP1X) of IEC 60529 from other directions.

6.7 Ergonomic aspects

The physical and physiological stress faced by the **operator** during **normal operation** and intended environmental conditions shall be reduced to a possible minimum. In this regard, the main objectives are the following:

- a) avoid a work rate determined by the installation only,
- b) avoid monitoring of the installation or its control unit that demands lengthy concentration,
- c) allow for the variation in the strength, stamina or physical dimensions of different **operators**,
- d) allow for sufficient space for the movements of the **operator**,
- e) adapt the control unit and other interfaces to the foreseeable variation in characteristic of **operators**.

Provisions of ISO 6385 apply.

6.8 Transport and storage

Electrical equipment shall be designed to withstand the effects of transport and storage at temperatures within a range from -25 °C to 55 °C and for short periods not exceeding 24 h at up to 70 °C. Otherwise, suitable precautions shall be taken to protect **the electrical equipment** against such effects. Suitable means shall be provided to prevent damage from humidity, vibration and shock.

NOTE **Electrical equipment** susceptible to damage at low temperatures includes PVC insulated cables, certain electrolytic capacitors or equipment using cooling water.

6.9 Provisions for handling

6.9.1 **EH** or **EPM installation** or **equipment** shall be capable of being handled and assembled safely.

6.9.2 Any part of an installation or equipment that cannot be moved by hand shall be fitted with attachments for lifting.

6.9.3 All parts shall be easily assembled by use of appropriate provisions or lifting gear.

6.10 Consumables and replaceable parts

Consumable or replaceable parts that are intended to be replaced by the **operator** shall be integrated or mounted in a way that replacement is uncomplicated and safe with regard to correct and unambiguous mounting and to electrical connection.

7 Protection against electric shock

7.1 General

Clause 7 applies

- a) for the processing equipment, if this is not covered by the scope and the environmental limits of the IEC 60204 series, i.e. exceeding 40 °C and

b) for equipment of **EH** or **EPM installations** with an electrical frequency exceeding 200 Hz.

Clause 7 does neither apply for equipment covered by the IEC 60204 series, nor for equipment with a voltage exceeding 36 kV, which is covered by the Particular Requirements.

NOTE Electrical hazards are associated with electric charges and currents between frequencies of 0 Hz and up to about 100 kHz. Conventional electric shock phenomena gradually change or disappear at the upper limit; protective means like equipotential bonding cease to operate reliably.

7.2 Fundamental rule of protection

Hazardous-live parts shall not be accessible and accessible conductive parts shall not be hazardous-live either during **normal operation**, or under single-fault condition. For HV installations or equipment, entering the **HV hazard zone** is considered the same as touching a **hazardous-live part**.

Non-accessible parts are all **hazardous-live parts** or hazard zones beyond the limits of reach – i.e. contact is not possible as defined in ISO 13857 during **normal operation** or in single-fault condition.

Protection during **normal operation** is provided by basic protection (7.4), and protection in single-fault condition is provided by fault protection (7.5). Protection by enhanced protective provision as defined in 5.3 of IEC 61140:2001 is not sufficient for any installation or equipment under the scope of this standard.

7.3 General provisions

7.3.1 All conductive parts which are not separated from **hazardous-live parts** by at least **basic insulation** shall be treated as if they were **hazardous-live parts**. This also applies to conductive parts which are separated by **basic insulation** but are connected to **hazardous-live parts** through components, which are not designed to sustain the same electric stress as specified for **basic insulation**.

7.3.2 Exposed conductive parts of the installation or equipment shall be connected to the protective bonding terminal. This includes all parts which are covered only by paints, varnishes, lacquers and similar products. Not included are conductive parts which can be touched but are separated from **hazardous-live parts** by protective separation.

7.3.3 If the installation or equipment is not completely covered with conductive parts, the following applies to accessible parts of insulating material. Accessible surfaces of parts of insulating material which

- are designed to be gripped, or
- are likely to come into contact with conductive surfaces which can distribute hazardous potential, or
- can come into significant contact (area more than 50 mm × 50 mm) with a part of the human body, or
- are to be used in areas where the pollution is highly conductive

shall be separated from **hazardous-live parts** by

- a) double or reinforced **insulation**, or
- b) **basic insulation** and protective screening, or
- c) a combination of these provisions.

All other accessible surfaces of parts of insulating material shall be separated from **hazardous-live parts** by at least **basic insulation**. For all equipment intended to be part of the installation, the **basic insulation** shall be provided during assembly and installation either

by the **manufacturer** or by the **user** as indicated by the **manufacturer** in the information for use.

These requirements are deemed to be complied with if

- the accessible parts of insulating material provide the required **insulation** and their temperature does not exceed the limits defined in Clause 10;
- the switchboard is made from metal and driving axles of switches, turn-knobs or similar are effectively brought to earth potential in all positions.

7.3.4 The design of the installation or equipment shall restrict access to **HV hazard zones**. The need for operational and maintenance access by **operators** shall be taken into account. Where safe distances cannot be achieved, permanent protective shielding shall be installed.

Warning labels shall be displayed on all access doors, **guards**, **barriers**, and be in compliance with 19.4.

7.3.5 If it is not feasible for operating reasons to prevent the following LV parts being both accessible and **hazardous-live**, they are permitted to be accessible by an **operator** during **normal operation**:

- a) parts of lamps and lamp sockets after lamp removal;
- b) parts intended to be replaced and which can be hazardous-live during the replacement or other **operator's** action, but only if they are accessible with a tool and have a warning marking – see 19.4.

If any of the parts mentioned in a) and b) receive a charge from an internal capacitor, they shall not be hazardous-live 10 s after interruption of the supply.

7.4 Basic protection

7.4.1 All installations or equipment under the scope of this standard shall be provided with basic protection.

- a) For LV installations or equipment, in the absence of a specific standard listed in Table 2, all basic protection shall be in compliance with IEC 60364-4-41.
- b) For HV installations or equipment, in the absence of a specific standard listed in Table 2, all basic protection shall be in compliance with 7.4.

7.4.2 Basic protection shall consist of one or more provisions that at least during **normal operation** prevent contact with **hazardous-live parts**.

7.4.3 Where solid **basic insulation** is used, it shall prevent contact with **hazardous-live parts**.

In case of HV installations and equipment, a voltage can be present on the surface of solid **insulation** and further precautions may be necessary.

Where **basic insulation** is provided by air, access to **hazardous-live parts** or entering the hazard zone shall be prevented by **obstacles**, **barriers** or **enclosures** as specified in 7.4.4 and 7.4.5 or by placing them out of arm's reach according to ISO 13857.

Where a conductive **obstacle** is separated from **hazardous-live parts** by **basic insulation** only, it is an exposed conductive part and measures for fault protection shall be applied.

7.4.4 **Barriers** or **enclosures** preventing access to **hazardous-live parts** or entering the hazard zone shall provide a degree of protection of at least IPXXB (also complied with by IP2X) of IEC 60529.

Barriers or **enclosures** shall have sufficient mechanical strength, stability and durability to maintain the specified degree of protection, taking account of all relevant influences from the environment and from inside the **enclosure** – ISO 14119 and ISO 14120 shall be used for their design.

Where the design or construction allows for the removal of **barriers**, the opening of **enclosures** or the removal of parts of **enclosures**, access to **hazardous-live parts** or entering the hazard zone shall only be possible

- with the use of a key or tool, or
- after isolation of **hazardous-live parts** from the **supply network** where the **enclosure** would no longer provide protection, restoration of the supply shall become possible only after replacement of **barriers** or parts of **enclosures** or after the closing of doors, or
- where an intermediate **barrier** still maintains the required degree of protection, such **barrier** being removable only by the use of a key or tool.

Barriers or **enclosures** shall be made from such material that no hazardous induced currents can be created in them.

7.4.5 In the case of HV installations and equipment, substantial inequalities of electric field strength in or along an insulator or **insulation** shall be reduced to a safe level or avoided through constructional measures or through potential grading. This shall prevent the **operator** from hazardous step and **touch voltages**.

NOTE Potential grading is typically used for electrical installations, where high earth currents occur.

7.4.6 At frequencies exceeding 200 Hz potential grading of the circuit shall be controlled by the following means:

- a) If earthing is necessary for reasons of equipment design, any constructional parts of the installation shall not be relied upon. A separate low reactance conductor forming path between the generator and the processing applicator shall be provided instead.
- b) The voltage drop shall not exceed 5 V rms over any distance of the installation that can be touched by a person at once, if the conductor currents exceed 500 A unless access is hindered to the installation by sufficient **barriers** or **enclosures** (refer to 7.4.4).

NOTE This limitation of the geometric extent is due to electromagnetic waves and their propagation to result in unreliable earthing continuity at frequencies above approximately 100 kHz.

7.5 Provisions for single fault protection

7.5.1 Fault protection shall consist of one or more provisions independent of and additional to those for basic protection. Individual provisions for fault protection are specified in 7.5.2 to 7.5.7.

7.5.2 Single-fault conditions shall be considered, if they can cause

- a) an accessible, non-**hazardous-live part** to become a **hazardous-live part**, or
- b) an accessible conductive part which is not live during **normal operation** to become hazardous-live, or
- c) a **hazardous-live part** to become accessible.

7.5.3 To meet the fundamental rule under single-fault condition, fault protection shall be achieved by a further protective provision, independent of that for basic protection (7.3.4). The independent single fault protection shall be provided

- for LV installations or equipment, in the absence of a specific standard listed in Table 2, in compliance with IEC 60364-4-41.
- for HV installations or equipment, in the absence of a specific standard listed in Table 2, in compliance with 7.5.

7.5.4 Each of the two independent protective provisions shall be designed so that a failure is unlikely under environmental conditions specified in 6.3 or 6.4 and under **normal operation** or single-fault condition.

The two independent protective provisions shall have no influence on each other.

NOTE Simultaneous failure of the two independent protective provisions is unlikely and is not normally taken into consideration. Reliance is placed on one of the protective provisions remaining effective.

7.5.5 Requirements for protective equipotential bonding are defined in 7.6 and apply independently.

7.5.6 Protective screening shall consist of a conductive **screen** interposed between **hazardous-live parts** of an installation or equipment and the part being protected. The protective **screen** shall be connected to the protective equipotential bonding system of the installation or equipment; it shall itself comply with the requirements for protective equipotential bonding according to 7.6.

7.5.7 Simple separation between a circuit and other circuits or earth shall be achieved by **basic insulation** throughout, rated for the highest voltage present.

If any component is connected between the separated circuits, that component shall withstand the electric stresses specified for the **insulation** which it bridges and its impedance shall limit the prospective current flow through the component to the steady-state touch current values indicated in Annex B.

7.5.8 Supplementary insulation shall be dimensioned to withstand the same stresses as specified for **basic insulation**.

7.6 Protective equipotential bonding

7.6.1 The protective equipotential bonding system shall consist of one or a suitable combination of two or more of the following elements:

- a) means for protective equipotential bonding in equipment;
- b) earthed protective-equipotential bonding in the installation;
- c) protective conductor (PE);
- d) protective conductor being a neutral conductor as well (PEN);
- e) protective screening;
- f) earthed point of the source;
- g) earth electrode (including earth electrodes for potential grading);
- h) earthing conductor.

Specific considerations apply for frequencies well above mains frequency and are given in the Particular Requirements.

All parts of the protective bonding circuits shall be so designed that they are able to withstand the highest thermal and mechanical stress, which can be caused by earth-fault currents, flowing in any part of the protective bonding circuits. For the assessment of short circuit currents IEC 60909-0 shall be used, for effects of short circuit currents IEC 60865-1 is applicable.

Any structural part of the electrical installation or equipment may be used as part of the protective bonding circuit, in case an earth fault monitoring system is installed.

7.6.2 The equipotential bonding system of a HV installation or equipment shall be connected to earth because of the special risks, which can be present, for example the danger of high touch and step voltage and of exposed conductive parts becoming live due to an electrical discharge. The impedance to earth of the earthing arrangement shall be rated so that no hazardous **touch voltage** can occur (refer to Clause 18 in connection with Annex B). Exposed conductive parts, which can become live under fault conditions, shall be connected to the earthing arrangement.

7.6.3 Accessible conductive parts which could acquire a hazardous effective **touch voltage** in the event of a failure of basic protection, i.e. exposed conductive parts and any protective **screen**, shall be connected to the protective equipotential bonding system.

7.6.4 The protective equipotential bonding system shall be of sufficiently low impedance to avoid hazardous potential difference between parts in case of an **insulation** failure and, if necessary, be used in association with a **protective device** operated by the fault current.

This can necessitate consideration of the relative impedance values of the different elements of a protective equipotential bonding system. The difference in potential need not be considered if the impedance of the circuit limits the steady-state touch current in the case of a single fault so that it cannot exceed 3,5 mA rms for frequencies up to 100 Hz or 10 mA for direct current applications when measured in accordance with Clause 18. In some environments or situations, e.g. highly conductive locations or wet areas, the limiting values shall be lower.

NOTE IEC TS 60479-1 can provide relevant data on impedance.

7.6.5 All parts of the protective equipotential bonding shall be so dimensioned that thermal and dynamic stresses which are likely to occur due to a fault current do not impair the characteristics of the protective equipotential bonding system as a consequence of a failure or bridging of **basic insulation**. Some local damage, not impairing safety, e.g. of a sheet metal part of an **enclosure**, may be accepted at the place where the fault occurs.

7.6.6 All parts of the protective equipotential bonding shall be capable of withstanding all internal and external influences (including mechanical, thermal and corrosive) which can occur during the expected lifetime of the installation.

If parts need to be checked regularly or maintained, the **manufacturer** shall indicate this in the information for use.

Movable conductive connections, e.g. hinges and slides, shall not be considered to be parts of a protective equipotential bonding system unless compliance with the requirements in 7.6 is maintained.

Where a component of an installation or equipment is intended to be removed, the protective equipotential bonding for any other part of the installation or equipment shall not be interrupted when removing the component unless the electrical supply to the other part is disconnected first.

No element of the protective equipotential bonding shall contain any device which could reasonably be expected to break the electrical continuity or to introduce significant impedance, with the exception of components intended to be removed. This requirement may be dispensed only temporarily for the verification of the continuity of protective conductors or for the measure of the current of the protective conductor – see Clause 18.

7.6.7 Where elements of the protective equipotential bonding can be interrupted by the same coupler or plug-and-socket-outlet device as the relevant supply conductors, the protective equipotential bonding shall not be interrupted earlier than the supply conductors. The protective equipotential bonding shall be re-established not later than when the supply

conductors are reconnected. These requirements do not apply when interruption and reconnection are only possible with the equipment in de-energized condition.

7.6.8 In HV installations and equipment, the protective equipotential bonding shall not be interrupted before the main contact has reached an isolating distance which can withstand the equipment rated impulse withstand voltage.

7.6.9 Conductors of the protective equipotential bonding, whether insulated or bare, shall be readily distinguishable by shape, location, marking or colour, except those conductors which cannot be disconnected without destruction, e.g. in wire-wrap and similar wiring in electronic equipment and tracks on printed wiring boards. If identification by colour is used, it shall be in accordance with IEC 60445.

7.6.10 In LV equipment, the protective conductors or the continuity of the protective bonding system shall be in accordance with 8.2 of IEC 60204-1:2005. This includes the requirements on the exclusion of switching devices, parts that need not be connected, and interruption.

Protective connector connection points, protective bonding in installations with earth **leakage current** exceeding 10 mA, and functional bonding, shall be in accordance with 8.2 and 8.4 of IEC 60204-1:2005.

7.6.11 In LV equipment, track rails may be used as a return circuit, provided that under fault conditions, the impedance of the circuit is sufficiently low to limit the step and contact voltages between the rails and the adjacent earth to values not exceeding 25 V rms.

7.6.12 The earth, protective conductors, sheaths and structures shall not be used as part of an active circuit, unless specified otherwise in the Particular Requirements.

7.6.13 Earthing of secondary circuits shall be avoided unless improving overall safety of the installation. If secondary circuits are earthed they shall only be accessible, if the voltage of the secondary circuit is so low that the touch current limits are met – refer to 7.9 for details.

7.6.14 The means of connection, except for plug-and-socket connections, shall be clearly identified either using symbol IEC 60417-5019 (2006-08) (see Annex F), or with the letters PE, or by the bicolour combination of green and yellow. The indication shall not be placed on or fixed by screws, washers or other parts which could be removed when conductors are being connected.

For cord-connected equipment, the protective conductor in the cord shall, in case of failure of the strain-relief mechanism, be the last conductor to be interrupted.

7.7 Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz

7.7.1 Fault protection shall consist of one or more of the following measures independent of and additional to those for basic protection.

7.7.2 Parts of **electrical equipment** operating at higher frequencies than 200 Hz shall be capable of operating correctly in consideration of skin and proximity effects under **normal operation** and single-fault condition.

7.7.3 Any supplementary **insulation** shall be dimensioned to withstand the same stresses as specified for the **basic insulation**. In addition, insulating materials shall have sufficiently low dielectric loss factors at the working temperature and frequency so that the **insulation** is not impaired by dielectric heating of the materials.

7.7.4 All high frequency circuits shall be galvanically separated from the mains frequency earthing system. Failure of the **galvanic separation** between the circuit and the mains frequency earthing system which could result in accessible parts acquiring a hazardous

effective **touch voltage** shall be detected by a **protective device** operated by the fault voltage and result in disconnecting and deenergising the circuits.

High frequency earthing may be directly connected to the mains frequency earthing system, if this reduces the associated risks compared with a **galvanic separation**; details are provided in the Particular Requirements.

7.7.5 The separated low resistance conductors constituting the main current path from the circuit frequency source to the processing applicator or similar

- a) shall be capable of withstanding all internal and external influences (including mechanical, thermal, corrosive, glow discharge) which can be expected;
- b) shall comply with the highest occurring voltage under any single-fault condition, if the conductor is accessible during maintenance; its electric **insulation**, and its current-carrying capacity shall be such that it does not overheat during any foreseeable single-fault condition; if excessive currents can occur with such duration under any foreseeable single-fault condition that overheating occurs, a current-sensing device that permanently switches off the equipment before the conductor properties are compromised shall be installed;
- c) shall be not removable without the use of a tool;
- d) if it is necessary for reasons of equipment design to include a separable disconnection of the main circuit conductor for maintenance, its plug and socket shall be mechanically combined with a safety circuit preventing energising of the main circuit during disconnection and there shall be a latching or similar device incorporated in the plug and socket system, as well as sufficient **insulation** to the exterior for non-hazardous disconnection; these requirements do not apply if separation is needed only during installation and decommissioning and then with the use of tools;
- e) the connection of the separable circuit conductor shall be re-established not later than when the supply conductors are reconnected; this requirement does not apply when interruption and reconnection are possible only with the equipment in de-energized condition;
- f) the circuit electrical connections at the ends shall be separated and thus not be combined with any other electrical connection or the protective equipotential bonding for any other part of the installation or equipment.

7.8 Protective conductor currents

7.8.1 Measures shall be taken in the installation or equipment to prevent excessive protective conductor currents impairing safety or **normal operation** of the installation. Compatibility shall be ensured for currents of all frequencies supplied to and produced by the equipment.

7.8.2 The following limits are applicable to equipment supplied at mains frequency:

- a) For plug-in current using equipment fitted with a single or multiphase plug and socket-outlet system rated up to and including 32 A: less than 2 mA for rated current below 4 A, less than 5 mA for rated current exceeding 10 A and 0,5 mA/A in between.
- b) For current-using equipment for permanent connection and current using stationary equipment, both without special measures for the protective conductor, or plug-in current using equipment fitted with a single phase or multiphase plug and socket-outlet system, rated more than 32 A: less than 3,5 mA for rated current below 7 A, less than 10 mA for rated current exceeding 20 A and 0,5 mA/A in between.

If residual current devices are provided in the installation, the protective conductor current shall be compatible with the protective measures provided.

In **normal operation**, mains frequency equipment shall not generate current with a direct current component in the protective conductor which could affect the proper functioning of residual current devices or other equipment.

7.8.3 For current-using equipment intended for permanent connection and having a protective conductor current higher than 10 mA, provision shall be made for a secure and reliable connection with earth such as described in IEC 60364-5-54.

7.9 Touch current and touch voltage

7.9.1 Touch current hazards are caused by currents flowing through the human body (this current is not necessarily equal to the current flowing through a protective conductor). The effect of electric current on a human body is causing some distinct responses which need to be considered. These are

- a) perception of a current or a spark up to pain;
- b) a physical reaction caused by the perception or pain, this physical reaction can be uncontrolled;
- c) hindering of let-go;
- d) electric burn, either small scale at the touch point or large scale due to overheating of bodyparts of high resistivity.

Each of these body responses has a unique threshold level and there are significant differences in the manner in which some of these thresholds vary with frequency.

7.9.2 Touch currents causing harm shall be avoided. No part or surface that can cause harm when touched shall be within arm's reach. Annex B informs about limits for touch currents and **touch voltages**.

NOTE IEC TS 60479-1 and IEC TS 60479-2 provide additional information for risk assessment as well as Annex A of EN 50445:2008.

7.9.3 If parts that can cause non-harmful touch currents need to be touched in **normal operation**, the **manufacturer** shall

- a) apply warnings and markings according to Annex F;
- b) indicate in the information for use specific handling procedures for the **operator** if appropriate; such procedures may include grasping to avoid harm for touch currents below the let-go threshold.

7.10 Conductors and insulations at high temperature

7.10.1 The effect of decreasing conductivity with temperature of conductor materials and thus increasing Joule heating of undersized conductors shall be taken into account. IEC 60364-4-42 applies.

7.10.2 All conductors shall be able to operate at their maximum expected environmental temperature without overheating and shall be made from conductive material that does not degrade at the stationary conductor temperature.

7.10.3 The effect of increasing conductivity with temperature of most insulating materials shall be considered as this can lead to hazardous **leakage currents**.

7.10.4 If the insulating material at the maximum expected temperature does not provide sufficient **insulation**, secondary insulating means shall be introduced.

7.11 Non-electric faults

Such single-fault condition shall be taken into account, where a fault of mechanical or thermal origin leads to parts becoming live – for example the destruction of non-conducting **insulation**, the flow of liquid metals into non-conductive **insulation**, or a dislocated conducting charge connecting conductive elements.

8 Protection against hazards caused by electric or magnetic nearfields

8.1 General

8.1.1 Clause 8 specifies provisions for frequencies between 0 Hz and 6 MHz concerning hazards caused by magnetic, electric or **electromagnetic nearfields**. Provisions for higher frequencies and for propagating fields are provided in the Particular Requirements.

8.1.2 The **EH** and **EPM** processing equipment shall be designed and operated so as to protect the **operator** and the environment from harmful effects of magnetic or electric nearfields and from **EMF**.

Secondary phenomena such as the creation of ozone by discharges, induced currents or induced voltages shall also be taken into account.

8.1.3 Direct contact between the hand or fingers and live conductors shall be hindered, as for protection against electric shock in Clause 7.

8.1.4 Access by hands, arms, head and torso to regions with field intensities exceeding the limits or characteristics resulting in efficient induction of electric fields shall be prevented by the same geometric restrictions as for **live parts** – refer to Clause 7.

8.2 Magnetic fields

8.2.1 The equipment shall be so designed that the maximum accessible magnetic field level and characteristics do not cause a risk. **Barriers** or **screens** shall hinder exposure to hazardous fields and be designed as defined in 8.4.

8.2.2 All zones where risk group 1 conditions exist during **normal operation** or in single-fault condition shall be indicated by the **manufacturer** in the information for use and a warning symbol defined in Annex F shall be provided outside the zone.

8.2.3 In case of static magnetic fields, the **manufacturer** shall indicate in the information for use safe behaviour for maximum allowed accessible B value level exceeding the limit for risk group 1. This includes specifying slow bodypart movement in and out of the field – time for full entry into the static magnetic field shall exceed a time of 1 s.

8.2.4 Exceptional exposure can be allowed for **operator** not carrying or wearing any metal objects and not having implants of any kind, if optical or audible warning devices are in place and the following requirement is met.

8.2.5 The **manufacturer** shall indicate to the **user** if applicable

- a) the need for slow movements in static magnetic fields, especially to slow the bodypart movement into and out of the field to a time being longer than 1 s, if the maximum accessible B value level exceeds 200 mT;
- b) the necessity to instruct and warn persons carrying any metal objects or having metallic implants of any kind not to enter regions exceeding occupational limits.

8.3 Local electric fields

8.3.1 Clause 7, especially 7.9 applies. **HV hazard zones** shall be non-accessible by any bodyparts.

8.3.2 The continuity of the earthing of all conductive accessible parts shall be provided in **normal operation** and single-fault condition.

8.3.3 Ionization phenomena, which can occur at high temperatures under high electric fields, shall be taken into account in design of **insulation** distances along surfaces or in air. Particular care shall be taken in case of metallic vapour emission, splashes, pollution, or similar, according to IEC 60664-1.

8.3.4 Corona discharges at high field intensities can create hazardous ozone concentrations and shall be limited. At a given field intensity, the corona effect increases with frequency.

NOTE Limits of maximum ozone concentrations over time can be found in national regulations.

8.3.5 If fires or explosions can result from ignition of flammable materials by sparks caused by induced fields, contact currents, or spark discharges, Clause 11 applies.

8.4 Requirements related to barriers and screens

8.4.1 Non-conductive, non-magnetic **barriers** are not considered as protective other than hindering access, like **obstacles**.

8.4.2 Conductive **screens** guiding or absorbing the field and being protected from direct touch shall have sufficient conductivity and be located in a way that they cannot overheat in **normal operation** or in single-fault condition. They shall under these conditions neither cause a hazard due to excessive heat nor shall their integrity of protection be compromised. If heating exceeding the limits for safe touch is expected, Clause 10 applies.

8.4.3 Conductive **screens** which are accessible for direct touch shall have sufficient conductivity and be located in such a manner that they cannot overheat in **normal operation** or in single-fault condition. They shall under these conditions neither exceed the limits for touchable surfaces as defined in Clause 10 nor shall their integrity of protection be compromised.

8.4.4 All conductive **screens** shall have a material thickness d that exceeds the energy penetration depth by a factor of 3 and thus fulfilling the following formula:

$$d = \frac{3}{\sqrt{4\pi \cdot f \cdot \sigma(f) \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}} \quad (1)$$

where

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ is the magnetic constant in $\Omega \text{ s m}^{-1}$;

μ_r is the relative permeability;

f is the frequency in Hz;

$\sigma(f)$ is the material and temperature dependent conductivity in $\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$.

NOTE Some magnetic field leaks through if the plate is thinner. It can be difficult to fulfil the requirement for frequencies below 100 kHz and it is typically impossible below about 10 kHz.

8.4.5 The geometric extent of a conductive **screen** shall be such that no hazardous field extends over its reach.

8.4.6 Other measures for stray field control may be indicated, these can be

- a field filtering **window** for visible access to the working area or
- an array of well placed magnetic objects of sufficient permeability.

8.5 Requirements related to objects worn, carried or held by persons

8.5.1 Metallic objects near the processing equipment can be heated by strong induced currents, even if the requirements of 8.3 and 8.4 are complied with. Ferromagnetic materials such as in tools can be strongly heated by the magnetic field.

8.5.2 The hazard of heated up metallic or semiconducting parts shall be considered. Information on relevant fields is provided in Annex B. The **manufacturer** shall indicate hazard zones to the **user** and proper warning for this region shall be provided in the information for use and and proper warning signs shall be provided outside the zone.

8.5.3 Magnetic objects can be exposed to strong mechanical forces and cause a hazard in or near strong static magnetic fields and field gradients. Annex B provides information for static fields. All zones where such risk can exist during **normal operation** or in single-fault condition shall be indicated by the **manufacturer** in the information for use and proper warning signs shall be provided outside the zone.

8.5.4 Hazards related to pacemakers in strong static or time-variable magnetic fields as well as nuisance related to watches and other electronic equipment such as radios are inevitable. Information on relevant fields is provided in Annex B. The **manufacturer** shall indicate this problem to the **user** and proper cautions for this region shall be provided in the information for use.

8.5.5 The **manufacturer** shall indicate in the information for use with respect to static magnetic fields

- a) if very strong forces are expected when fields are varied, especially when the field is switched on or off;
- b) that **operators** or **ordinary persons** carrying any metal objects or having implants of any kind (i.e. metallic or medical electronic devices) or wearing any metal objects shall only attend any zone of risk group 1, if they are instructed about the need of slow movements and if a special optical or audible warning device is in operation indicating the existence of such a field.

8.5.6 The **manufacturer** shall indicate in the information for use with respect to static and alternating magnetic fields

- a) that **operators** or **ordinary persons** carrying any metal objects or having implants of any kind (i.e. metallic or medical electronic devices) or wearing any metal objects shall not attend any zone of risk group 2. Sufficient marking and and proper warning signs shall be provided outside the zone;
- b) that **operators** or **ordinary persons** attending any zone of risk group 1 or higher shall never wear objects like metal necklaces, bracelets, rings, objects that are magnetisable or objects made from silicon, carbon or similar.

9 Protection against hazards from radiation

9.1 General

9.1.1 The installation shall provide protection against effects of internally generated ultraviolet, ionizing, visible, infrared and microwave radiation, including radiation from laser sources.

This standard does not differentiate between different sources of radiation (e.g. emitter, **workload** or wall) with respect to classification or emission. Different phases of the life cycle of the equipment can cause different levels of radiation emission and shall be treated separately.

9.1.2 The following effects shall be taken into account as they can lead to unintended hazardous exposure:

- emission of radiation through the openings for entrance and exit of **workload** belonging to the continuously operating processing equipment;
- emission of radiation through the doors of the batch processing equipment which are either opened or stay open during the process;
- emission of radiation when the doors of the processing equipment are opened and the inside of the processing equipment, the **workload** or heating elements have not cooled down in advance;
- emission of radiation by a very hot **workload** after leaving the installation;
- during access for maintenance, commissioning or testing;
- if heating elements are operated outside the processing equipment;
- if reflectors, refractors or reflective walls inside the installation cause zones of intense irradiation outside the installation;
- if hot walls inside the processing equipment cause zones of intense irradiation outside the installation.

9.2 Installation or equipment generating ionizing radiation

9.2.1 In the case of equipment not intended to emit ionizing radiation, the effective dose rate of unintended stray radiation at any accessible point 100 mm from the outer surface of the equipment shall not exceed 1 $\mu\text{Sv/h}$ unless a national regulation stipulates a different dose.

9.2.2 The equipment shall be so constructed that compartments in which electrons are accelerated by voltages exceeding 5 kV cannot be opened without the use of a tool. Sufficient information for use shall be supplied by the **manufacturer**.

9.2.3 Specific provisions for equipment intended to emit radiation are given in the Particular Requirements.

NOTE Equipment that emits ionizing radiation is in most countries regulated by national authorities. These regulations usually address both the emissions of radiation from the equipment and the cumulative dose of radiation that can be received by the **operator** or **ordinary person**. Examples of regional or national regulations are Directive 96/29/EURATOM for the European Union and document 29 CFR 1910.1096 for the USA.

9.3 Ultraviolet radiation

9.3.1 Effects of ultraviolet (UV) radiation include the destruction of biological cells and the degradation of materials of **enclosures** or **insulations** made from plastic. UV radiation can start chemical reactions and fire. These effects shall be taken into account.

9.3.2 The assessment of UV hazards for lamps is detailed in IEC 62471, but that approach shall be used for any UV radiation source without limiting its validity.

All processes where hot reactive gases or surfaces exceeding 2 500 °C are not completely shielded from the outside and all processes involving or employing a plasma being not completely enclosed are defined as intended to emit UV radiation.

9.3.3 Equipment emitting unavoidable stray radiation though not designed to provide external UV illumination shall not permit unintentional escape of UV radiation that could cause a hazard.

9.3.4 In the case of equipment intended to emit UV radiation, the **manufacturer** shall reduce the radiation and irradiation levels to safe levels that either cause a possible exposure hazard to **operators**, or cause equipment not suited to exposure to intense UV radiation to levels that can destroy such equipment preliminary. Measures can include **screens, barriers**, locked doors, filtered **windows** and warning markings. The **manufacturer** shall indicate to the **user** in the information for use the need for personal protective equipment if hazardous exposure is possible.

9.4 Visible and infrared radiation

9.4.1 All equipment or installations under the scope of this standard shall be so designed and constructed that any emission of infrared (IR) or visible (VIS) radiation is limited to the extent necessary for their operation and that their effects on exposed persons are non-existent or reduced to non-hazardous levels.

9.4.2 The following effects shall be taken into account:

- effects of intense VIS radiation can cause hazards for the human eye;
- intense VIS radiation can reduce the ability to see and react to signal lights or warning signs;
- effects of intense IR radiation include hazards to the human eye and the hazard of burning of skin;
- intense VIS or IR radiation can ignite flammable materials and fluids;
- surfaces or **windows** acting as optical elements can locally increase the intensity of irradiation.

9.4.3 The assessment of visible light and infrared hazards for lamps is detailed in IEC 62471, but that approach shall be used for any visible or infrared radiation source without limiting its validity.

EH equipment where hot reactive gases or surfaces exceeding 600 °C are not completely shielded from the outside and **EH equipment** employing hot plasma being not completely shielded are defined as intended to emit infrared radiation. Intense visible radiation is usually caused by thermal emitters exceeding 1 500 °C surface temperature, but hazards depend on the size and emissivity of the source.

9.4.4 No exclusive reduction or exclusive filtering of visible radiation shall be done, as a reduction of the visual stimulus of radiation increases risk to persons, refer to Annex C.

9.5 Laser sources

Equipment employing laser sources shall meet the requirements of IEC 60825-1.

10 Protection against hazards from thermal influences

10.1 General

10.1.1 Aside from electrical hazards, high temperature and thermal energy are the most important hazards to consider during all stages of design and manufacture of **EH** and **EPM**

installations or equipment. Indirect aspects of thermal energy are treated throughout this standard:

- provisions concerning hazards caused by radiation are given in Clause 9 – as bodies at elevated temperature cause radiation;
- provisions concerning fire hazards are given in Clause 11;
- provisions concerning fluids including hot fluids are given in Clause 12.

10.1.2 EH or EPM installations or equipment shall be so designed, installed and operated that no hazard due to thermal energy or elevated temperature is likely to occur for the **operator** or the environment, even in case of unattended operation or inadvertent switching.

10.1.3 The general rule for **normal operation** is that

- a) all materials used shall at least withstand the influence of thermal energy exposed to during **normal operation** over the designed lifetime of that part;
- b) if the designed lifetime of a part is shorter than the lifetime of the installation or equipment a maintenance cycle shall be part of the information for use indicating replacement cycle.

10.1.4 The general rule for single-fault condition is that

- a) all material used shall at least withstand the influence of thermal energy reasonably expected during single-fault condition over a reasonable period when safety of the installation or equipment or any part of it depends on its structural integrity;
- b) this reasonable time period shall be at least the time necessary for detection and removal of that single-fault condition and cooling down of the installation;
- c) if any materials or parts are exchanged after being exposed to thermal energy higher than that foreseen for **normal operation**, this shall be indicated in the information for use.

10.2 Surface temperature limits for protection against burn

All surfaces intended to be touched for operation of the installation or equipment shall not exceed the temperature limits as set in ISO 13732-1 during **normal operation** or in single-fault condition unless national regulations provide other limits.

All other surfaces that are in reach of the **operator**

- a) shall either not exceed the limits as set in ISO 13732-1, or
- b) a **barrier** shall be placed to prevent accidental touching, or
- c) shall be marked accordingly and the risk including possible measures to reduce the risk be indicated in the information for use.

10.3 Hazards caused by working conditions

The exposure of the **operator** to thermal stress, hazard of overheating or dehydration shall be avoided as far as possible. If the **operator** is to be exposed to excessive heat during **normal operation** or single-fault condition, the **manufacturer**

- a) shall indicate the need for taking this hazard into account in the information for use;
- b) shall indicate the need for a risk assessment by the **user** based on the working procedures, e.g. following ISO 15265.

10.4 Heat resistance of components

10.4.1 All structural parts and **enclosures** shall be made from material that is sufficiently heat resistant at all temperatures they are exposed to during **normal operation** or prolonged single-fault condition.

10.4.2 Enclosures made from plastics or other non-metallic material shall only be used when, during **normal operation** or single-fault condition, their temperature never reaches

- the limit of flammability,
- the limit of structural deformation or
- the limit of decomposition.

10.4.3 All **insulation** shall be made from materials that are sufficiently heat resistant at all temperatures it is exposed to during **normal operation** or prolonged single-fault condition, including effects from fault currents inside the insulated conductor.

10.4.4 Clearance distances between conductive parts shall be sufficient for temperatures expected during **normal operation** or single-fault condition.

10.4.5 Creepage distances between conductive parts shall be made to incorporate any increase of conductivity of insulating materials used due to temperatures expected during **normal operation** or single-fault condition.

10.4.6 Mechanical stress from thermal expansion shall not cause deformations which could cause a hazard.

NOTE Such mechanical stress is often caused by temperature differences in the equipment structure or by mismatch of the coefficient of thermal expansion of different materials. Both can lead to serious failure.

10.4.7 Any parts or accessories of the processing equipment shall be mounted in such a way that they are not subjected to temperatures exceeding the temperature for which they are designed.

10.4.8 General protective measures against thermal influences on or from the **electrical equipment** shall be provided according to IEC 60364-4-42.

10.4.9 In the absence of limits supplied by the **manufacturer** of parts the maximum increase of temperature as defined in Table 3 of IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 applies to materials and parts or components of the installation.

10.5 Cooling

10.5.1 Where forced cooling of components is employed and lack of cooling can cause a hazard, provisions shall be made for monitoring the cooling action. If the cooling becomes insufficient, an alarm shall be given and the equipment shall be switched into a safe state.

10.5.2 If a liquid cooling agent is used and insufficient cooling due to bubble formation of boiling can cause a hazard,

- a) either the temperature shall be kept sufficiently below boiling point or other means shall assure that no bubbles are formed inside the cooling circuit, reducing heat transfer,
- b) or the cooling system shall be designed to operate safely with liquid and gas mixtures.

10.5.3 Released hot cooling liquid or vapour shall not pose a hazard itself.

10.5.4 Where **live parts** are liquid-cooled, the quality of the coolant, the length of the hoses and the material used for tubes and hoses shall be such that the **touch voltage** resulting from **leakage currents** does not impair safety.

NOTE A closed cooling circuit reduces the risk of environment pollution and loss of coolant.

10.6 Over-temperature protection

10.6.1 In order to ensure the necessary degree of safety in the case of single-fault condition in the temperature control circuit, appropriate **protective devices** and measures shall be applied as defined in Table 4.

Table 4 – Thermal protective measures

Class	Scope of protection	Extent of protection	Protective device	Protective measure
0	Processing equipment and environment thereof	–	–	Attended operation with non-hazardous workload only
				Overheating precluded by constructional measures
1	Processing equipment and environment thereof	In the case of a fault no hazard caused by the processing equipment	Thermal cut-out, temperature protector or comparable	Depending on utilization and site of installation
2	Processing equipment, environment thereof and workload	In the case of a fault no hazard caused by processing equipment or workload	Pre-selected temperature controllers, or comparable	

The **manufacturer** shall for the case of attended operation indicate reasonably limited intervals at which the installation is to be checked by the **user**; the applicable class as defined in Table 4 shall be indicated to the **user**.

10.6.2 If a single fault in a temperature control system, heater, cooling means, circulating pump or fan, agitator, or other part could cause a hazard through overheating of any part of equipment or of the **workload**, a non-self-resetting **thermal cut-out** or system meeting the requirements of 14.7 shall de-energize the heating means and any other parts which could cause a hazard.

10.6.3 If an insufficient quantity of heat-transfer liquid – for example cooling water – could cause a hazard, a non-self-resetting liquid-level device shall de-energize the heating means and any other parts which could cause a hazard.

10.6.4 In **EH** and **EPM equipment** or **installations** any hazards arising from overheating of the **workload** or overheating of heat-transfer media (e.g. heating baths) as well as from over-temperature of parts of the processing equipment itself shall be taken into account.

10.6.5 In some cases, a fall in the temperature of a heated medium – for example liquid in a bath or air in an oven or heating cabinet – could cause a hazard. If this can occur as a result of the operation of an over-temperature protection device or a **thermal cut-out** after failure of the temperature control system, a second temperature control system shall be fitted to maintain a safe temperature without the over-temperature device operating.

10.6.6 For equipment designed to contain flammable materials, either for **normal operation** or for heat-transfer, over-temperature protection devices or systems shall ensure that the liquid cannot exceed in **normal operation** or single-fault condition

- a) the flash point temperature of the liquid being exposed to air, or
- b) a temperature 25 K below the fire point when in contact with any heating element.

10.6.7 If no over-temperature protection device is used, a controlled and limited amount of energy supplied to the **workload** can be used to protect against over-temperature.

10.6.8 If the **workload** can ignite or cause damage after an emergency stop or in single-fault condition, measures shall be taken in compliance with Clause 11 or as defined in the Particular Requirements. The following effects shall be considered:

- a) residual heat stored in the equipment can be released over a long period after switching off, and
- b) surface temperature can increase even after switch off due to the release of stored heat.

11 Protection against hazards from fire

This Clause 11 applies for the installation in general and the processing equipment. Protection against fire hazards for **electrical equipment** shall be according to the relevant standards identified in Table 2.

Basic concepts and methodology of technical fire-prevention and protective measures to be taken at the design and construction phase shall be according to ISO 19353.

In case of equipment designed to contain controlled combustion processes, ISO 13577-2 shall apply.

NOTE 1 Hot surfaces, intense optical radiation, arcs, plasmas, hot gases or liquids are to be expected near or inside **EH installations**. Plasma or static electrical discharges can occur in **EPM installations**.

NOTE 2 Plasmas, discharges and other electric phenomenon can provide extra energy thus lowering the flame point or lead to ignition.

12 Protection against hazards from fluids

12.1 General

12.1.1 The **manufacturer** shall take into account protection against hazards from fluids encountered in **normal operation** and single-fault condition.

12.1.2 ISO 13577-2 applies for combustion and fuel handling systems. For all other fluid systems the provisions 12.1.3 through 12.1.9 apply.

12.1.3 If, in **normal operation** or single-fault condition, fluid is likely to be spilt into the equipment,

- a) the equipment shall be designed so that no hazard is possible – for example as a result of the wetting of **insulation** or of internal **hazardous-live parts**;
- b) no corrosion leading to a hazard is possible – for example as a result of the contact of potentially aggressive substances with parts of the equipment;
- c) suitable means below the equipment able to collect the spill shall be positioned.

If in **normal operation** or single-fault condition, potentially aggressive substances (such as corrosive, toxic or flammable liquids) are likely to be spilt on parts of the equipment, the possibly affected surfaces shall be made from material not affected by the aggressive substance.

12.1.4 The maximum pressure to which a part of the equipment can be subjected in **normal operation** or single-fault condition shall not exceed the rated maximum working pressure for the part. The maximum pressure shall be considered to be the highest of the following:

- a) the rated maximum supply pressure specified for an external source;
- b) the pressure setting of an overpressure safety device provided as part of the assembly;
- c) the maximum pressure that can be developed by a pressure generating device that is part of the assembly, unless the pressure is limited by an overpressure safety device.

12.1.5 Fluid-containing parts shall not cause a hazard through rupture or leakage. No leakage is allowed from fluid-containing parts intended for toxic, flammable, or otherwise hazardous substances.

12.1.6 Fluid-containing parts of refrigeration systems shall meet the relevant pressure-related requirements of IEC 60335-2-24 or IEC 60335-2-89 as applicable.

12.1.7 Leakage from fluid-containing parts at pressures lower than ambient shall not cause a hazard.

12.1.8 Liquid overflowing from any container in the equipment which can be overfilled shall not cause a hazard during **normal operation**, for example as a result of the wetting of **insulation** or of internal parts that are **hazardous-live**.

Equipment likely to be moved while a container is full of liquid shall be protected against liquid surging out of the container.

12.1.9 Any cleaning, decontamination or disinfection process indicated by the **manufacturer** shall not cause degradation of the equipment or any foreseeable hazard.

12.2 Poisonous and injurious gases and substances

12.2.1 Equipment shall not liberate dangerous amounts of poisonous or injurious gases or substances in **normal operation** or single-fault condition.

12.2.2 If such gases or substances are likely to be liberated, they shall be drawn into an extraction system.

12.2.3 If released gases can pose a hazard due to their temperature or impulse they shall be diverted from the installation and from the **operator**.

12.2.4 Hazard zones shall be marked and **barriers** or **obstacles** shall limit accessibility.

12.2.5 Equipment drawing in air for any purposes shall not draw in exhaust gases unless necessary for the process or for energy recuperation needs.

12.2.6 The **manufacturer** shall indicate necessary personal protective equipment for such substances or gases that can be liberated during **normal operation** or single-fault condition.

12.3 Explosion and implosion of pressurised parts

12.3.1 Components liable to burst or explode if overheated or overcharged shall be provided with a pressure release device.

12.3.2 Protection of **operators** by **enclosures** shall be incorporated in the equipment to protect them from debris or expelled parts.

13 Specific requirements for components and subassemblies

13.1 General

All components and devices

- a) shall be suitable for their intended use;
- b) shall conform to relevant IEC or ISO standards where such exist;
- c) shall be applied in accordance with their information for use.

13.2 Electrical equipment and conductors

13.2.1 The **electrical equipment** of the installation shall satisfy the safety requirements identified by the **manufacturer**.

Depending upon the installation, its intended use and its **electrical equipment**, the designer may select parts of the **electrical equipment** of the installation that are for LV in compliance with relevant parts of the IEC 61439 series and for HV parts in compliance with relevant parts of the IEC 62271 series – see also Annex E of IEC 60204-1:2005 and IEC 60204-1:2005/AMD1:2008.

NOTE The IEC 61439 series specifies requirements for equipment covering a wide range of possible applications of LV switchgear and controlgear assemblies. The IEC 62271 series specifies requirements for equipment covering a wide range of possible applications of HV switchgear and controlgear assemblies.

13.2.2 The dimensioning of electrical conductors depending on maximum current and temperature shall follow IEC 60228 for intended temperatures of the conductors up to 40 °C.

13.2.3 The proximity and the skin effect shall be taken into account when dimensioning conductors for higher frequencies, as the penetration depth of the current decreases with increasing frequency. This affects cross sectional area of the conductor and surface to volume ratio.

NOTE Tables of cable current-carrying values relevant for mains frequency (50 Hz/60 Hz) are generally not applicable for installations working at higher frequencies.

13.3 Connection to the electrical supply network and internal connections

13.3.1 The connection to the electrical supply network depends on the type and the voltage of the supply system according to Clause 312 of IEC 60364-1:2005. The conductors shall be in accordance with Clause 12 of IEC 60204-1:2005 for LV and in accordance with Clause 12 of IEC 60204-11:2000 for HV. The conductors shall be identified according to IEC 60445.

13.3.2 The incoming supply conductor shall be in accordance with 5.1 of IEC 60204-1:2005 for LV and in accordance with 5.1 of IEC 60204-11:2000 for HV.

13.3.3 Interconnecting conductors shall be designed and arranged so that in **normal operation** they do not undergo abnormal mechanical stresses, e.g. due to bending, tension, flexing, torsion, friction or vibration, or effects of radiation, heat, moisture or vapours liable to damage them. Single-fault condition shall be considered as well.

13.3.4 **Enclosures** of conductors shall ensure:

- protection of **insulation** of conductors against abrasion and laceration;
- protection of conductors against tension and torsion.

Enclosures and devices adopted to avoid tensile stress in fixed electrical connections shall not be hazardous-live. They shall also be so designed that any damage of the conductor to be protected from abnormal tensile stresses is prevented.

13.3.5 Equipment which is not permanently connected to the **supply network** shall meet the following requirements:

- a) it shall have a permanent fixed flexible connecting conductor which can only be removed with the use of a tool;
- b) connections using a sliding contact shall be inaccessible, both when connected and disconnected but live;
- c) **live parts** of plug-and-socket devices shall be inaccessible when connected or disconnected but live;

- d) removable connecting lines shall contain necessary active and protective conductors clearly identified and laid-up together;
- e) when several plugs are used, an erroneous connection shall be prevented by shape or distinct marking of the plugs.

13.3.6 All flexible wiring shall meet the following requirements:

- a) it shall be provided with protective sheaths, measures taken to ensure protection against tensile stress and torsion shall be readily recognizable;
- b) it shall be protected against excessive flexing at the points of entry, protective sheathing shall be sufficiently long to avoid any damage through bending;
- c) it shall be fixed securely or other means shall avoid any hazard through their position in or near the installation.

13.4 Isolation and switching

13.4.1 Isolation, switching-off for maintenance, emergency switching off, and functional switching shall be provided and be in accordance with the relevant standards, for example IEC 60364-4-41, IEC 60364-5-53 as well as IEC 60204-1 for LV and IEC 60204-11 for HV, respectively.

13.4.2 Examples of control and auxiliary circuits which, depending on the application, need not to be switched off, are:

- a) lighting and socket-outlet circuits for the connection of repair and maintenance tools, for example lamps or drills (irrespective of their voltage);
- b) circuits supplying under-voltage trips and circuit-breaker closing and tripping devices which are operated at mains voltage, but are not used for control purposes;
- c) auxiliary circuits with ELV;
- d) other auxiliary circuits supplying essential components, for example pumps, fans and drives, which shall not be switched off during the period of interruption of the mains supply.

In the case of LV or HV, the above-mentioned circuits shall employ cables or insulated conductors segregated from those following the supply disconnecting switch. They shall be connected via separate specially enclosed terminals and shall be provided with a separate disconnecting switch.

In the case specified under item b), this disconnecting switch may not be applied. The circuits, which are not disconnected by the supply-disconnecting switch, shall be clearly indicated in the technical documentation.

13.4.3 Switching of direct current or mains frequency currents at HV through the use of circuit breakers is permissible for supply, disconnection and isolation, providing the following conditions exist:

- a) an isolating distance is provided and visible – for example a disconnecting switch or a withdrawn circuit-breaker;
- b) facilities are provided to prevent closing of the isolating switches and providing connection to earth of the outgoing cables or busbars.

13.5 Sensors and actuators safeguarding moving parts

ISO 13855 and ISO 13857 apply.

13.6 Motors

Clause 14 of IEC 60204-1:2005 for LV and Clause 14 of IEC 60204-11:2000 for HV installations or equipment apply.

13.7 Non electric-heating means

Combustion based heating means shall conform to ISO 13577-2, if applicable.

13.8 Lighting

13.8.1 If the ambient lighting is not sufficient to prevent risks – for example areas of shadow or dazzle – the installation shall be designed with integrated lighting. Parts requiring frequent maintenance, inspection or adjustment and not illuminated sufficiently by the ambient light shall be provided with integrated lighting.

13.8.2 The equipment shall be designed and constructed so that there is no area of shadow likely to cause nuisance, that there is no irritating dazzle and that there are no dangerous stroboscopic effects on moving parts due to the lighting.

13.9 Structural parts and stability

13.9.1 The installation or equipment and all its parts shall be sufficiently stable to avoid break-up or collapse during **normal operation** or single-fault condition.

13.9.2 The installation or equipment shall be sufficiently designed or anchored to avoid tripping, overturning, falling or any uncontrolled movements during **normal operation** or single-fault condition.

13.10 Doors, windows and other openings

Subclauses 11.4 and 11.5 of IEC 60204-1:2005 apply for LV installations or equipment.

14 Control of the installation or equipment

14.1 General

The need for **operator** intervention shall be limited. If intervention is necessary it shall be conducted easily and safely.

Subclauses 14.2 through 14.7 define requirements based on this general concept.

NOTE The decision to use functional safety concepts is beyond the scope of this standard. ISO 13577-4 provides an illustration, when the application of IEC 61508 and ISO 13849-1 becomes necessary.

14.2 Operator control unit

14.2.1 Any operator control unit

- a) shall be clearly visible and identifiable, using pictograms where appropriate,
- b) shall be positioned in such a way as to be safely operated without hesitation or loss of time and without ambiguity,
- c) shall be located outside a hazard zone – the sole exception being emergency stops;
- d) shall be positioned in such a way that the operation cannot cause additional risks.

14.2.2 Any operator control unit or the control system

- a) shall be positioned in a way that enables the **operator** to ensure that no one is in the hazard zones,
- b) shall assure that starting is prevented while someone is in the hazard zones,
- c) shall give acoustic, visual or a combination of both warnings before the installation is started; exposed persons shall have sufficient time to leave the hazard zone or prevent starting.

14.2.3 The provisions of Clause 10 of IEC 60204-1:2005 for LV and those of Clause 10 of IEC 60204-11:2000 for HV installations or equipment for operator control units and operator machine interfaces apply.

14.2.4 If there are more than one operator control unit, the control system shall assure that the use of one of them precludes the use of the others, except for stop controls and emergency stops. Each operator control unit shall be provided with all the required control devices without the **operators** hindering or putting each other into a hazardous situation. For details refer to 9.2.5.1 of IEC 60204-1:2005 for LV installations or equipment. Each unit shall be provided with controls to stop some or all of the functions of the equipment or installation, depending on the existing hazards, so that safety is ensured during and after the stop.

The sequence of emergency stopping operations (e.g. fan and conveyor motors in relation to main processing circuits) shall be taken into account by the **manufacturer** during design and shall be specified in the information for use.

14.2.5 Any operator control unit shall be designed or protected in such a way that the desired effect, where a hazard is involved,

- a) can only be achieved by a deliberate action,
- b) manufactured to withstand foreseeable forces;
- c) particular attention shall be paid to emergency stop devices as these are liable to be subjected to considerable forces in case of an emergency.

14.3 Emergency stop

The design of the emergency stop shall be according to ISO 13850. All emergency stop devices shall be clearly identifiable, clearly visible and quickly accessible. Once the active operation of the emergency stop has ceased following a stop command, that command shall be sustained by engagement of the emergency stop device until that engagement is specifically overridden. It shall not be possible to engage the device without triggering a stop command. It shall be possible to disengage the device only by an appropriate operation, and disengaging the device shall not restart the equipment but only permit restarting. Emergency stop devices shall be in accordance with 10.8 of IEC 60204-1:2005 for LV installations or equipment.

14.4 Control systems and their functions

14.4.1 Control systems shall be designed and constructed in such a way as to prevent hazardous situations. In particular, they shall be designed and constructed in such a way that:

- they can withstand the intended operating stresses and external influences,
- a fault in the hardware or the software of the control system does not lead to hazardous situations,
- errors in the control system logic do not lead to hazardous situations,
- reasonably foreseeable human error during operation does not lead to hazardous situations.

This may be reached through suitable functional safety as defined in the IEC 61508 series or ISO 13849-1.

14.4.2 Start functions shall initiate the energizing of the relevant circuit and shall not be automatic if this can create a hazard. In case push-buttons are used, separate push-buttons for “Start” and “Stop” shall be provided.

14.4.3 Interlocks shall be provided to secure correct sequential starting.

14.4.4 Stop functions shall override related start functions. The installation shall not be prevented from stopping if the signal has been given.

Where more than one control station is provided, stop command from any control station shall be effective.

14.4.5 For operating modes, 9.2.3 of IEC 60204-1:2005 applies.

14.4.6 For suspension of safety functions or protective measures, 9.2.4 of IEC 60204-1:2005 applies with the addition, that “motion” shall include “heating” or “processing”.

14.4.7 The emergency stop signal shall stop the hazardous process as quickly as possible, without creating additional risks. It can trigger or permit the triggering of safeguarding actions. The emergency stop function shall be available and operational at all times, regardless of the operating mode. Emergency stop devices shall be a back-up to other safeguarding measures, they shall not be a substitute for them.

14.4.8 For emergency operations, 9.2.5.4 of IEC 60204-1:2005 applies.

14.4.9 For cableless control, 9.2.7 of IEC 60204-1:2005 applies.

14.4.10 For control functions in the event of failure, 9.4 of IEC 60204-1:2005 and IEC 60204-1:200/AMD1:2008 applies.

14.5 Controlgear

14.5.1 Sensors of any physical quantity and actuators shall be selected and mounted taking into account all conditions during **normal operation** and single-fault condition – for example temperature, mechanical action or electromagnetic phenomena.

14.5.2 Push-buttons shall be in accordance with 10.2 of IEC 60204-1:2005.

14.5.3 Indicator lights and displays shall be in accordance with 10.3 of IEC 60204-1:2005.

14.5.4 Control circuits shall comply with 9.1 of IEC 60204-1:2005.

14.5.5 Control circuits can be supplied from a network of type TN or TT – refer to 312.2 of IEC 60364-1:2005.

14.5.6 In control circuits supplied via a transformer

- a) with one end of the secondary winding connected to the earth, short-circuit protection shall be provided in the unearthed conductor of the secondary side. Such protection is not required if short-circuit protection elements on the primary side ensure equivalent safety;
- b) with earthed centre tap of the secondary winding, protection against short circuits shall be provided in both poles of the secondary side of the control circuits.

14.5.7 When **photocouplers** are used as a means of **galvanic separation**, e.g. in semiconductor converters, clearance and creepage distances shall be specified as minimum values, based on the principles

- of IEC 60071-1 for the upstream or power network side and
- of IEC 60664-1 for the downstream or converter side.

14.5.8 An earth fault on any control circuit operating below 200 Hz shall neither cause inadvertent switching on nor prevent switching off the **EH** or **EPM installation** or a part of it.

- a) In order to fulfil this requirement, it is recommended that one side of the control transformer(s) be earthed and coils and contacts be connected accordingly. Unearthed control circuits fed from the transformer shall be provided with an insulation-monitoring device, which either indicates an earth fault or interrupts the circuit automatically after an earth fault. The direct current internal resistance of the insulation-monitoring device shall be at least 15 k Ω . For certain electronic devices much higher values of this resistance may be necessary.
- b) In the case of control transformers with an earthed centre tap, a differential current circuit-breaker shall be used.
- c) For control circuits, in which single-pole earthing is required for operational reasons, the **manufacturer** shall provide for earthing. Such operational reasons can be, e.g. the use of electromagnetic clutches having an internal earth or of control circuits with electronic components. In this case, separate control transformers or one control transformer with several isolated secondary windings shall be used.

14.5.9 In case of earthed control circuit supplies, the common conductor is connected to the protective bonding circuit at the point of supply. All contacts, solid state elements and other parts, which are intended to operate an electromagnetic or other device (for example, a relay or indicator light) are inserted between one side, the switched conductor of the control circuit supply and one terminal of the coil or device. The other terminal of the coil or device (preferably always having the same marking) is connected directly to the common conductor of the control circuit supply without any switching elements – refer to Figure 3 of IEC 60204-1:2005.

The following exceptions to this rule are allowed:

- a) contacts of protective relays, for example overload relays, may be connected between the side connected to the protective circuit and the coils, if the conductors between such contacts and the coils of the control devices, on which the relay contacts operate, are inside the same control **enclosure**;
- b) in special cases, where a different arrangement of the contacts leads to a simplification of the external control accessories (e.g. trolleys, cable winders, multiple plugs), if the requirements of the first paragraph of 9.4.3.1 of IEC 60204-1:2005 are met. In this case, a very careful design is required, to avoid a hazard in case of an earth fault – refer to 9.4.3.1 of IEC 60204-1:2005.

14.6 Protective devices

14.6.1 Protective devices including **interlocks** used to protect **operators** from **hazards** shall prevent an **operator** from being exposed to the hazard before the hazard is removed and shall meet the following requirements specified in 14.6.2 through 14.6.7.

14.6.2 Protective devices shall not obstruct the **normal operation** or the view onto the installation or equipment as being necessary for safe operation.

14.6.3 Only after the action which caused the **protective device** to give a stop command has been reversed or cancelled, shall the **protective device** and equipment be reactivated by use of a tool.

14.6.4 A **protective device** for the protection of **operators** shall ensure that a single-fault condition in the **protective device** is either unlikely to occur during the expected life of the equipment, or cannot cause a hazard – i.e. any fault of the **protective device** is a fault to safety. In most cases this implies that any **protective device** shall give a stop command if it is not fully effective.

14.6.5 Protective devices shall not easily be bypassed or made non-operational.

14.6.6 Protective devices shall be adjustable only by means of an intentional action.

14.6.7 Protective devices reacting in case of any short-circuit shall be adequately sized for the switching elements in the control circuits.

14.7 Over-temperature protective device

14.7.1 Over-temperature **protective devices** and systems designed to operate in single-fault condition shall be

- a) designed and tested to ensure reliable function;
- b) rated to interrupt the maximum voltage and current of the circuit in which they are employed;
- c) rated so that components or materials whose temperatures are intended to be limited by the device do not exceed the relevant temperature limits of Clause 10 or other defined limits.

14.7.2 If necessary, means shall be provided for the **operator** to check that a device or system will function in the case of single-fault condition. The information for use shall specify the method and how often the check is required.

- a) For adjustable devices or systems the check can normally be made by setting the over-temperature device to a lower temperature than that of the temperature control system.
- b) For non-adjustable devices or systems it may be necessary to provide a self-resetting means to override the temperature control system temporarily.

14.7.3 Over-temperature **protective devices** shall be separated from any temperature control system. This applies not only to the temperature sensing means but also to all disconnecting devices in the circuits to be de-energised.

14.7.4 Adjustable over-temperature and liquid-level devices and systems shall be adjustable only with the use of a tool.

14.7.5 Normal operation includes the correct setting of any adjustable over-temperature device. Incorrect setting of a device by the use of a tool is a single-fault condition.

14.7.6 Liquid-level devices used to protect against over-temperature shall meet the same requirements as over-temperature **protective devices** and systems.

14.8 Overpressure safety device

An overpressure safety device shall not operate in **normal operation**. It shall conform to the following requirements.

- a) It shall be connected as close as possible to the fluid-containing parts of the system that it is intended to protect.
- b) It shall be installed so as to provide easy access for inspection, maintenance and repair.
- c) It shall not be capable of being adjusted without the use of a tool.
- d) It shall be located so that a discharge does not cause hazard to **operators**, especially shall it have its discharge opening so located and directed that the released material is not directed towards the **operator**.
- e) The installation or equipment shall be designed such that no pressure release device is obstructed.
- f) It shall have its discharge opening located and any discharge directed so that operation of the device does not deposit material on parts, if that could cause a hazard.
- g) It shall have adequate discharge capacity to ensure that the pressure cannot exceed the rated maximum working pressure of the system.
- h) There shall be no shut-off valve between an overpressure safety device and the parts that it is intended to protect.

15 Protection against mechanical hazards

15.1 With respect to mechanical hazards, the **manufacturer** shall refer to ISO 13577-1, if applicable. In all other cases, the requirements 15.2 through 15.12 apply.

15.2 No accessible part of the installation or equipment shall have rough surfaces, sharp edges or angles posing a hazard.

15.3 Any moving part that poses a hazard shall be prevented from becoming a risk through **guards** or **protective devices**. ISO 14120 applies for design and construction, assuring the mechanical stability of **guards**.

15.4 Sufficient precautions shall be implemented to prevent any hazardous situation from expelled parts or **workload**.

15.5 It shall either be impossible that an **operator** gets trapped inside any part of an installation or equipment or, if this is impossible to achieve, means to summon help shall be installed.

15.6 If an **operator** can be trapped inside the installation, sufficient means for escape or emergency stop from the inside shall be installed.

15.7 Zones where a human body or bodyparts can be exposed to trapping, crushing, shearing, impact, cutting, entanglement, drawing in, stabbing or abrasion shall be inaccessible or, if this is impossible for **normal operation**, one of the following or other measures shall prevent the risk:

- a) such a hazard zone is considered not to present a mechanical hazard if the gaps of the zone comply with the dimensions specified in Tables 13 and 14 of IEC 61010-1:2010;
- b) such a hazard zone is considered not to present a mechanical hazard if the distances separating the **operator** from the hazard zone exceed the values specified in ISO 13857;
- c) such a hazard zone is considered not to present a mechanical hazard if **guards** and protective measures prevent access.

15.8 Protective measures shall be designed and incorporated into the control system so that

- a) moving parts cannot start to move while they are in the reach of **operators**;
- b) once the equipment has started to move, the hazard zone cannot be reached, or, if this hazard zone is reached, system movement shall stop. No hazard or damage shall result from the system stop;
- c) if in single-fault condition of the protective measure, an unacceptable risk could arise, one or more emergency stopping devices in the equipment shall be provided;
- d) the absence or failure of one of their components prevents starting or stops the moving parts.

Protective measures include **protective devices** for mechanical hazards.

15.9 The speed of movement of any part of the equipment that can come into contact with the **operator**, and where contact of the **operator** with the equipment can result in a hazardous situation, shall be limited so that the **operator** can adequately react to the moving part without resulting in an unacceptable risk.

15.10 Controls shall be so positioned, recessed, or protected by other means so that they cannot be accidentally actuated, resulting in unacceptable risk.

The risk due to overtravel (past range limits) of equipment parts shall be reduced to an acceptable level. End stops or other stopping means shall be provided to act as the ultimate

travel limiting measure in both **normal operation** and in single-fault condition. Such means shall have the mechanical strength to withstand the intended loading.

The overtravel (stopping distance) of such movement, occurring after operation of a control to stop the movement, shall not result in an unacceptable risk.

15.11 When a part of the equipment has been stopped, any drift away from the stopping position, for whatever reason other than action on the control devices, shall be prevented or shall be such that it does not cause a hazard.

15.12 If **operators** are supposed to move about or stand on the installation or equipment, sufficient means to prevent slipping, tripping or falling shall be implemented.

16 Protection against hazards resulting from use

16.1 Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption

16.1.1 Hygiene hazards differ from other hazards because they are hazardous for consumers of the **workload** being processed. This does usually not pose a hazard for the **operator**. Hygiene risks are associated with the ability of the equipment to be freed from product debris and micro-organisms, and thus preventing product contamination.

16.1.2 Particular hygienic and contamination hazards exist in the processing of **workloads** like food, beverages, animal feed, pharmaceuticals and cosmetics and shall be considered. The equipment shall in that case fulfil the relevant requirements of ISO 14159 and applicable national regulations. Furthermore, such **workloads** shall not be contaminated during pasteurization, sterilization or other processing, resulting in hazardous products.

16.1.3 Interaction of cleaning or disinfection agents or their residuals with the processing equipment shall be considered. The **manufacturer** shall include information on safe to use agents in the information for use. The **manufacturer** shall indicate cleaning or disinfection agents that are not safe to use.

16.2 Radio frequency interference

CISPR 11 shall be adhered to, if applicable.

16.3 Particular hazards in electroheating and electromagnetic processing

Other particular hazards unique to specific installation sites or equipment use are to be covered by the Particular Requirements and may be agreed between the **manufacturer** and **user** – for example, external conditions such as earthquakes.

16.4 Combination equipment

If the equipment is intended to be used in combination with other equipment, any hazard due to the combination shall be considered.

17 Protection against other hazards

17.1 General

Complementary to the potential hazards addressed in previous clauses, hazards according to ISO 13577-1 and Annex B of ISO 12100:2010 shall be evaluated by the **manufacturer** at the design stage, and the relevant requirements of these standards shall be fulfilled, if applicable. Furthermore, the specific hazards addressed in 17.2 shall be considered.

17.2 Sonic, infra- and ultra-sonic pressure

The equipment or installation shall not cause a hazard from sonic, infra- and ultra-sonic pressure.

Installation instructions shall specify how the **user** can ensure that the sound pressure level from equipment, at its point of use after installation, does not reach a value which could cause a hazard. These instructions shall identify readily available and practicable protective materials or measures which can be used, including the fitting of noise-reducing baffles or hoods.

18 Verification and testing

18.1 General

Compliance of the safety requirements or protective measures shall be verified by one or combinations of the following methods:

- a) examination of drawings or calculations,
- b) visual inspection,
- c) measurement,
- d) functional test,
- e) numerical modelling.

Table 5 lists the recommended methods of verification with respect to the specific requirements of this standard. The methods and results of the verification shall be reported.

Table 5 – Methods for the verification of requirements

Sub-clause	Requirement or measure relating to	Verification done by				
		examination	visual inspection	measurement	functional test	numerical modelling
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
6.4	Physical environment and operating conditions for electrical equipment inside the processing equipment	✓	✓	✓		
6.5	Power supply	✓	✓			
6.6	Access	✓	✓			
6.7	Ergonomic aspects	✓	✓			
6.8	Transport and storage	✓	✓			
6.9	Provisions for handling	✓	✓			
6.10	Consumables and replaceable parts	✓	✓			
7.3	General provisions	✓	✓	✓	✓	
7.4	Basic protection	✓	✓			
7.5	Provisions for single fault protection	✓	✓			
7.6	Protective equipotential bonding	✓	✓			
7.7	Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz	✓	✓			
7.8	Protective conductor currents	✓	✓			

Sub-clause	Requirement or measure relating to	Verification done by				
		examination	visual inspection	measurement	functional test	numerical modelling
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
7.9	Touch current and touch voltage	✓	✓	✓	✓	✓
7.10	Conductors and insulations at high temperature	✓	✓	✓		
7.11	Non-electric faults	✓	✓			
8.2	Magnetic fields	✓	✓	✓	✓	✓
8.3	Local electric fields	✓	✓	✓	✓	✓
8.4	Requirements related to barriers and screens	✓	✓			
8.5	Requirements related to objects worn, carried or held by persons	✓	✓			
9.2	Installation or equipment generating ionizing radiation	✓	✓	✓		
9.3	Ultraviolet radiation	✓	✓	✓	✓	✓
9.4	Visible and infrared radiation	✓	✓	✓	✓	✓
9.5	Laser sources	✓	✓	✓	✓	✓
10.2	Surface temperature limits for protection against burn	✓	✓	✓		
10.3	Hazards caused by working conditions		✓			✓
10.4	Heat resistance of components	✓	✓			
10.5	Cooling	✓	✓			
10.6	Over-temperature protection	✓	✓			
11	Protection against hazards from fire	✓	✓			
12.2	Protection against hazards from fluids – Poisonous and injurious gases and substances	✓	✓			
12.3	Protection against hazards from fluids – Explosion and implosion of pressurised parts	✓	✓			
13.2	Electrical equipment and conductors	✓	✓	✓	✓	
13.3	Connection to the electrical supply network and internal connections	✓	✓		✓	
13.4	Isolation and switching	✓	✓		✓	
13.5	Sensors and actuators safeguarding moving parts	✓	✓	✓	✓	
13.6	Motors	✓	✓			
13.7	Non electric-heating means	refer to ISO 13577-1				
13.8	Lighting	✓	✓			
13.9	Structural parts and stability	✓	✓			
13.10	Doors, windows and other openings	✓	✓			
14	Control of the installation or equipment	✓	✓		✓	
15	Protection against mechanical hazards	✓	✓	✓		
16.1	Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption	✓	✓	✓		
16.2	Radio frequency interference			✓	✓	
17.2	Sonic, infra- and ultra-sonic pressure			✓	✓	

18.2 Performing measurements and tests

18.2.1 Accuracy of measuring equipment and measurement methods shall conform to IEC 60398:—³, as relevant.

18.2.2 This standard defines some tests at cold state and other tests under **normal operation** conditions. Test conditions of **normal operation** shall be most unfavourable conditions causing the maximum expected stress to the installation and highest probability or strength of hazards.

18.2.3 This standard does not define tests under single-fault condition as these can result in serious damage to the installation.

NOTE IEC 61010-1 can be used in combination with this standard to develop verification means for single-fault conditions or for type testing.

18.2.4 For all installations under the scope of ISO 13577-1, that standard applies with respect to verification with the exception of electrical, magnetic and radiation hazards and requirements, for which Clauses 7 through 10 of this standard are applicable.

18.3 Verification of conformity with limits for electric or magnetic fields

If the measured or calculated value exceeds reference levels or comparable values set in a national regulation, it does not necessarily follow that the applicable basic restriction is exceeded and that an **operator** can be exposed to hazardous levels of electric or magnetic fields. However, whenever a reference level is exceeded, it is an indication of a possible hazard and it becomes necessary to verify compliance with the applicable basic restriction. This can be done through improved screening where possible or through using one of the following methods:

- a) assessment of human exposure to magnetic or electric fields (for example according to IEC 62311 or EN 50413 covering the range from 0 Hz to 300 GHz);
- b) assessment of human exposure to magnetic or electric fields according to the IEEE C95 series;
- c) use of the numerical calculation of the electric or magnetic fields according to the IEC 62226 series for low and intermediate frequency range;
- d) numerical assessment of the interaction between the processing equipment and exposed persons;
- e) or by use of any other method, that will provide with comparable accuracy, if the basic restrictions are met.

18.4 Examination of drawings or calculations

The examination of drawings and calculations is to verify if all parts of the **EH** or **EPM installation** comply with the requirements.

18.5 Visual inspection

18.5.1 Visual inspection of the **EH** or **EPM installation** shall be done after mounting and during commissioning prior to any hot state tests, to compare the erected installation with the drawings. This visual inspection shall ensure that

- a) the installation has been erected as defined in the drawings;
- b) all markings and warnings have been affixed;
- c) all **barriers, obstacles, guards** and similar protective means are in place;

³ To be published.

- d) all **barriers, guards** and similar protective means intended to be removed with a tool are only removable with the use of a tool;
- e) all protective measures are adequate and exist and that all earthing provisions and equipotential connections are in accordance with the drawings.

18.5.2 Further visual inspection shall be carried out after finishing all hot state tests of commissioning. This visual inspection shall ensure that the parts of the **EH** or **EPM installation** subject to heat, **EMF**, intense radiation or to other influences causing wear are still in their intended state. Especially linings, heating elements, thermal **insulation** and refractories, **barriers**, doors, **gates, windows**, lips, systems for transporting or positioning the **workload** shall be inspected with the focus on drop-out, crack, distortion, unusual abrasion, burn-through, oxidization and creepage.

18.6 Measurements

18.6.1 Insulation resistance measurement up to 200 Hz

For the insulation resistance measurement up to 200 Hz, 18.3 of IEC 60204-1:2005 applies with the addition that the tests shall be performed in the cold state.

18.6.2 Measurement of electric or magnetic fields

IEC 61786-2⁴ applies for measurements of electric or magnetic fields and IEC 61786-1 for measuring equipment for frequencies up to 100 kHz.

Measurements above 100 kHz are under consideration.

18.6.3 Touch current measurement

The measurement of touch currents shall adhere to IEC 60990 with the exception of the use of the circuit for high frequencies.

The high frequency test method in IEC 60990 is recommended here only with the following alterations: to determine the frequency variation of skin capacitances with increasing frequency – skin being a significant part of the current circuit and being most sensitive due to its small volume and cross section for burns – the capacitance shall instead be applied in series and set to $A \cdot 0,01 \mu\text{F}$, where A is the skin area in cm^2 . For normal gripping and 10 kHz to 10 MHz a series capacitance of $0,45 \mu\text{F}$ and a skin impedance of $A \cdot f^{1,3} \cdot 10^6 \Omega$ is recommended, where f is the frequency in Hz.

NOTE 1 In Figure 3 of IEC 60990:1999, R_s represents the skin and C_s the skin capacitance where C_s is probably by a factor of 10 too large.

NOTE 2 The recommended gripping contact area represented in IEC 60990 is 200 cm^2 . This surface area is unusually large and commonly 50 cm^2 are used instead.

18.6.4 Ionising radiation measurement

Conformity is checked by measuring the amount of radiation emitted in most unfavourable conditions, when maximum ionising radiation occurs. The method of determining the amount of radiation shall be effective over the range of possible radiation energies. Equipment containing cathode-ray tubes is tested while displaying a pattern from each beam not exceeding $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ or the smallest possible display, whichever is larger. Equipment containing X-ray sources is set to produce the maximum possible level of radiation. Displays are positioned so as to produce maximum radiation.

⁴ To be published.

18.6.5 Measurement of non-coherent optical irradiation

18.6.5.1 For the measurement of non-coherent optical radiation Clause 5 of IEC 62471:2006 applies with the following amendments.

18.6.5.2 Separated locations of the installation, like separate doors or **windows** can belong to different risk classes. They shall be assessed and verified separately.

18.6.5.3 Usually no controlled environment is possible to achieve. Thus the measurement conditions and an assessment of the influence of measurement conditions on the quality of the measured data shall be part of the measurement report. Measurement conditions shall be reported as part of the evaluation and the assignment of risk classification.

18.6.5.4 To maintain stable output during the measurement process and provide reproducible results, the **EH** or **EPM installation** shall be seasoned for an appropriate period of time prior to measurement. During the initial period of operation the output characteristic will change as components oxidise, age, or come otherwise to a state of near equilibrium. If measurements are taken with unseasoned installations, the variations within the measurement period and between measurements can be significant. The necessary ageing period depends on the specific installation and the environment. It varies with different types of installations and it can be impossible to reach sufficient ageing for assessment during commissioning. In this case measurement shall be done again at a later stage of equipment lifetime.

18.6.5.5 Careful checks shall ensure that other sources of radiation like nearby equipment or ovens, hot **workload**, hot shields, or reflections do not add significantly to the measured signal.

18.6.5.6 All measuring equipment for non-spectrally resolved measurement of irradiance or radiance shall be of class 3.0 or better. The measuring equipment shall have a flat or constant spectral response between 400 nm and 10 µm, a flat response between 200 nm and 20 µm is preferred. The measuring equipment shall be sufficiently stabilised to avoid any drift exceeding the limits.

NOTE This can be a thermally stabilised pyroelectric detector.

18.6.5.7 Annex B of IEC 62471:2006 applies for spectrally resolved measurements. The accuracy of the measurement results shall be calculated and stated. Measurement inaccuracy should not exceed 30 % of the lowest classification limit in absolute values.

18.6.6 Measurement of coherent optical radiation including emission from LEDs

All measurements of radiation from laser or LED sources shall adhere to IEC 60825-1.

18.6.7 Surface temperature measurement

Verification of accessible surfaces shall be done according to ISO 13732-1.

18.6.8 Sound level measurement

Conformity is checked by measuring the maximum A-weighted sound pressure level at the **operator** position and if necessary, calculating the maximum A-weighted sound power level produced by the equipment, as specified in ISO 3746. Measurement is performed during **normal operation** and with the combination of **workload** and other operating conditions (for example, pressure, flow or temperature) which create the maximum sound pressure level.

Sound level meters used in the measurement shall conform either to class 1 of IEC 61672-1 or, if an integrating sound level meter, to class 1 of IEC 61672-2.

18.7 Functional tests

18.7.1 Protection by automatic disconnection of supply

Subclause 18.2 of IEC 60204-1:2005 and IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 applies.

18.7.2 Voltage test

For LV installations or equipment, the test of 18.4 of IEC 60204-1:2005 applies.

18.7.3 Dielectric test

Clause 13 of IEC 60335-1:2010 and IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 applies.

18.7.4 Accessibility of live parts

Inaccessibility of any **live parts** shall be checked by tests defined according to IEC 60529.

18.8 Numerical modelling

18.8.1 General

The accuracy of any calculation shall at least be comparable to the achievable accuracy of measurements. This defines the needed accuracy of the implemented geometrical setup and minimum grid resolution or number of cells, surface elements, time resolution, bands or rays used as well as the used physical or thermochemical data.

The use of calculated data instead of measurements shall be stated in the technical documentation. The documentation of the calculation shall include

- a) the geometrical setup used;
- b) all relevant modelling data and a description of the models used;
- c) the software and version used;
- d) set parameters of the software that influence the result;
- e) the method used for verification of the accuracy of the used models and the calculation itself;
- f) all results used for classification.

It shall be possible, from the data stored, to implement the models again and to make the calculation again on another system or with another software.

Relevant data of the measurements shall be kept at the **manufacturer** of the **equipment**. It shall be kept either over the expected lifetime of the **equipment** or over a time defined by national regulations.

18.8.2 Numerical assessment of electric or magnetic fields

For complex geometries or applications where the assumptions for calculating the reference level are not sound a numerical assessment of the interaction between the processing equipment and exposed persons regarding electric or magnetic fields and induced electric fields in bodyparts may be used to assess the induced currents in bodyparts if the calculation reaches a sufficient accuracy.

The use of computational electrodynamics for assessing external fields, internal electric field, specific absorption rate (SAR) or contact current is a numerical experiment and accuracy depends inter alia on

- the model of the source, of the installation and of the human body,

- the calculation method used,
- the spatial and temporal resolution.

The documentation of the calculation shall in addition to the list of 18.8.1 include

- a) the geometry of conductors and all bodies relevant to the calculation;
- b) the grid and resolution.

18.8.3 Numerical assessment of optical radiation

The assessment of exposure and subsequent classification can be based on ray tracing calculation of irradiance and radiance at all positions relevant instead of measurements, if a comparable accuracy is reached by the calculation.

As ray tracing is a numerical experiment, the demands on position and orientation of virtual detectors are the same as for physical detectors during measurements.

The calculation of radiance or irradiance, depending on the defined spatial angles or angular subtenses shall follow the same procedure as for measurements defined in 18.6.5 or 18.6.6.

The documentation of the calculation shall in addition to the list of 18.8.1 include

- a) all relevant modelling data and a description of the models used for involved surfaces, their scattering behaviour, diffuse or specular reflection;
- b) set parameters of the software that influence the result, like splitting of rays, maximum number of split rays followed, minimum amount of energy in a single ray, randomisation method;
- c) number of rays used, energy lost due to numerical effects.

19 Information for use

19.1 General requirements

19.1.1 The **manufacturer** shall provide information for use of the equipment consisting of communication links such as texts, words, signs, signals, symbols or diagrams, used separately or in combination to convey information to the **user**.

Information about the intended use of the equipment shall be provided, taking into account its operating modes, measures required to ensure intended and correct use of the equipment, in particular information on residual risks.

The information shall include:

- a) details of the required training;
- b) personal protective equipment requirements;
- c) additional details of the **guards** or **protective devices**.

19.1.2 The information for use shall cover separately or in combination transport, assembly and installation, commissioning, use (setting, teaching/programming or process changeover, operation, cleaning, fault finding and maintenance) of the equipment, and if applicable de-commissioning, dismantling and disposal.

19.2 Location and nature of the information for use

The **manufacturer** shall decide whether the information or parts of it are given

- a) in or on the installation itself;

- b) in accompanying documents;
- c) on the packaging;
- d) by other means such as signals and warnings outside the equipment.

The decision shall be based on the risk, the time when the information is needed and the design of the installation.

19.3 Signalling and warning devices

Visual signals (e.g. flashing lights) or acoustic signals (e.g. sirens) shall be used to warn **operators** or **ordinary persons** of an impending hazardous event – e.g. start-up of the equipment or over-temperature. The following requirements shall be met:

- a) signals shall be emitted before the occurrence of the hazardous event,
- b) signals shall be unambiguous and shall be clearly recognized by **operators**,
- c) signals shall be clearly perceived and differentiated from all other signals used.

If warning devices are used, they shall be designed and located such that checking for proper operation is easy. The information for use shall determine procedures for verifying proper operation of warning devices.

The **manufacturer** shall consider the risk of "sensorial saturation" when designing the warning devices. This risk results from too many visual or acoustic signals which can lead to ignoring or defeating the warning devices by **operators**.

19.4 Markings, pictograms, written warnings

19.4.1 The installation and its equipment shall be marked on nameplate(s) at least with the following data in a visible and legible manner:

- a) serial number, if any, or name of the equipment;
- b) name and address of the **manufacturer**;
- c) year of construction;
- d) year of modification, if applicable;
- e) number of phases and rated input voltage; when the equipment is intended to be used at different rated supply voltages, the association of the particular voltage and corresponding supply terminals as well as the type of connection shall be indicated on the nameplate;
- f) type and value of rated input current;
- g) rated input power; in case of installations for several voltage ranges, the maximum values for the power input pertaining to the voltage ranges shall be stated;
- h) input frequency and rated process frequency or range, where appropriate, shall be stated;
- i) class and group of the equipment according to CISPR 11.

19.4.2 The equipment shall be marked with all information that is necessary for its safe use, for example

- the maximum **workload** or output to be processed;
- the maximum operation temperature;
- the atmosphere to be used (e.g. non-flammable, explosive, toxic), if specific;
- the necessity to wear personal protective equipment;
- **guard** or **barrier** adjustment data.

19.4.3 Appropriate warnings shall be displayed, in particular against hazards which cannot be immediately perceived, such as HV, ionizing radiation, non-ionizing radiation or **electromagnetic fields**.

19.4.4 IEC 60204-1:2005, 16.2 shall be used for the marking of electrical features.

Control and signalling devices shall be identified by letters, words or symbols.

Identification of conductors shall be in accordance with 13.2 of IEC 60204-1:2005.

The electrical components and their references to the circuit diagram in the documentation shall be durably marked. The designation shall comply with the indications on the circuit diagram.

19.4.5 The installation shall bear all markings which are necessary to indicate its compliance with relevant requirements.

19.4.6 Information printed directly on the equipment shall be permanent and remain legible throughout the expected life of the equipment.

Markings shall be durable, legible and clearly visible. Markings shall be in the language of the country, in which the equipment is to be installed, unless agreed differently. Written warnings shall be drawn up in the language(s) of the country in which the equipment will be used for the first time and, on request, in the language(s) understood by **operators**.

Markings, symbols, signs and written warnings shall be readily understandable and unambiguous, especially as regards the part of the function(s) of the equipment to which they are related. Readily understandable pictograms should be used in preference to written warnings.

Graphical symbols shall conform to IEC 60417 or ISO 7000, if applicable. Signs, labels or signboards shall be designed according to ISO 3864-1. Annex F provides examples of relevant symbols and safety signs.

19.5 Instruction handbook(s) / installation, commissioning, operation, maintenance, and decommissioning manual(s)

19.5.1 The instruction handbook and technical documentation shall be provided in paper form; it may be accompanied by electronic data.

19.5.2 The instruction handbook or other written instructions shall conform with IEC 82079-1 and shall contain at least the following information relating to transport, handling and storage of the installation or equipment, including but not limited to:

- a) storage conditions for the equipment or parts of it;
- b) dimensions, mass value(s), position of the centre(s) of gravity;
- c) indications for handling – for example, drawings indicating application points for lifting equipment.

19.5.3 The instruction handbook or other written instructions shall contain at least the following information relating to installing and commissioning of the equipment, including but not limited to:

- a) fixing/anchoring and vibration dampening requirements, or foundations if necessary;
- b) mandatory earth terminals in the vicinity of parts of the installation where it is necessary for maintenance and inspection that conductors and bare conductive parts are earthed after switching off the supply;
- c) if the equipment is not sent assembled, specific instructions on unpacking of the equipment, checklist of parts, plan of the configuration, plan for installation of all parts and a connection schedule of parts (IEC 61082-1);

- d) instructions for connecting the installation or equipment to water, hydraulic liquids, pressurized air, including permissible pressures;
- e) instructions for connecting the installation or equipment to the power supply, especially tolerable voltage and frequency fluctuations, and including protection against electrical overloading;
- f) test plan including all tests performed prior to connecting or operating the equipment;
- g) assembly and mounting conditions;
- h) space needed for use and maintenance of the equipment;
- i) permissible conditions of the environment – for example temperature, moisture, vibration, **electromagnetic radiation**, intended atmosphere and atmospheric pressure;
- j) recommendation about process waste removal or disposal, if applicable;
- k) recommendation for the implementation of protective measures, safety distances, safety signs and signals by the **user**.

19.5.4 The instruction handbook or other written instructions shall contain information relating to the installation or equipment itself, such as

- a) detailed description of the equipment, its fittings, **guards** and other **protective devices**;
- b) the comprehensive range of applications for which the equipment is intended, including prohibited usages;
- c) diagrams, especially schematic representation of safety functions in conformity with Clause 17 of IEC 60204-1:2005;
- d) data on noise and vibration generated by the equipment, data on radiation, gases, vapours and dust emitted by it. If applicable including reference to the measurement methods used;
- e) technical documentation of the **electrical equipment** in conformity with Clause 17 of IEC 60204-1:2005;
- f) documents attesting that the installation or equipment complies with mandatory requirements;
- g) explicit warning, if the emitted radiation can cause a hazard;
- h) explicit warning if making the equipment live for the purpose of measurement and inspection causes excessive stress to electrical **insulation**, if applicable instructions for such tests and the maximum voltage to be applied.

19.5.5 The instruction handbook or other written instructions shall contain information relating to the use of the installation or equipment, such as that related to or describing

- a) intended use;
- b) manual controls (actuators);
- c) setting, adjustment and the list of setting values and adjusting values of the equipment at the completion of the commissioning test;
- d) modes and means for start-up, operation and stopping (for example emergency stop);
- e) residual risks;
- f) particular risks which can be generated by certain applications, by the use of certain fittings, and about specific safeguards necessary for such applications;
- g) reasonably foreseeable misuse and prohibited applications;
- h) procedure for fault identification, location and for repair;
- i) safe procedure(s) for restarting after an intervention or after a fault;
- j) personal protective equipment to be used;
- k) required training.

19.5.6 The instruction handbook or other written instructions shall contain information for maintenance, such as

- a) the nature and frequency of inspections for safety functions;
- b) specification of the spare parts to be used, when these can affect the health and safety of the **operator**;
- c) instructions relating to maintenance operations which require a definite technical knowledge or particular skills and hence need to be carried out exclusively by a **skilled person**;
- d) instructions relating to maintenance actions, like replacement of parts, which do not require specific skills and hence can be carried out by the **operator**;
- e) drawings and diagrams enabling the **operators** to carry out their tasks, especially during maintenance or fault finding;
- f) maintenance items which can only be conducted by the equipment **manufacturer** or its designated representative;
- g) instructions, drawings and diagrams related to maintenance;
- h) necessary consumables, such as cleaning and disinfection agents or lubricants;
- i) type and specific characteristics of fuses.

19.5.7 The instruction handbook or other written instructions shall contain information for maintenance of **electrical equipment** of the installation, such as

- a) necessary testing of the resistance of earth circuits during maintenance;
- b) mandatory testing of **equipotential bonding** and **insulation** resistance values of the conductors to earth and to each other during maintenance;
- c) the procedure of discharging capacitors and checking the absence of voltage on capacitors, if applicable;
- d) instructions on escape routes during maintenance;
- e) procedures for maintenance work with equipment live – the voltage shall not exceed the LV limits;
- f) preparation of the equipment for maintenance through switch off, connection to earth and short-circuiting;
- g) instructions for maintenance in potentially flammable environments – no live circuit or the replacement of a lamp or fuse is usually tolerable under such conditions, or procedure for removing flammable atmospheres from the equipment;
- h) instructions for maintenance in areas liable to contain toxic gases, or procedures for removing the toxic gases prior to work.

19.5.8 The instruction handbook or other written instructions shall contain information for de-commissioning, dismantling or disposal.

19.5.9 The instruction handbook or other written instructions shall contain information for emergency situations, such as

- a) the operating procedure to be followed in the event of an accident or breakdown;
- b) the type of fire-fighting equipment to be used;
- c) warning of possible emission or leakage of hazardous substance(s) and, if possible, an indication of means for fighting their effects;
- d) instructions on the application of first aid to the victims of accidents of electrical origin.

19.5.10 If the instruction handbook or other written instructions contain maintenance instructions provided for **skilled persons** and maintenance instructions provided for **instructed persons**, they shall appear clearly separated from each other.

19.5.11 The instruction handbook or other written instructions shall contain relevant information regarding EMC.

19.5.12 The instruction handbook or other written instructions shall contain relevant information concerning hazards to specific groups of persons – for example pregnant women or people wearing a pacemaker.

Annex A (informative)

List of significant hazards

Table A.1 lists hazards that are significant for at least some types of installations covered by this standard. This list is intended for the use in risk assessment. Particular attention should be paid to the fact that this list

- lists mainly those hazards dealt with in this standard,
- does not list many hazards beyond the scope of this standard, as they are listed in Annex B of ISO 12100:2010, ISO 13577-1 or in other documents,
- is not exhaustive for specific installations or equipment for risk assessment purposes.

Table A.1 gives examples of hazardous situations or events that can occur.

Table A.1 – List of hazards dealt with in this standard

Hazard			Clause/subclause of this standard or reference
Origin	Hazardous situation/event	Potential consequence	
1 Mechanical			ISO 13577-1, ISO 12100
high pressure gases and liquids	bursting of vessel, ejection of (hot) gases, falling or ejection of objects, ejection of (hot) liquids	suffocation, impact, explosion, being thrown, crushing, slipping or tripping,	12.3
movable parts	getting caught by part, getting crunched between parts	shear, crunching,	15
vacuum	implosion of vessel, bursting of window	impact, injection or ejection	12.3
2 Electrical			
short-circuit arc		electric shock, burn, shock, electrocution, falling or being thrown	7 and 8
live parts parts which have become live under fault conditions		fire, chemical reaction, explosion, projection of molten particles	7, 10, 11
insufficient distance to live parts under HV – people/equipment	entering the HV hazard zone	electrical shock, fire, explosion	7, 10, 11
leakage current caused by hot insulation or through water or contamination	static electricity builds up on surface and ignites material	electric shock	7, 10, 12
prospective circuit breaker not fast enough		shock, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	7, 14

Hazard			Clause/subclause of this standard or reference
Origin	Hazardous situation/event	Potential consequence	
prospective short circuit current		fire, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	7, 10, 11
inrush current cause relays to weld and stick in 'on'		any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	7, 14
discharge into electric control or measuring equipment		any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	7, 14
onboard electrical source frequency variation		destruction of power source	6, 7, 14
overload	workload contacts heating means, foam formation	eruption or ejection of workload	10
undervoltage		any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	6.5
overvoltage	overheating of electric connections, melting of insulation	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	6.5
magnetic field		projection or ejection of workload or other metallic parts, effects on medical implants, body heating, neural stimulus, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	8
electromagnetic force		ejection of workload or projection of metallic parts, effects on medical implants, body heating, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	8
electric field		ejection of workload or projection of metallic parts, effects on medical implants, body heating, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	8
arc or plasma generating ozone		breathing harm, destruction of insulations	8
arc or plasma generating UV light		destruction of insulations	9
electrostatic phenomena causing arcs		electric shock, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	7, 8

Hazard			Clause/subclause of this standard or reference
Origin	Hazardous situation/event	Potential consequence	
3 Thermal			
hot environment	prolonged stay near processing equipment	burn, dehydration, discomfort, dizziness, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	9, 10, 11
flame			ISO 13577-2
explosion of gas, dust, aerosols	falling or ejection of objects, ejection of (hot) gases	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	11, IEC 60079 series
projection or sudden eruption of material	falling or ejection of objects ejection of (hot) gases, ejection of (hot) liquids, thermal energy stored in workload projects hazard	burn, scald, impact, being thrown, crushing, slipping or tripping, explosion, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	8, 10, 11, 15
failure of liquid cooling enclosure in contact with liquid workload		burn, scald, impact, being thrown, crushing, slipping or tripping, explosion, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	12, ISO 13577-1
objects or materials with a high temperature	non-sufficient thermal strength of parts of the installation leads to break-up during operation	burn, ignition, explosion, radiation	10
hot liquids, hot liquid flowing out of a vessel, hot liquid flowing into water	falling or ejection of objects, ejection of hot liquids, liquid metal causes sudden steam eruption	burn, scald, poisoning, slipping or tripping, explosion, ejection, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	11, 15
superheated hot liquids		burn, scald, poisoning, impact, being thrown, crushing, slipping or tripping, explosion, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	10,12
hot high pressure gases		scald, burn	10, 12
hot high pressure liquids		scald, burn	10, 12
radiation from heat sources		see infrared radiation	9
4 Noise			17.2 ISO 12100
5 Vibration			ISO 13577-1 ISO 12100

Hazard			Clause/subclause of this standard or reference
Origin	Hazardous situation/event	Potential consequence	
6 Electromagnetic fields below 300 GHz			
electric field		burn, dizziness, body heating.	8
magnetic field	Magnetic field interacts with installation and leads to break-up	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	8
7 Radiation – electromagnetic fields above 300 GHz			
ionising radiation		effects on reproductive capability, mutation, cancer, burn, severe illness or death, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure	9.2
ultraviolet radiation		damage to eyes and skin, mutation, cancer of skin	9.3
visible radiation		damage to eyes and skin, burn	9.4
infrared radiation		burn, damage to eyes, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of equipment failure or overheating	9.4
ignition of flammable substance by radiation		burn, explosion, noxious gases	9, 10, 11 IEC 60079 series
laser radiation		damage to eyes and tissue	9.5
8 Material or substance related			
aerosol, combustible, dust, explosive, fibre, flammable, fluid, fume, gas, mist, oxidizer		breathing difficulties, suffocation, cancer, corrosion, explosion, fire	ISO 12100, ISO 13577-1
9 Ergonomic			
access	moving into hazard zone	any as a consequence of a human being in the wrong place	6.7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15
design or location of indicators and visual display units		any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	19.3
design, location or identification of control devices		any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	14, 19

Hazard			Clause/subclause of this standard or reference
Origin	Hazardous situation/event	Potential consequence	
flicker, dazzling, shadow, stroboscopic effect by the installation		discomfort, fatigue, stress, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	13.8, 14
lighting in installation	tripping due to dim lighting not perceiving warning due to glare	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	13.8
work process design	excessive effort, human errors, human misbehaviour (unintentional or deliberately induced by the design), Loss of direct visibility of the working area, Painful and tiring postures, Repetitive handling at high frequency	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	14, 15
10 Associated with the environment in which the installation is used			
General			ISO 12100
electromagnetic disturbance	malfunction of the controls	any other as a consequence of the effect caused by the sources of the hazards on the equipment or parts of the equipment	Annex E
insufficient lighting	tripping due to dim lighting, not perceiving warning due to glare	any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	13.8, 19.2, 19.3, 19.5
flicker, dazzling, shadow, stroboscopic effect by other installations		discomfort, fatigue, stress, any other (for example, mechanical, electrical) as a consequence of a human error	19
11 Combination of hazards			
repetitive activity + effort + high environmental temperature		dehydration, loss of awareness, heat stroke	

Annex B (informative)

Electric and magnetic fields, touch currents – limits of exposure hazards

B.1 Overview and motivation

B.1.1 General

This Annex B informs about limits for exposure to electric and magnetic fields as well as for touch currents and voltages. Meeting exposure limits is not to be confused with adequate risk reduction. The limits can be used if no applicable national regulations exist.

B.1.2 Basic concepts

Exposure limits are based on the physical quantity or quantities directly related to the established health effects and are termed basic restrictions, their values are for example defined in ICNIRP:2010 or in IEEE C95.1.

The induced electric field strength in exposed body parts is the physical quantity used by those sources and adhered to in this Annex B in the frequency range between 1 Hz and 100 kHz. It is this field that affects nerve cells and other electrically sensitive cells and causes an immediate reaction.

Reference levels are measurable values that are derived from the basic restrictions. Their calculation is usually based on very general worst case scenarios and includes generous safety margins. The implicit safety margin differs quite markedly between ICNIRP:1999, ICNIRP:2010 and IEEE C95.1. They can exaggerate the hazard by orders of magnitude. Meeting a reference level during verification shows that a position is safe; exceeding a reference level does not necessarily indicate that the same position is unsafe.

Values for the general public are kept in this Annex B as these are needed for the classification with respect to 4.4.

B.1.3 Hazard sources and hazard effects

This Annex B is concerned with hazards caused by

- a) static magnetic fields and magnetic fields with a frequency below 1 Hz;
- b) live conductors and charges on non-conducting surfaces causing touch currents including arcing;
- c) electric or magnetic nearfields causing electric fields in body parts.

The basic physical quantity used for specifying electric, magnetic and current limiting values on electric shock effects is the internal tissue electric field strength in all cases where local bodypart heating is not the determining hazard, otherwise it is the localised specific absorption rate (SAR).

Painful local heating or burn caused by touch currents are considered as electric shock effects. Such heating effects can also be internal and caused by the product of the electric field and the current it causes in the tissue. There are no limiting values specified by international organisations or local authorities based on a quantification of the various factors to be considered. Thus skin heating effects are not included in this Annex B.

External wave propagation phenomena complicate the exposure scenario above some MHz as involved fields are no longer only nearfields. Effects that limit the energy penetration into the body occur above some MHz frequencies. A value of 6 MHz is set as the upper limit considered in this standard. Higher frequencies are dealt with in the applicable Particular Requirements.

All fields dealt with in this Annex B are quasistatic and non-propagating.

B.1.4 Frequency dependence

The assessment of hazards becomes more complicated for frequencies higher than 200 Hz due to

- a) electric and propagating fields becoming significant to the human body with increasing frequency, as the induced electric field strength increases with the frequency;
- b) any coupling between external magnetic fields and a bodypart causing an induced electric field, depends on the geometry and location of the bodypart in relation to the direction, curvature and strength;
- c) strength of displacement currents, e.g. caused by touching an insulated conductor, increases with the frequency;
- d) circuits do not remain as reliable as at low frequencies, due to skin and proximity effects;
- e) conventional **electric shock** phenomena of nerve and muscle reflex reactions diminish with increasing frequency, skin burns and internal bodypart heating become significant instead.

Exposure to strong magnetic fields induces local electric fields in human bodyparts, and by that also currents and local heating of bodyparts. The electric field causes electric shock type effects which, however, diminish in the frequency range between 100 kHz and 6 MHz.

B.2 Static magnetic fields

Table B.1 provides the exposure limits to static magnetic fields according to

- a) ICNIRP:2009 where static is defined as having a frequency of less than 1 Hz; the spatial peak limits are for people without medical implants made from ferromagnetic materials or including electronic equipment;
- b) IEEE C95.6:2002 where static is defined as having a frequency of less than 0,153 Hz; these levels are derived from restrictions on induced internal electrical fields.

Table B.1 – ICNIRP and IEEE limits of exposure to static magnetic fields

Exposure characteristics	Magnetic flux density, spatial peak exposure and rms					
	general public		occupational		exceptional occupational	
	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP ^a	IEEE
Exposure of head and of trunk	0,4 T	0,118 T	2 T	0,353 T	8 T	n.a.
Exposure of limbs	0,4 T	0,353 T	8 T	0,353 T	8 T	n.a.
^a For specific work applications, exposure up to 8 T can be justified, if the environment is controlled and appropriate work practices are implemented to control movement-induced effects.						

Limits to safeguard personnel against the hazard of objects being accelerated in an inhomogeneous field are lower than the safety limits for the exposure of people, the variation of the magnetic field strength is usually limited to 0,3 T m⁻¹ for any direction. For persons having medical electronic implants or devices in or on the body, the corresponding maximum value is usually 0,5 mT unless these devices are certified to withstand and operate reliably at higher values.

B.3 Time varying magnetic, electric and electromagnetic fields

B.3.1 Basic restrictions between 1 Hz and 100 kHz

Table B.2 summarises the ICNIRP basic restrictions on induced time-varying electric fields in body tissues over the frequency range from 1 Hz to 10 MHz; Table B.3 summarises the basic restrictions on induced time-varying electric fields in body tissues over the frequency range from 0,153 Hz to 3 GHz according to IEEE C95.1:2005 and IEEE C95.6:2002. From these values other limits and reference levels are derived.

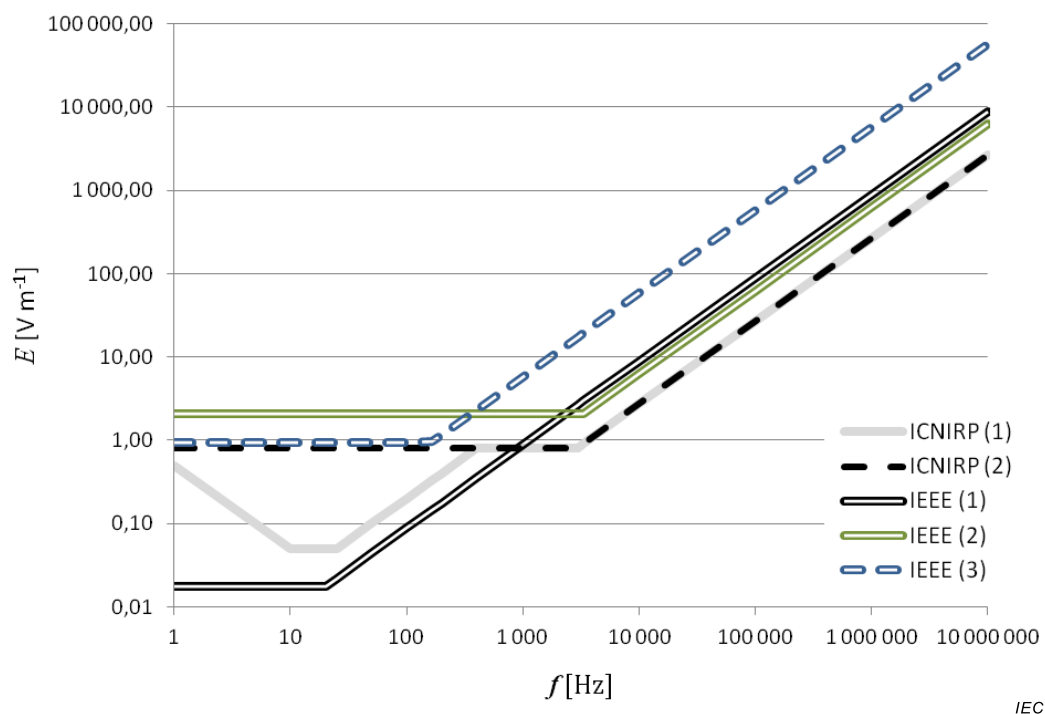
Table B.2 – ICNIRP basic restrictions for internal electric fields in human tissue in the frequency range between 1 Hz and 10 MHz

Exposure characteristic	Frequency range	Internal electric field in V m^{-1}	
		general public	occupational
Central nervous system (CNS) tissue of the head	1 – 10 Hz	$0,1 \times f^{-1}$	$0,5 \times f^{-1}$
	10 Hz – 25 Hz	0,01	0,05
	25 Hz – 400 Hz	$0,4 \cdot 10^{-3} \times f$	$2 \cdot 10^{-3} \times f$
	400 Hz – 3 kHz	0,4	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{-4} \times f$	$2,7 \cdot 10^{-4} \times f$
All tissues of head and body	1 Hz – 3 kHz	0,4	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{-4} \times f$	$2,7 \cdot 10^{-4} \times f$
NOTE f is the frequency in Hz; all values are rms.			

Table B.3 – IEEE basic restrictions for internal electric fields in human tissue in the frequency range between 0,153 Hz and 3 GHz

Exposure characteristic	Frequency range	Internal electric field in V m^{-1}	
		general public	occupational
Brain	< 20 Hz	0,005 89	0,017 7
	20 Hz – 3 GHz	$2,95 \cdot 10^{-4} \times f$	$8,85 \cdot 10^{-4} \times f$
Heart	< 167 Hz	0,943	0,943
	167 Hz – 3 GHz	$5,76 \cdot 10^{-3} \times f$	$5,76 \cdot 10^{-3} \times f$
Hands, wrists, feet and ankles	< 3 350 Hz	2,1	2,1
	3 350 Hz – 3 GHz	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$
other tissue	< 3 350 Hz	0,701	2,1
	3 350 Hz – 3 GHz	$2,09 \cdot 10^{-4} \times f$	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$
NOTE f is the frequency in Hz; all values are rms.			

The data is illustrated in Figure B.1.

**Key**

(1) = central nervous system or brain tissue

(2) = all other tissue

(3) = heart tissue

 f = frequency E = induced internal electric field**Figure B.1 – Illustration of the basic restrictions from Tables B.3 and B.4****B.3.2 Basic restrictions between 100 kHz and 300 MHz**

Table B.4 summarises the basic restrictions on SAR values and power flux densities due to exposure to time-varying electric, magnetic or **electromagnetic fields** in the frequency range between 100 kHz and 300 MHz according to ICNIRP:2010 and IEEE C95.1:2002.

Table B.4 – Specific absorption rate (SAR) and power flux density basic restrictions between 100 kHz and 300 MHz

	Frequency range	Whole-body average SAR ^a in W·kg ⁻²		Localized SAR ^b (head and trunk) in W·kg ⁻²		Localized SAR (limbs) in W·kg ⁻²		Power flux density in W·m ⁻²	
		ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	20 cm ² average	1 cm ² average
								ICNIRP	ICNIRP
general public	100 kHz – 3 GHz	0,08	0,08	2	2	4	4	10	200
	3 GHz – 10 GHz		n.a.		n.a.		n.a.		
	10 GHz – 300 GHz	n.a.							
occu- pational	100 kHz – 3 GHz	0,4	0,4	10	10	20	20	50	1 000
	3 GHz – 10 GHz		n.a		n.a.		n.a.		
	10 GHz – 300 GHz	n.a.							
^a All SAR values are to be averaged over any 6-min period.									
^b Localized SAR averaging mass is any 10 g of continuous tissue; the maximum SAR so obtained should be the value used for the estimation of exposure.									

B.3.3 Heated worn objects

Some objects worn in an electric or magnetic field can cause a risk; this includes ring shaped objects like necklaces, bracelets, rings as well as magnetisable objects or objects made from material of comparably poor conductivity, like carbon or silicon. No clear limits can be given.

B.4 Touch currents

Table B.5 summarises the ICNIRP:2010 reference levels for exposure to touch currents; one can instead derive sufficient safe levels from the basic restrictions for specific cases.

Table B.5 – ICNIRP reference levels for time-varying touch currents

Frequency range	Maximum contact current (mA)	
	general public	occupational
1 Hz – 2,5 kHz	0,5	1,0
2,5 kHz – 100 kHz	0,2 <i>f</i>	0,4 <i>f</i>
100 kHz – 10 MHz	20	40
NOTE <i>f</i> is the frequency in kHz.		

B.5 Touch voltages

B.5.1 Extra-low voltage (ELV) below 100 Hz

The following values define ELV circuits which can be touched without restrictions:

- A **touch voltage** of up to 120 V is accepted at 0 Hz.
- A **touch voltage** of up to 50 V rms value is accepted between 10 Hz and 100 Hz.
- For a composite of 0 Hz and alternating components up to 100 Hz, a peak value not exceeding 120 V and rms ripple not exceeding 12 V are accepted.

B.5.2 Extra-low voltage (ELV) above 100 Hz

Limits for **touch voltages** for higher frequencies would be determined from the touch current, for the actual configuration of the accessible live conductor and the touching part of the body.

IEC TR 60479-5 and IEC TS 61201 provide information on limitations at mains frequency. Limits at other frequencies are under consideration.

IEEE C95.1:2005 suggests 140 V as the upper limit to prevent arc formation between equipment and an exposed person in the frequency range 100 kHz to 100 MHz.

B.6 Classification of exposure

B.6.1 General

Following the approach of 4.4, the following risk groups are defined. A risk group describes the risk of exposure to a hazard for a specific spatial position or hazard zone. The classification applies for **normal operation** and single-fault condition.

B.6.2 Exempt group

Any equipment that does not pose any hazard caused by electric, magnetic or **electromagnetic field** is classified in the exempt group. This requirement is met by any **EH** or **EPM equipment** that does

- not pose a hazard to an **ordinary person**;
- not cause a static magnetic field exceeding the limit for the general public as defined in Table B.1,
- not cause an internal electrical field exceeding the limit for the general public as defined in Table B.2,
- not cause SAR exceeding the limit for the general public as defined in Table B.4;
- not cause a touch current exceeding the reference level defined for the general public as defined in ICNIRP.

This complies with equipment that either has been assessed using methods defined in Clause 18 or that does not cause an electric field strength, magnetic field strength, magnetic flux density or equivalent plane wave power density exceeding the reference level as defined in ICNIRP:2010, IEEE C95.1:2002 or IEEE C95.6:2005 for general public.

B.6.3 Risk group 1 (low risk)

Any equipment that does not pose a hazard for occupational exposure is classified in the low risk group. This requirement is met by any equipment that exceeds the limits for the exempt group but that does

- not pose a hazard for **operators**,
- not cause a static magnetic field exceeding the occupational limit as defined in Table B.1,
- not cause an internal electrical field exceeding the occupational limit as defined in Table B.2,
- not cause a SAR exceeding the occupational limits as defined in Table B.3,
- not cause a touch current exceeding the reference level defined for occupational use as defined in Table B.4.

This complies with equipment that either has been assessed using methods defined in Clause 18 or that does not cause an electric field strength, magnetic field strength, magnetic flux density or equivalent plane wave power density exceeding the reference level as defined in ICNIRP:2010, IEEE C95.1:2002 or IEEE C95.6:2005 for occupational exposure.

B.6.4 Risk group 2 (moderate risk)

Any equipment, that does not pose a hazard for short exposure duration is classified in the moderate risk group. This requirement is met by any kind of equipment that exceeds the limits for risk group 1 (low risk), but that does not cause

- a static magnetic field exceeding the occupational limit as defined in Table B.1 for specific work applications where the environment is controlled and appropriate work practices are implemented to control movement-induced effects;
- a touch current exceeding the level causing harm over a short time.

B.6.5 Risk group 3 (high risk)

Any equipment that can pose a hazard even for momentary or brief exposure, or which exceeds the limits for risk group 2 (moderate risk), is classified in risk group 3 (high risk).

Annex C (informative)

Optical radiation – limits of exposure hazards

C.1 Non-coherent radiation limits

This Annex C informs about limits for exposure to non-ionising radiation. Meeting exposure limits is not to be confused with adequate risk reduction. The limits can be used if no applicable national regulations exist. Non-ionising radiation includes hazards from ultraviolet, from visible and from infrared radiation. The limits provided in Table C.1 and

Table C.2 comply with IEC 62471.

Table C.1 – Exposure limits in the ultraviolet, visible and infrared, irradiance based values

Hazard	Formula ^a	Wavelength range	Exposure duration	Limiting aperture	Exposure limit in terms of constant irradiance ^b
Actinic UV skin and eye	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm – 400 nm	< 30 000 s	1,4 rad / 80°	30/t W·m ⁻²
Eye UV-A	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm – 400 nm	< 30 000 s	1,4 rad / 80°	30/t W·m ⁻²
Eye infrared	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm	≤ 1 000 s	1,4 rad / 80°	18 000/t ^{0,75} W·m ⁻²
Eye infrared	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm	> 1 000 s	1,4 rad / 80°	100 W·m ⁻²
Skin thermal	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 3 000 nm	< 10 s	2π rad	20 000/t ^{0,75} J·m ⁻²
NOTE The exposure limit for the skin thermal hazard is a dose and not a power, thus it is stated in Joules (J) per area.					
^a E is the spectral irradiance; λ is the wavelength; ^b t is the exposure time.					

Table C.2 – Exposure limits in the infrared, radiance based values

Hazard	Formula ^a	Wavelength range	Exposure duration	Limiting aperture	Exposure limit in terms of constant irradiance
Blue light	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 nm – 700 nm	0,25 s – 10 s		
Retinal thermal	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	< 0,25 s	0,0017 rad	50 000/(α t ^{0,25}) W·m ⁻²
Retinal thermal	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	0,25 s – 10 s	0,011 √(t/10) rad	50 000/(α t ^{0,25}) W·m ⁻²
Retinal thermal, weak ^b vis. stim.	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 1 400 nm	> 10 s	0,011 rad	6 000/α W·m ⁻²
NOTE The functions $B(\lambda)$ and $R(\lambda)$ are defined in IEC 62471:2006.					
^a L is the spectral irradiance; ^b where a weak visual stimulus is inadequate to activate the aversion response.					

In the case of danger of burn caused by infrared radiation, the limit is defined as a dose, not by a specific irradiation. **Operators** can be exposed to a safe dose repeatedly, as the doses do not accumulate – in contrast to e.g. exposure to UV radiation.

For infrared radiation exceeding 3 000 nm, no limits are usually set, ICNIRP:2006 provides the necessary information.

C.2 Radiation from laser sources and LEDs

Coherent non-ionising radiation is emitted from sources like lasers and LEDs. Table C.3 summarises the classification of equipment according to IEC 60825-1 and connects it with the classification conform to IEC 62471 and used in Clause 0.

Table C.3 – Risk group classification of equipment by emission of optical radiation

Class	Laser radiation Highest class IEC 60825-1	Non-coherent optical radiation Highest risk group
0	1, 1M	Exempt group – see C.3.2 Risk group 1 (low risk) – see C.3.3
1	2, 2M	Risk group 2 (moderate risk) – see C.3.4
2	3R, 3B, 4	Risk group 3 (high risk) – see C.3.5

C.3 Non-coherent optical radiation – risk groups

C.3.1 General

The classification as illustrated in Table C.3 depends for each single location on the highest single risk, summarised over all positions and all emission bands. A detailed description of risk groups for optical radiation is given in IEC 62471.

Risk groups simplify the task of assessment of exposure. They mirror specific aspects of behaviour or tasks of **operators**. They are derived from the exposure limits as given in Table C.1 and

Table C.2.

As radiation hazards are depending on the radiation itself, not on the cause or source, it is advisable to include all radiation from all sources of the installation into this classification.

C.3.2 Exempt group

Any equipment that does not pose any photobiological hazard is classified in the exempt group. This requirement is met by any **EH** or **EPM equipment** that

- does not pose an actinic ultraviolet hazard within 8 h of exposure;
- does not pose a near-UV hazard within 1 000 s;
- does not pose a retinal blue-light hazard within 10 000 s;
- does not pose a retinal thermal hazard within 10 s;
- does not pose an infrared radiation hazard for the eye within 1 000 s;

- emits infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e. less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard within 1 000 s.

C.3.3 Risk group 1 (low risk)

Any equipment that does not pose a hazard due to normal behavioural limitations on exposure is classified in the low risk group. This requirement is met by any equipment that exceeds the limits for the exempt group but

- does not pose an actinic ultraviolet hazard within 10 000 s;
- does not pose a near ultraviolet hazard within 300 s;
- does not pose a retinal blue-light hazard within 100 s;
- does not pose a retinal thermal hazard within 10 s;
- does not pose an infrared radiation hazard for the eye within 100 s;
- emits infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e. less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard, within 100 s.

C.3.4 Risk group 2 (moderate risk)

Any equipment, that does not pose a hazard due to the aversion response to very bright light sources or due to thermal discomfort is classified in the moderate risk group. This requirement is met by any kind of equipment that exceeds the limits for risk group 1 (low risk), but that

- does not pose an actinic ultraviolet hazard within 1 000 s exposure;
- does not pose a near ultraviolet hazard within 100 s;
- does not pose a retinal blue-light hazard within 0,25 s (aversion response);
- does not pose a retinal thermal hazard within 0,25 s (aversion response);
- does not pose an infrared radiation hazard for the eye within 10 s;
- emits infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e. less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard within 10 s.

C.3.5 Risk group 3 (high risk)

Any equipment that can pose a hazard even for momentary or brief exposure, or which exceeds the limits for risk group 2 (moderate risk), is classified in risk group 3 (high risk).

C.3.6 Pulsed equipment

For the definition of risk groups for pulsed sources covered by this standard, 6.2 of IEC 62471:2006 applies.

Annex D (informative)

Limits for exposure hazards – noise and vibration

D.1 General

This Annex D informs about limits for exposure to noise and vibration. Meeting exposure limits is not to be confused with adequate risk reduction. The limits can be used if no applicable national regulations exist.

D.2 Sonic noise

The physical parameters used as risk predictors are defined as follows:

- a) peak sound pressure (p_{peak}): maximum value of the 'C'-frequency weighted instantaneous noise pressure;
- b) daily noise exposure level ($L_{\text{EX},8\text{ h}}$) (dB(A) re. 20 μPa): time-weighted average of the noise exposure levels for a nominal eight-hour working day as defined by ISO 1999:2013, 3.6. It covers all noises present at work, including impulsive noise;
- c) weekly noise exposure level ($L_{\text{EX},8\text{ h}}$): time-weighted average of the daily noise exposure levels for a nominal week of five eight-hour working days.

The exposure limit values and exposure action values in respect of the daily noise exposure levels and peak sound pressures should not exceed:

- exposure limit values: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 87\text{ dB(A)}$ and $p_{\text{peak}} = 200\text{ Pa}$ (140 dB (C) in relation to 20 μPa) respectively;
- upper exposure action values: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 85\text{ dB(A)}$ and $p_{\text{peak}} = 140\text{ Pa}$ (137 dB (C) in relation to 20 μPa) respectively;
- lower exposure action values: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 80\text{ dB(A)}$ and $p_{\text{peak}} = 112\text{ Pa}$ (135 dB (C) in relation to 20 μPa) respectively.

When applying the exposure limit values, the determination of the **operator's** effective exposure should take account of the attenuation provided by the individual hearing protectors worn by **operators**. The exposure action values should not take account of the effect of any such protectors.

NOTE These limits are derived from Directive 2003/10/EC.

D.3 Ultrasonic pressure

Limit for exposure to ultrasonic pressure is 110 dB above the reference pressure value of 20 μPa , for frequencies between 20 kHz and 100 kHz.

D.4 Infrasound

Currently, there are no national regulations or international standards defining permissible exposure limits to infrasound. However, proposed limits with respect to the safety and preservation of the auditory system were provided by von Gierke and Nixon in "*Effects of Intense Infrasound on Man*" (1976): for 8 h of exposure the limit ranges from 136 dB at a low frequency of 1 Hz to 123 dB at the upper end of the infrasonic range at 20 Hz. The limits can be approximately adjusted for shorter or longer duration exposures using a 3-dB exchange rate, i.e. if the duration is halved, the level can be increased by 3 dB.

D.5 Vibration

Limiting values standardised to an eight-hour reference period and for hand-arm vibration are, where the values and assessment method are defined in ISO 5349-1:

- a) the daily exposure limit value is 5 m/s^2 ;
- b) the daily exposure action value is $2,5 \text{ m/s}^2$.

Limit values for whole-body vibration are, where the values and assessment method are defined in ISO 2631-1:

- c) the daily exposure limit value is $1,15 \text{ m/s}^2$ or, a vibration dose value of $21 \text{ m/s}^{1,75}$;
- d) the daily exposure action value is $0,5 \text{ m/s}^2$ or a vibration dose value of $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

NOTE These limits are derived from Directive 2002/44/EC.

Annex E (normative)

Provisions concerning EMC

E.1 General

Even as EMC is not inside the scope of this standard per se, EMC can cause serious risks concerned with control or safety circuits.

The equipment shall be designed for functional safety with regard to EMC, in accordance with IEC 61326-3-1. The methodology in IEC TS 61000-1-2 can be used for guidance.

Flicker and harmonics shall be taken into account, especially shall the short-circuit capacity of the supply system be taken into account in the evaluation of flicker and of harmonics.

E.2 Requirements

The requirements on maximum voltage fluctuation and flicker for equipment with a rated input current

- less or equal to 16 A given in IEC 61000-3-3,
- for greater than 16 A in IEC TS 61000-3-5 and
- less than or equal to 75 A in IEC 61000-3-11

shall be applied.

Guidelines on limits of fluctuating loads in medium-voltage and high-voltage power systems are provided in IEC TR 61000-3-7. Specific provisions of the local utility may apply.

The fluctuation and flicker are also related to the short-circuit capacity of the supply system. That in turn also influences the level of the possible hazard.

Electromagnetic disturbances created by **EH** and **EPM installations** or **equipment** shall be within the limits given in CISPR 11, as far as it applies.

Effects of harmonic currents shall be taken into account. The characteristics of the supply system shall then be taken into account for the evaluation of the type and levels of harmonics.

Requirements on emission shall comply with IEC 61000-6-4.

Guidelines on limitations of distorting loads in medium-voltage and high-voltage power systems are provided in IEC TR 61000-3-6 and apply.

Immunity to **electromagnetic fields** shall be taken into account, if necessary. Requirements on immunity for industrial equipment given in IEC 61000-6-2 apply.

Annex F (normative)

Marking and warning

F.1 EMF hazard zones

All areas where exposure to hazardous electric or magnetic fields is expected shall be marked when they are class 1 or class 2 as defined in Annex B or national regulations indicate. This refers to risk group 2 (moderate risk) and risk group 3 (high risk). Examples of marking presented in Figure F.1 consist of graphical symbols registered in IEC 60417 (see Table F.4) and text labels, which state the kind of field, the class and the reference (this standard or a national regulation).

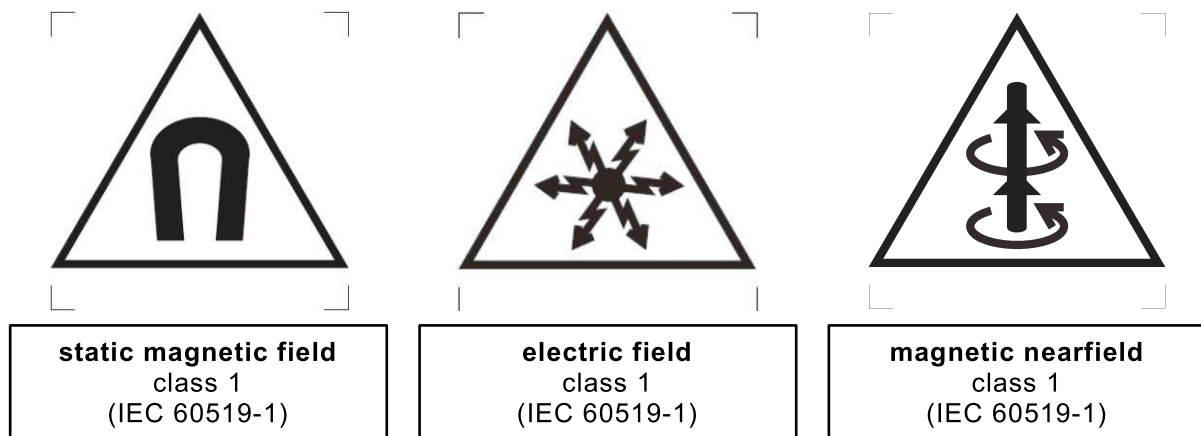


Figure F.1 – Examples of marking for magnetic and electric fields

F.2 Touch currents and surfaces

All surfaces where exposure to touch currents is expected shall be marked, when they are class 1 or class 2 as defined in Annex B or national regulations indicate. This refers to the risk group 2 (moderate risk) and risk group 3 (high risk). Examples of marking given in Figure F.2 consist of graphical symbols registered in IEC 60417 (see Table F.4) and text labels, which state the kind of hazard, the class and the reference (this standard or a national regulation).

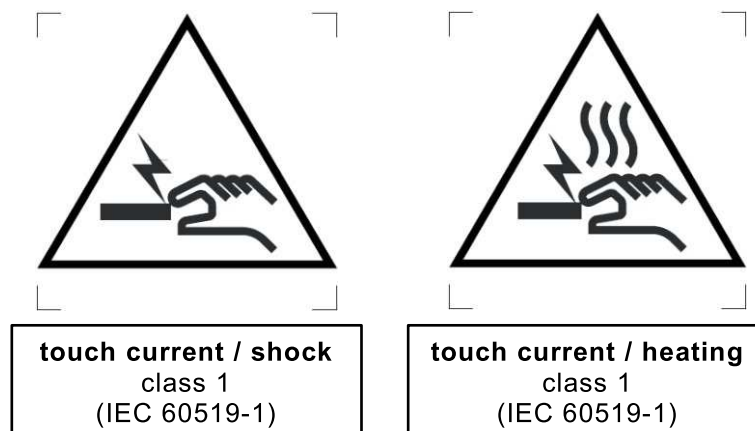


Figure F.2 – Examples of marking for touch current

F.3 Optical radiation hazards

All openings or areas where exposure to radiation is expected shall be marked, when they are class 1 or class 2 as defined in Annex C or indicated in national regulations. This refers to the risk group 2 (moderate risk) and risk group 3 (high risk). The example of marking given in Figure F.3 consists of a graphical symbol IEC 60417-6151 (2012-02) and a text label, which states the kind of radiation, the class and the reference (this standard or a national regulation).

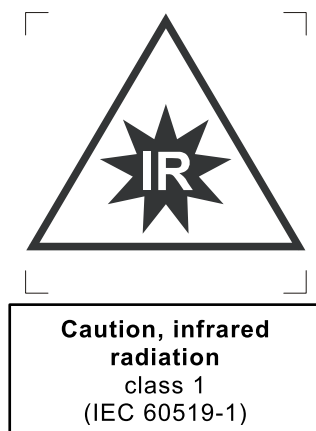


Figure F.3 – Example of marking for infrared radiation

Laser radiation under the scope of IEC 60825-1 should be marked as defined in that standard.

F.4 Symbols and signs used for markings and warnings

In case of application of symbols in warning signs the rules according to ISO 3864-1 are recommended. Relevant symbols and signs registered in IEC 60417, ISO 7000 or ISO 7010 should be used, if applicable – some examples are given in Table F.4. Supplementary text signs or labels should be used to increase comprehension.

Relevant safety or warning signs and labels should be specified in the information for use according to 19.4.

Table F.4 – Examples of symbols and signs for use in EH or EPM installations

Symbol / sign	Reference	Description	Clause
	IEC 60417-5036 (2002-10)	Dangerous voltage	7
	IEC 60417-6042 (2010-11)	Caution, risk of electric shock	7
	IEC 60417-5019 (2006-08)	Protective earth; protective ground	7
	IEC 60417-6204 (2013-07)	Caution, static magnetic field hazard	8
	IEC 60417-6205 (2014-08)	Caution, alternating magnetic nearfield hazard	8
	IEC 60417-6206 (2013-07)	Caution, electric field hazard	8
	IEC 60417-6207 (2013-07)	Caution, touch current that can cause burns	8
	IEC 60417-6208 (2013-07)	Caution, touch current or voltage	8
	ISO 7010:2011 – P007	No access for people with active implanted cardiac devices	8
	ISO 7010:2011 – P014	No access for people with metallic implants	8
	ISO 7010:2011 – P008	No metallic articles or watches	8
	IEC 60417-6166 (2012-07)	Caution, non-ionizing electromagnetic radiation ; Caution, microwave radiation	8, 9
	IEC 60417-5152 (2002-10)	Radiation of laser apparatus	9
	IEC 60417-6151 (2012-02)	Caution, infrared radiation	9
	IEC 60417-5041 (2002-10)	Caution, hot surface	10

Annex G (informative)

Guidelines on using this standard

IEC 60519-1 gives a large number of general requirements that can or cannot be applicable to a particular **EH** or **EPM installation** or equipment. A simple reference without any qualification to IEC 60519-1 is therefore not sufficient. A **manufacturer** of an installation or equipment for which no Particular Requirement exists, should use IEC 60519-1

- a) by selection of the most appropriate option(s) from the requirements given in the relevant clauses; and
- b) by modification of certain clauses, as necessary, where the particular requirements for the installation or equipment are adequately covered by other relevant standards,

providing the options selected and the modifications made do not adversely affect the level of protection required for the installation.

When applying the principles listed above, it is recommended that

- reference be made to the relevant clauses and subclauses of this standard that are complied with, indicating where relevant the applicable option;
- reference be made to the relevant clauses and subclauses of this standard that have been modified or extended for the specific equipment requirements; and
- reference be made directly to the relevant standard, for those requirements for the electrical equipment that are adequately covered by that standard.

In all cases, expertise is essential to be able to:

- read and understand all of the requirements of IEC 60519-1;
- choose the applicable requirements from IEC 60519-1 where alternatives are given;
- identify alternative or additional particular requirements that differ from the requirements of IEC 60519-1 or are not included in the latter, and that are determined by the installation and its use; and
- specify precisely those particular requirements;
- use this standard for risk assessment purposes.

Figure 1 of IEC 60519-1 is a block diagram of a typical installation and can be used as the starting point of this task. The complementary Table 2 indicates the clauses and subclauses dealing with particular provisions or equipment. However, IEC 60519-1 is a complex standard and Table 2 can help identify the application options for a particular installation or equipment and gives reference to other relevant standards.

The primary responsibility of the **manufacturer** with respect to safety of **EH** or **EPM installations** or **equipment** is given in requirement 6.1.1. Subclause 4.4 provides assistance and introduces helpful concepts. Some of the concepts given as well as the information provided on exposure limits in Annex B, Annex C and Annex D do exceed the core responsibility of a **manufacturer** in view of 6.1.1. These aspects can become part of his work as is argued in the Introduction.

Annex H (informative)

Connection with ISO 13577 series

The ISO 13577 series of standards developed by ISO/TC 244 (Industrial furnaces and associated processing equipment) addresses the safety of industrial furnaces and of associated processing equipment. These standards cover thermal processing equipment (TPE) that is using different kinds of fuels and electric energy. The scope of that series and the IEC 60519 series overlap in parts, therefore reciprocal references are used, when practicable.

Both ISO 13577-1 and this standard are product safety publications and they cover all safety aspects of one or more products within the scope of a single product TC. Both standards reference the other where appropriate and in an unambiguous way. This is detailed in Clause 4 of this standard for the approach where this standard is used as the primary document.

In the case a **manufacturer** uses ISO 13577-1 as basic standard (type-C standard with respect to ISO 12100), he will be referred to IEC 60519-1 for requirements concerning electrical safety, **electroheating**, direct or indirect contact to **hazardous-live parts** and effects of electrical overload. It can then be possible to make use only of Clauses 7 and 8 as well as parts of Clauses 13 and 14 including the related annexes of this standard.

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60204 (all parts), *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*

IEC 60335 (all parts), *Household and similar electrical appliances – Safety*

IEC TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC TS 60479-2, *Effects of current on human beings and livestock – Part 2: Special aspects*

IEC TR 60479-5, *Effects of current on human beings and livestock – Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects*

IEC 60601 (all parts), *Medical electrical equipment*

IEC 60974 (all parts), *Arc welding equipment*

IEC TS 61000-1-2, *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*

IEC TR 61000-3-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
IEC 61140:2001/AMD1:2004

IEC TS 61201:2007, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 62226 (all parts), *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body*

IEC 62271 (all parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62311, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

IEC Guide 117, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 1999:2013, *Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss*

ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements*

ISO 5349-1:2001, *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements*

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 13577-4, *Industrial furnace and associated processing equipment – Safety – Part 4: Protective systems*

ISO 15265:2004, *Ergonomics of the thermal environment – Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions*

EN 50413, *Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

EN 50445:2008, *Product family standard to demonstrate compliance of equipment for resistance welding, arc welding and allied processes with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

IEEE C95.1:2005, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*

IEEE C95.6:2002, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 0–3 kHz*

Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation -

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf

Directive 2002/44/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) -

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0044-20081211&from=EN>

Directive 2003/10/EC of the European parliament and of the council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) -

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:EN:PDF>

US Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 29 CFR 1910.1096, *Occupational Safety and Health Standards – Toxic and Hazardous Substances – Ionizing radiation*

<http://www.gpo.gov/fdsys/search/pagedetails.action?st=29+CFR+1910.1096&granuleId=CFR-2011-title29-vol6-sec1910-1096&packageId=CFR-2011-title29-vol6>

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. health physics 74 (4): 494-522; 1998 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Revision of guidelines on limits of exposure to LASER radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4 μ m* – Health Physics 79 (4): 431-440; 2000 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure*. Health Physics 91 (6), 630-645, (2006) (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields*. Health Physics 96 (4): 504-514; 2009 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz)*. Health Physics 99 (6): 818-836; 2010 (available at <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation*. Health Physics 105 (1), 74-91 (2013)

H.E. von Gierke, C.W. Nixon: *Effects of Intense Intrasound on Man*, in W. Tempest [ed.]: *Infrasound and Low Frequency Vibration*. Academic Press, New York: 1976, pages 115-150

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	103
INTRODUCTION.....	106
1 Domaine d'application et objet.....	107
1.1 Domaine d'application	107
1.2 Objet.....	108
2 Références normatives	108
3 Termes, définitions et abréviations	111
3.1 Concepts généraux	112
3.2 Équipement et état de l'équipement	113
3.3 Pièces et accessoires	114
3.4 Concepts relatifs à la sécurité	115
3.5 Abréviations.....	117
4 Classification et subdivision.....	117
4.1 Classification par fréquence de processus	117
4.2 Classification par tension	118
4.3 Subdivision des installations et équipements	119
4.3.1 Subdivision en pièces	119
4.3.2 Hiérarchie et structure des exigences	121
4.4 Classification des risques et dangers	121
4.4.1 Classification des dangers.....	121
4.4.2 Classification des risques	122
4.4.3 Limites.....	123
5 Appréciation du risque	123
6 Dispositions générales	123
6.1 Considérations de base	123
6.2 Dangers significatifs.....	124
6.3 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'installation en l'état et équipement électrique à l'extérieur de l'équipement de traitement.....	125
6.4 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique à l'intérieur de l'équipement de traitement.....	126
6.5 Alimentation électrique.....	126
6.6 Accès.....	127
6.7 Aspects ergonomiques.....	127
6.8 Transport et stockage	128
6.9 Dispositions en vue de la manipulation	128
6.10 Consommables et pièces remplaçables	128
7 Protection contre les chocs électriques.....	128
7.1 Généralités	128
7.2 Règle de protection fondamentale.....	129
7.3 Dispositions générales	129
7.4 Protection principale	130
7.5 Dispositions relatives à la protection de premier défaut.....	131
7.6 Liaison équipotentielle de protection	132
7.7 Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz.....	135
7.8 Courants de conducteur de protection.....	136

7.9	Courant de contact et tension de contact	136
7.10	Conducteurs et isolations à haute température	137
7.11	Défauts non électriques	137
8	Protection contre les dangers causés par les champs proches électriques ou magnétiques	137
8.1	Généralités	137
8.2	Champs magnétiques	138
8.3	Champs électriques locaux	138
8.4	Exigences relatives aux barrières et écrans	139
8.5	Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes	139
9	Protection contre les dangers dus au rayonnement	140
9.1	Généralités	140
9.2	Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants	141
9.3	Rayonnements ultraviolets	141
9.4	Rayonnement visible et infrarouge	142
9.5	Sources laser	142
10	Protection contre les dangers dus aux influences thermiques	143
10.1	Généralités	143
10.2	Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures	143
10.3	Dangers causés par les conditions de travail	144
10.4	Résistance thermique des composants	144
10.5	Refroidissement	145
10.6	Protection contre la surchauffe	145
11	Protection contre les dangers d'incendie	146
12	Protection contre les dangers dus aux liquides	147
12.1	Généralités	147
12.2	Gaz et substances toxiques et nocifs	148
12.3	Explosion et implosion des pièces sous pression	148
13	Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles	148
13.1	Généralités	148
13.2	Équipement électrique et conducteurs	148
13.3	Raccordement au réseau électrique et raccordements internes	149
13.4	Sectionnement et coupure	150
13.5	Pièces mobiles de protection des capteurs et actionneurs	151
13.6	Moteurs	151
13.7	Moyens de chauffage non électriques	151
13.8	Éclairage	151
13.9	Pièces structurelles et stabilité	151
13.10	Portes, fenêtres et autres ouvertures	151
14	Commande de l'installation ou de l'équipement	151
14.1	Généralités	151
14.2	Unité de commande de l'opérateur	151
14.3	Arrêt d'urgence	152
14.4	Systèmes de commande et leurs fonctions	152
14.5	Appareillage de commande	153
14.6	Dispositifs de protection	155
14.7	Dispositif de protection contre la surchauffe	155

14.8	Dispositif de sécurité contre la surpression	156
15	Protection contre les dangers mécaniques.....	156
16	Protection contre les dangers dus à l'utilisation	158
16.1	Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale.....	158
16.2	Interférences dans les fréquences radio.....	158
16.3	Dangers particuliers dans le traitement électrothermique et électromagnétique	158
16.4	Équipement combiné	158
17	Protection contre d'autres dangers	158
17.1	Généralités	158
17.2	Pression des sons, des infrasons et des ultrasons	159
18	Vérification et essais	159
18.1	Généralités	159
18.2	Exécution des mesurages et des essais.....	161
18.3	Vérification de la conformité aux limites des champs électriques ou magnétiques	161
18.4	Examen des plans ou calculs	162
18.5	Examen visuel	162
18.6	Mesurages	162
18.6.1	Mesurage de la résistance d'isolement jusqu'à 200 Hz	162
18.6.2	Mesurage des champs électriques ou des champs magnétiques.....	162
18.6.3	Mesurage des courants de contact	162
18.6.4	Mesurage des rayonnements ionisants	163
18.6.5	Mesurage du rayonnement optique non cohérent.....	163
18.6.6	Mesurage des rayonnements optiques cohérents comprenant les émissions des LED	164
18.6.7	Mesurage de la température de surface	164
18.6.8	Mesurage du niveau acoustique	164
18.7	Essais de fonctionnement	164
18.7.1	Protection par déconnexion automatique de l'alimentation	164
18.7.2	Essai de tension	164
18.7.3	Essai diélectrique	164
18.7.4	Accessibilité des parties actives	164
18.8	Modélisation numérique	164
18.8.1	Généralités	164
18.8.2	Évaluation numérique des champs électriques ou magnétiques	165
18.8.3	Évaluation numérique du rayonnement optique.....	165
19	Informations pour l'utilisation	166
19.1	Exigences générales.....	166
19.2	Emplacement et nature des informations pour l'utilisation	166
19.3	Dispositifs de signalisation et d'avertissement	166
19.4	Marquages, pictogrammes, avertissements écrits	167
19.5	Manuel(s) d'instructions / manuel(s) d'installation, de mise en service, d'exploitation, de maintenance et de mise à l'arrêt définitif.....	168
Annexe A (informative)	Liste des dangers significatifs.....	172
Annexe B (informative)	Champs électriques et magnétiques, courants de contact – limites des dangers d'exposition	177

B.1	Aperçu et motivation	177
B.1.1	Généralités	177
B.1.2	Concepts de base	177
B.1.3	Sources de dangers et effets dangereux	177
B.1.4	Influence de la fréquence	178
B.2	Champs magnétiques statiques	178
B.3	Champs magnétiques, électriques et électromagnétiques à variation temporelle	179
B.3.1	Limitations de base entre 1 Hz et 100 kHz	179
B.3.2	Limitations de base entre 100 kHz et 300 MHz	181
B.3.3	Port d'objets chauffés	181
B.4	Courants de contact	181
B.5	Tensions de contact	182
B.5.1	Très basse tension (TBT) inférieure à 100 Hz	182
B.5.2	Très basse tension (TBT) supérieure à 100 Hz	182
B.6	Classification des expositions	182
B.6.1	Généralités	182
B.6.2	Groupe d'exemption	182
B.6.3	Groupe de risques 1 (risque faible)	183
B.6.4	Groupe de risques 2 (risque modéré)	183
B.6.5	Groupe de risques 3 (haut risque)	183
Annexe C (informative)	Rayonnements optiques – limites des dangers d'exposition	184
C.1	Limites des rayonnements non cohérents	184
C.2	Rayonnements émis par des sources laser et des LED	185
C.3	Rayonnements optiques non cohérents – groupes de risques	186
C.3.1	Généralités	186
C.3.2	Groupe d'exemption	186
C.3.3	Groupe de risques 1 (risque faible)	186
C.3.4	Groupe de risques 2 (risque modéré)	186
C.3.5	Groupe de risques 3 (haut risque)	187
C.3.6	Équipement à impulsion	187
Annexe D (informative)	Limites des dangers d'exposition – bruit et vibrations	188
D.1	Généralités	188
D.2	Bruit sonore	188
D.3	Pression d'ultrasons	188
D.4	Infrasons	188
D.5	Vibrations	189
Annexe E (normative)	Dispositions concernant la CEM	190
E.1	Généralités	190
E.2	Exigences	190
Annexe F (normative)	Marquage et avertissement	191
F.1	Zones de danger de champs électromagnétiques	191
F.2	Courants de contact et surfaces	191
F.3	Dangers de rayonnement optique	192
F.4	Symboles et signes utilisés pour les marquages et les avertissements	192
Annexe G (informative)	Directives pour l'utilisation de la présente norme	194
Annexe H (informative)	Liaison avec la série ISO 13577	195
	Bibliographie	196

Figure 1 – Schéma de principe d'une installation EH ou EPM type	119
Figure B.1 – Illustration des limitations de base des Tableaux B.3 et B.4	180
Figure F.1 – Exemples de marquage pour les champs magnétiques et électriques	191
Figure F.2 – Exemples de marquage de courant de contact	192
Figure F.3 – Exemple de marquage de rayonnement infrarouge	192
Tableau 1 – Équipements, fréquence de processus et limites de fréquence relatives à la sécurité	118
Tableau 2 – Installation EH ou EPM type – liste des pièces et références	120
Tableau 3 – Plan de classification de sécurité pour les risques d'exposition	122
Tableau 4 – Mesures de protection thermique	145
Tableau 5 – Méthodes de vérification des exigences	159
Tableau A.1 – Liste des dangers traités dans la présente norme	172
Tableau B.1 – Limites d'exposition aux champs magnétiques statiques de l'ICNIRP et de l'IEEE	179
Tableau B.2 – Limitations de base de l'ICNIRP pour les champs électriques internes dans les tissus humains dans la plage de fréquences de 1 Hz à 10 MHz	179
Tableau B.3 – Limitations de base de l'IEEE pour les champs électriques internes dans les tissus humains dans la plage de fréquences de 0,153 Hz à 3 GHz	180
Tableau B.4 – Limitations de base du débit d'absorption spécifique (DAS) et de la puissance surfacique entre 100 kHz et 300 MHz	181
Tableau B.5 – Niveaux de référence de l'ICNIRP pour les courants de contact à variation temporelle	181
Tableau C.1 – Limites d'exposition aux rayonnements ultraviolets, visibles et infrarouges, valeurs basées sur l'éclairement énergétique	184
Tableau C.2 – Limites d'exposition au rayonnement infrarouge, valeurs basées sur la luminance énergétique	185
Tableau C.3 – Classification des groupes de risques des équipements en fonction de l'émission des rayonnements optiques	185
Tableau F.4 – Exemples des symboles et signes à utiliser dans les installations EH ou EPM	193

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES AU TRAITEMENT
ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 1: Exigences générales****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. À 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 60519-1 a été établie par le comité d'études 27 de l'IEC: Chauffage électrique industriel et traitement électromagnétique.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition, parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Le titre et le domaine d'application de la norme ont été étendus pour inclure les installations et les équipements destinés au traitement électromagnétique des matériaux.

- b) Les termes et définitions, ainsi que la liste des références normatives, ont été mis à jour et complétés par de nouveaux éléments.
- c) Les exigences ont été restructurées.
- d) Des exigences supplémentaires relatives aux champs électriques et magnétiques, aux courants de contact, ainsi qu'aux rayonnements optiques, ont été ajoutées.
- e) De nouveaux articles traitant de la vérification ont été ajoutés.
- f) De nouvelles annexes spécifiant les limites des dangers d'exposition aux champs électriques et magnétiques, au rayonnement optique, au bruit et aux vibrations ont été ajoutées.
- g) De nouvelles annexes sur la CEM, les marquages et avertissements, les lignes directrices pour l'utilisation de la présente norme et des informations concernant le lien avec l'ISO 13577-1 ont été ajoutées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/947/FDIS	27/951/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 60519, publiées sous le titre général *Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et électromagnétique*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- NOTES: petits caractères romains;
- termes utilisés dans l'ensemble de la présente norme qui ont été définis à l'Article 3: **caractères gras**.

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. À 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

Cette cinquième édition de l'IEC 60519-1 est une publication relative à la sécurité des produits. Elle est destinée à:

- inclure tous les types d'installations ou d'équipements couverts par le domaine d'application du comité d'études 27 de l'IEC, concernant **l'électrothermie (EH)** industrielle et le **traitement électromagnétique des matériaux (EPM)**;
- couvrir, dans ces Exigences générales, tous les dangers présents pour plusieurs types d'équipements ou d'installations traités individuellement dans les Exigences particulières;
- fournir des exigences relatives à la sécurité électrique, aux courants de contact, aux champs électriques, aux champs magnétiques et au rayonnement, reflétant ainsi la vaste gamme d'installations couvertes et leur fréquence de traitement;
- donner les moyens de vérification des exigences;
- exploiter de façon rigoureuse les normes élaborées par les comités de l'IEC avec les fonctions horizontales ou de sécurité de groupe et les normes ISO correspondantes par référence, y compris les publications élaborées par le comité technique 244 de l'ISO (plus d'informations sont données à l'Annexe H), conformément au Guide 104 de l'IEC;
- être utilisable comme une norme de type C conformément à l'ISO 12100;
- inclure tous les matériaux, les références et les exigences liés à l'appréciation du risque et de répertorier les dangers significatifs.

La présente norme traite principalement des **constructeurs** réalisant des équipements faits sur commande dans le cadre d'un seul projet. Le **constructeur** est conscient du fait qu'il est responsable de la réalisation d'équipements sûrs grâce à une réduction adéquate du risque et qu'il incombe à l'**utilisateur** d'évaluer l'exposition de l'**opérateur** de façon cohérente avec les réglementations applicables relatives à la santé et à la sécurité. Dans le cas de projets fournissant des équipements ou des installations uniques, cette répartition claire des responsabilités a tendance à se brouiller, entre autres pour les raisons suivantes

- le développement du processus (**conditions de fonctionnement normal**) réalisé par le **constructeur** et l'**utilisateur**,
- la définition partagée des procédures de travail destinées à l'**opérateur** réalisée par le **constructeur** et l'**utilisateur**,
- l'étendue de fourniture qui comprend souvent tous les moyens de protection,
- les contrats de vente individuels dans le cadre desquels les **utilisateurs** exigent une évaluation de l'exposition par le **constructeur**.

La présente norme donne donc des informations sur les dangers et les limites de l'exposition le cas échéant, en reconnaissant que cela dépasse le domaine d'application d'une norme de produit.

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES AU TRAITEMENT ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

Partie 1: Exigences générales

1 Domaine d'application et objet

1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60519 spécifie les exigences de sécurité générales relatives aux installations ou équipements industriels destinés à l'**électrothermie (EH)** et aux technologies de traitement basées sur l'**électrothermie** ainsi qu'au **traitement électromagnétique des matériaux (EPM)**.

Ces exigences sont applicables aux installations ou équipements industriels susceptibles d'utiliser:

- des équipements pour chauffage direct et indirect par résistance,
- des équipements pour chauffage par traçage à résistance électrique,
- des équipements pour chauffage par induction,
- des équipements utilisant l'effet des forces électromagnétiques sur les matériaux,
- des équipements pour chauffage par arc, y compris chauffage par arc submergé,
- des équipements pour refusion sous laitier électroconducteur,
- des équipements pour chauffage par plasma et traitement des surfaces par plasma,
- des équipements pour chauffage par hyperfréquences,
- des équipements pour chauffage diélectrique,
- des équipements utilisant des canons à électrons,
- des équipements pour chauffage par rayonnement infrarouge,
- des équipements pour chauffage par laser.

NOTE Cette liste présente des exemples types d'équipements et de leurs applications. Elle n'est pas exhaustive.

Les exigences de sécurité générales relatives aux différents types d'**équipements** et d'**installations EH** ou **EPM** résultent de l'application commune des Exigences générales spécifiées dans la présente norme et des Exigences particulières couvrant des types spécifiques d'installations ou d'équipements (des lignes directrices sont données à l'Annexe G). Si une installation ou un équipement spécifique n'est couvert par aucune Exigence particulière, les Exigences générales s'appliquent en l'état.

La présente norme ne s'applique pas aux équipements et appareils couverts par les domaines d'application de:

- la série IEC 60079 – c'est-à-dire les équipements ou installations destinés à l'utilisation dans des atmosphères potentiellement explosives;
- la série IEC 60335 – c'est-à-dire les appareils électrodomestiques, commerciaux et analogues, y compris le chauffage de locaux;
- la série IEC 60601 – c'est-à-dire l'équipement électromédical;
- la série IEC 60974 – c'est-à-dire le matériel de soudage à l'arc;
- la série IEC 61010 – c'est-à-dire le matériel utilisé en laboratoire.

1.2 Objet

Les exigences décrites concernent le cycle de vie complet de l'installation ou de l'équipement, de sa conception à sa mise en service, son exploitation, sa maintenance, son examen, jusqu'à sa mise à l'arrêt définitif. Elles couvrent la sécurité des personnes et la protection de l'environnement lors des **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut.

La présente norme suppose que les installations ou les équipements sont exploités et maintenus exclusivement par un personnel composé de **personnes qualifiées** ou **averties**.

La présente norme est destinée à vérifier que l'**équipement** ou l'**installation EH** ou **EPM** satisfait à ses exigences en matière de conception, d'essais d'acceptation sur site, d'essais individuels de série ou d'examen.

La présente norme ne spécifie pas les exigences relatives aux essais de type.

NOTE L'équipement industriel couvert par la présente norme est généralement produit sous la forme d'une seule unité ou d'un petit nombre d'unités.

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

IEC 60204-1:2005, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*
IEC 60204-1:2005/AMD1:2008

IEC 60204-11:2000, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60335-1:2010, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*
IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-2-24, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-24: Règles particulières pour les appareils de réfrigération, les sorbetières et les fabriques de glace*

IEC 60335-2-89, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-89: Règles particulières pour les appareils de réfrigération à usage commercial avec une unité de fluide frigorigène ou un compresseur incorporés ou à distance*

IEC 60364-1:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-4-42, *Installations électriques basse tension – Partie 4-42: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les effets thermiques*

IEC 60364-4-44, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-53, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

IEC 60364-5-54, *Installations électriques basse-tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60398:—1, *Installations for electroheating and electromagnetic processing – General performance test methods* (disponible en anglais seulement)

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible sur <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60445, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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

IEC 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 60865-1, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 1: Définitions et méthodes de calcul*

IEC 60909-0, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 0: Calcul des courants*

IEC 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61000-3-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-3: Limites – Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension, pour les matériels ayant un courant assigné ≤ 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel*

IEC TS 61000-3-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-5: Limites – Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé supérieur à 75 A*

IEC TR 61000-3-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61000-3-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-11: Limites – Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension – Équipements ayant un courant appelé ≤ 75 A et soumis à un raccordement conditionnel*

¹ À publier.

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61010-1:2010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61082-1, *Établissement des documents utilisés en électrotechnique – Partie 1: Règles*

IEC 61310 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Indication, marquage, manœuvre*

IEC 61326-3-1, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 3-1: Exigences d'immunité pour les systèmes relatifs à la sécurité et pour les matériels destinés à réaliser des fonctions relatives à la sécurité (sécurité fonctionnelle) – Applications industrielles générales*

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

IEC 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 2: Essais d'évaluation d'un modèle*

IEC 61786-1, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 1: Exigences applicables aux instruments de mesure*

IEC 61786-2², *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 2: Norme de base pour les mesures*

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 62061, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 62471:2006, *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

IEC 82079-1, *Établissement des instructions d'utilisation – Structure, contenu et présentation – Partie 1: Principes généraux et exigences détaillées*

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC Guide 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

² À publier.

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 3864-1, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité et les marquages de sécurité*

ISO 6385, *Principes ergonomiques de la conception des systèmes de travail*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Symboles enregistrés*

ISO 12100:2010, *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque*

ISO 13577-1, *Fours industriels et équipements associés – Sécurité – Partie 1: Exigences générales* (disponible en anglais seulement)

ISO 13577-2, *Fours industriels et équipements associés – Sécurité – Partie 2: Équipement de combustion et de manutention des combustibles* (disponible en anglais seulement)

ISO 13732-1, *Ergonomie des ambiances thermiques – Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces – Partie 1: Surfaces chaudes*

ISO 13849 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité*

ISO 13850, *Sécurité des machines – Arrêt d'urgence – Principes de conception*

ISO 13855, *Sécurité des machines – Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 13857, *Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses*

ISO 14119, *Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix*

ISO 14120, *Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*

ISO 14159, *Sécurité des machines – Prescriptions relatives à l'hygiène lors de la conception des machines*

ISO 19353, *Sécurité des machines – Prévention et protection contre l'incendie*

3 Termes, définitions et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans le Guide IEC 104, le Guide ISO/IEC 51 et l'ISO 12100, ainsi que les suivants, s'appliquent.

NOTE Les définitions générales sont données dans l'IEC 60050, le Vocabulaire électrotechnique international. Les termes relatifs à l'électrothermie industrielle sont définis dans l'IEC 60050-841.

3.1 Concepts généraux

3.1.1

électrothermie

EH

DÉCONSEILLÉ: énergie électrothermique

conversion de l'énergie électrique en énergie thermique à des fins d'utilisation

Note 1 à l'article: L'abréviation «EH» est dérivée du terme anglais développé correspondant "electroheating".

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-21-22, modifié — Le nouveau synonyme **EH** a été ajouté et la définition a été raccourcie.]

3.1.2

traitement électromagnétique des matériaux

EPM

interaction entre une énergie ou des forces électromagnétiques et des matériaux à des fins d'utilisation

Note 1 à l'article: L'EPM peut ou non inclure le chauffage.

Note 2 à l'article: L'abréviation «EPM» est dérivée du terme anglais développé correspondant "electromagnetic processing of materials".

3.1.3

champ électromagnétique

EMF

champ électrique ou magnétique ou une combinaison de champs électriques et magnétiques à variation temporelle

Note 1 à l'article: Dans le contexte de la présente norme, le champ électromagnétique est causé par une source qui fait partie intégrante de l'installation ou du matériel.

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

3.1.4

rayonnement électromagnétique

propagation du **champ électromagnétique** transportant l'énergie

EXEMPLE Rayonnement d'hyperfréquences ou rayonnement optique (infrarouge, visible et ultraviolet).

3.1.5

champ proche électromagnétique

champ électromagnétique ne se propageant pas

3.1.6

constructeur

producteur du **matériel** ou de l'**installation EH** ou **EPM** responsable de la conformité à la présente norme

Note 1 à l'article: Selon le sens entendu par cette norme, le **constructeur** peut être également un fournisseur, un distributeur, un importateur ou un agent.

Note 2 à l'article: Du point de vue de l'**utilisateur**, le **constructeur** est une partie responsable de la conception, de la fabrication, de la fourniture et de la mise en service de l'équipement ou de l'installation.

3.1.7

utilisateur

partie responsable de l'exploitation et de la maintenance de l'**équipement** ou de l'**installation EH** ou **EPM**, de la mise en service jusqu'au démantèlement

3.1.8**personne qualifiée**

personne ayant la formation, les connaissances et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter le type d'installation ou d'équipement, y compris de superviser les **personnes averties**

3.1.9**personne avertie**

personne informée ou surveillée par des **personnes qualifiées** pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les **dangers** que peut présenter une installation ou un équipement

3.1.10**opérateur**

personne qualifiée ou **avertie** réalisant une ou plusieurs tâches lors de l'exploitation, du réglage, de la maintenance, de la réparation ou du démontage d'une installation ou d'un équipement

3.1.11**personne ordinaire**

personne qui n'est pas en mesure de percevoir les risques et d'éviter les dangers, pour laquelle une exposition peut être nocive à des niveaux inférieurs à ceux des **opérateurs**

EXEMPLE Personne appartenant au grand public: femme enceinte, personne âgée ou handicapée, mais pas un enfant.

3.2 Équipement et état de l'équipement**3.2.1****équipement électrique**

ensemble d'éléments utilisés pour générer, convertir, transmettre, distribuer ou utiliser l'énergie électrique, tels que les convertisseurs, les transformateurs, les condensateurs, l'appareillage, les appareils de mesure, **les dispositifs de protection** et les canalisations

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-01, modifié — La définition a été améliorée du point de vue rédactionnel.]

3.2.2**équipement électrothermique****équipement d'électrothermie****équipement EH**

équipement dans lequel l'énergie thermique est produite à partir de l'énergie électrique à des fins utiles

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-22-01, modifié — **équipement électrothermique** est le terme privilégié par rapport à "équipement d'électrothermie" qui devient son synonyme. Un nouveau synonyme **équipement EH** a été ajouté et dans la définition, "chaleur" a été remplacé par "énergie thermique".]

3.2.3**équipement de traitement électromagnétique des matériaux****équipement EPM**

équipement dans lequel une énergie ou une force électromagnétique est fournie pour le **traitement électromagnétique des matériaux**

3.2.4**installation électrothermique****installation d'électrothermie****installation EH**

installation composée d'**équipements électrothermiques**, d'**équipements électriques** et d'équipements mécaniques nécessaires à son fonctionnement et son exploitation

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-22-02, modifié — **installation électrothermique** est le terme préférentiel par rapport à "installation d'électrothermie" qui devient son synonyme, et un nouveau synonyme, **installation EH**, a été ajouté.]

3.2.5

installation de traitement électromagnétique des matériaux

installation EPM

installation composée d'**équipements de traitement électromagnétique des matériaux**, d'**équipements électriques** et d'équipements mécaniques nécessaires à son fonctionnement et son exploitation

3.2.6

conditions de fonctionnement normal

fonctionnement de l'installation ou de l'équipement comme spécifié par le **constructeur**, en accord avec l'**utilisateur**

3.2.7

charge de travail

objet ou matériau en cours de traitement

Note 1 à l'article: Le terme "charge" a une signification différente. Il est utilisé et défini en conséquence dans certaines Exigences particulières.

3.3 Pièces et accessoires

3.3.1

enveloppe

enceinte assurant le type et le degré de protection approprié pour l'application prévue

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-35]

3.3.2

fenêtre

partie d'une **enveloppe** qui permet le passage d'un certain type de rayonnement

3.3.3

barrière

barrière de protection

objet physique limitant l'accès à l'équipement ou à l'**enveloppe** de cet équipement, qui peut être seulement retiré au moyen d'un outil ou est verrouillé

Note 1 à l'article: Une **barrière** peut être physiquement séparée de l'équipement, mais fait partie intégrante de l'installation.

3.3.4

protecteur

barrière intégrée à l'équipement

3.3.5

obstacle

élément empêchant l'accès et qui est fixé pour éviter sa suppression accidentelle mais retirable sans outil ni clé

3.3.6

dispositif de protection

dispositif autre qu'un **protecteur** ou une **enveloppe** qui réduit un risque

EXEMPLE Commande bimanuelle, tapis ou bord sensible à la pression, barre et câble de déclenchement, rideau lumineux, scanner à laser.

3.3.7**écran
blindage**

dispositif destiné à réduire la pénétration d'un **champ** électrique, magnétique ou **électromagnétique** dans une région déterminée

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-09]

3.3.8**verrouillage**

dispositif ou système **de protection** mécanique ou électrique empêchant une action qui peut présenter un danger

3.3.9**coupe-circuit thermique
protecteur thermique**

dispositif qui coupe l'alimentation de l'équipement lorsqu'une température prédéterminée est dépassée

Note 1 à l'article: Les coupe-circuits thermiques sont réarmables; les protecteurs thermiques ne le sont pas et sont remplacés à chaque fois qu'ils ont fonctionné.

3.3.10**photocoupleur
optocoupleur**

dispositif optoélectronique conçu pour le transfert de signaux électriques par l'intermédiaire d'un rayonnement optique, afin d'assurer un couplage garantissant l'isolement de la sortie par rapport à l'entrée

Note 1 à l'article: Ce dispositif peut fournir l'immunité contre les influences électromagnétiques ainsi que l'indépendance de la distance des deux niveaux de systèmes de tension.

[SOURCE: IEC 60050-521:2002, 521-04-45, modifié — La note a été ajoutée.]

3.4 Concepts relatifs à la sécurité**3.4.1****partie active**

conducteur ou partie conductrice destiné(e) à être sous tension en **conditions de fonctionnement normal**, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

Note 1 à l'article: Ce concept n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modifié — Dans la définition, les mots "en service normal" ont été remplacés par "en conditions de fonctionnement normal".]

3.4.2**partie active dangereuse**

partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

3.4.3**zone de danger haute tension
zone de danger HT**

zone limitée par un espace minimal autour des **parties actives dangereuses** de l'équipement haute tension sans protection complète contre le contact direct

Note 1 à l'article: : Pénétrer dans une **zone de danger haute tension** est considéré comme équivalent à toucher des **parties actives dangereuses**.

3.4.4

tension de contact effective

tension entre des parties conductrices touchées simultanément par une personne ou un animal

Note 1 à l'article: La valeur de la **tension de contact** effective peut être sensiblement influencée par l'impédance de la personne ou de l'animal en contact électrique avec ces parties conductrices.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-11, modifié — Le deuxième terme privilégié, "tension de toucher effective", a été supprimé.]

3.4.5

courant de fuite

DÉCONSEILLÉ: courant de terre

courant électrique qui, dans des conditions normales de fonctionnement, s'écoule à travers un chemin électrique non désiré

3.4.6

choc électrique induit

effet physiologique causé par un champ électrique induit à l'intérieur du corps humain

Note 1 à l'article: Le champ électrique est généralement induit par un **champ proche électromagnétique** et ne nécessite pas le contact avec un conducteur.

Note 2 à l'article: Les effets du **choc électrique induit** sont essentiellement les mêmes que ceux d'un choc électrique causé par contact avec un conducteur, par exemple une brûlure ou une réaction nerveuse. Dans la pratique, on exclut les conditions causant la fibrillation ventriculaire.

3.4.7

coupure d'urgence

action destinée à couper toute puissance électrique d'une installation électrique pour supprimer ou réduire une situation dangereuse

Note 1 à l'article: Un certain courant peut rester en fonction si cela a un résultat moins dangereux qu'une mise hors tension complète.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-17-03, modifié — Les mots "ouverture d'un dispositif de coupure destinée à couper l'alimentation électrique" ont été remplacés par " action destinée à couper toute puissance électrique " et une note a été ajoutée.]

3.4.8

isolation

matériaux isolants nécessaires pour assurer le fonctionnement convenable de l'équipement et la protection contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: L'**isolation** fait également référence à l'action d'isolation.

Note 2 à l'article: Dans certaines circonstances, le matériau d'isolation thermique peut également exécuter la fonction d'**isolation** électrique.

3.4.9

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

Note 1 to entry: Cette notion n'est pas applicable à l'**isolation** exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06]

3.4.10

séparation électrique

action ou moyen d'empêcher la conduction électrique entre deux circuits électriques prévus pour échanger de la puissance et/ou des signaux

Note 1 à l'article: Une **séparation électrique** peut être obtenue, par exemple, au moyen d'un transformateur de séparation (de circuits) ou d'un **photocoupleur**.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-26]

3.5 Abréviations

EH **electroheating (électrothermie)**

TBT très basse tension (au-dessous de 50 V à la fréquence du réseau)

CEM compatibilité électromagnétique

EMF **electromagnetic field (champ électromagnétique)**

EPM **electromagnetic processing of materials (traitement électromagnétique des matériaux)**

HT haute tension (au-dessus de 1 000 V à la fréquence du réseau)

IR infrarouge (rayonnement)

LED light-emitting diode (diode électroluminescente)

BT basse tension (plage entre 50 V et 1 000 V à la fréquence du réseau)

MW microwave (hyperfréquences)

PE protective earthing conductor (conducteur de terre de protection)

PEL conducteur de terre de protection, également un conducteur de ligne (line conductor)

PEM conducteur de terre de protection, également un conducteur médian (mid-point conductor)

PEN conducteur de terre de protection, également un conducteur neutre (neutral conductor)

DAS débit d'absorption spécifique (d'énergie)

UV ultraviolet (rayonnement)

VIS visible (rayonnement)

4 Classification et subdivision

4.1 Classification par fréquence de processus

Les **équipements EH** et **EPM** sont classés en fonction de leur fréquence de processus, c'est-à-dire la fréquence de la tension, du courant ou du **champ électromagnétique** utilisé pour le processus. Le Tableau 1 répertorie les types d'équipements et leurs plages de fréquences de processus ainsi que leurs limites de fréquences relatives à la sécurité. Une installation peut inclure plusieurs types d'équipements.

Tableau 1 – Équipements, fréquence de processus et limites de fréquence relatives à la sécurité

Type d'équipement	Plage de fréquences ^a définissant le type d'équipement	Plage de fréquences ^b utilisée pour les limites de sécurité	Plage de fréquences relative au champ électromagnétique	Dangers associés à la plage de fréquences
courant continu ^c ou champ stationnaire	0 Hz	0 Hz ou pas de changement de polarité		choc électrique, stimulus nerveux
basse fréquence	> 0 Hz à < 60 Hz		0,1 Hz à 200 Hz	choc électrique, brûlure, pas de lâcher-prise, stimulus nerveux
fréquence du réseau	50 Hz ou 60 Hz			
moyenne fréquence	> 60 Hz à 100 kHz	> 60 Hz à 200 Hz		
		> 200 Hz à 100 kHz		
haute fréquence	> 100 kHz à 0,3 GHz	> 100 kHz à 6 MHz	> 100 kHz à 0,3 GHz	brûlure, échauffement des membres du corps
		> 6 MHz à 0,3 GHz		échauffement des membres du corps
hyperfréquences	> 0,3 GHz à 300 GHz			
infrarouge	(> 300 GHz à 400 THz) 1 mm à 780 nm	1 mm à 3 000 nm	non applicable	brûlure de la peau et de la cornée
		3 000 nm à 1 400 nm		
		1 400 nm à 780 nm		
visible	(> 400 THz à 790 THz), 780 nm à 380 nm			brûlure de la peau et de la cornée, rétine
ultraviolet	(> 790 THz à 30 PHz), 380 nm à 10 nm			brûlure de la peau et de la cornée, cancer de la peau
laser	(> 300 GHz à 30 PHz), 1 mm à 10 nm			brûlure de la peau et de la cornée, rétine
^a Fréquence de processus assignée.				
^b Les valeurs des longueurs d'onde en espace libre correspondantes sont également données dans le cas du rayonnement optique.				
^c Type de courant continu – équipement sans changement de polarité prévu, mais comprenant un dispositif de marche/arrêt.				

4.2 Classification par tension

Pour l'ensemble de l'**équipement électrique** dans le cas des applications industrielles, on établit une division entre

- la très basse tension (TBT) et la basse tension (BT) à une fréquence du réseau de 50 V (valeur efficace) ou un courant continu de 120 V,
- la basse tension (BT) et la haute tension (HT) à une fréquence du réseau de 1 000 V (valeur efficace) ou un courant continu de 1 500 V.

NOTE: Les définitions de la TBT et de la bande de tension 1, de la BT et de la bande de tension 2 et de la HT et de la bande de tension 3 sont identiques. Les tensions inférieures à une fréquence du réseau de 25 V ou un courant continu de 60 V ne présentent pas de **risque** pour une **personne ordinaire**.

Cette distinction doit être faite pour l'installation et pour les pièces telles que définies en 4.3.1 et

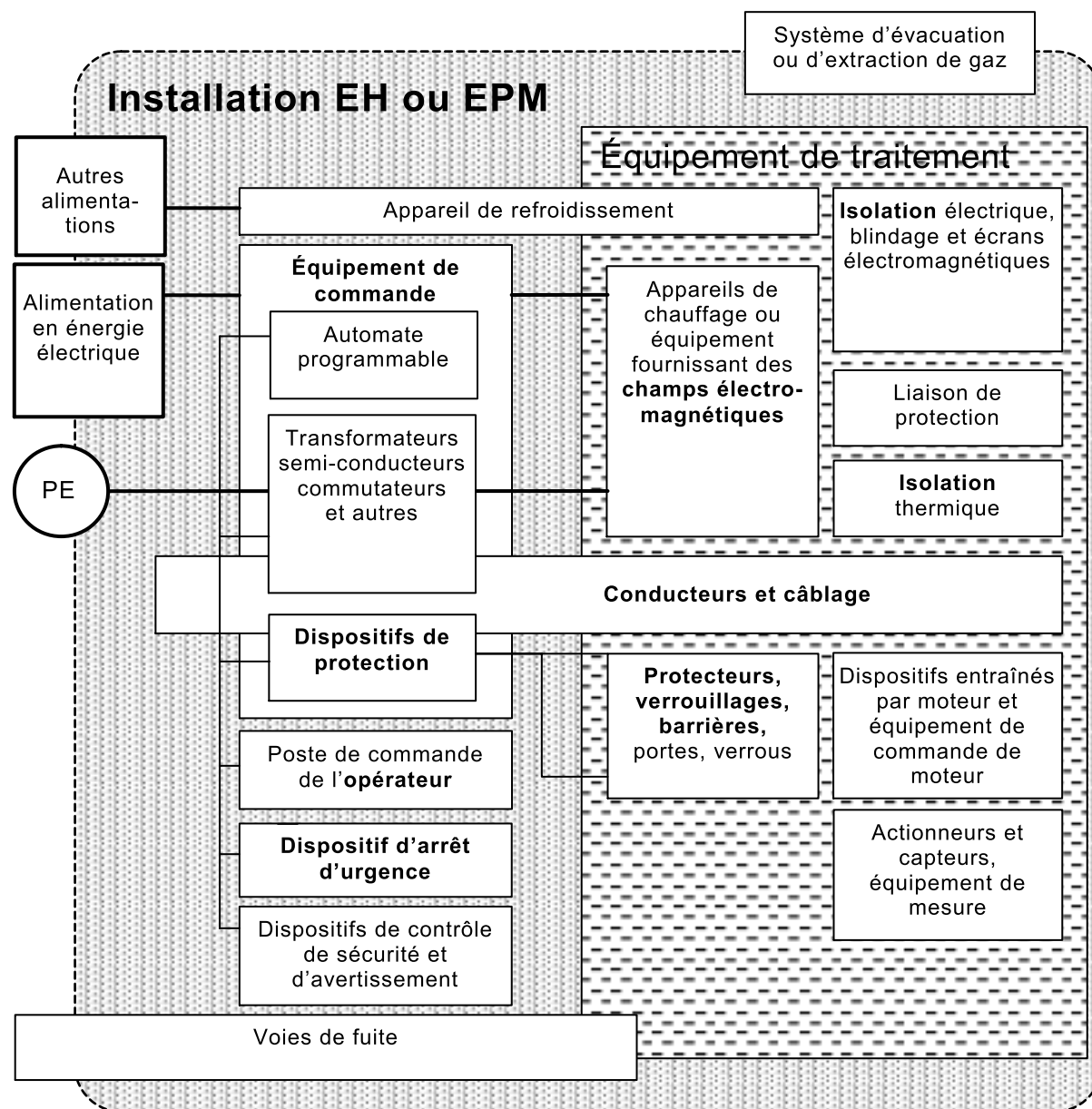
- a) en fonction de l'alimentation et de la tension de sortie, la valeur la plus haute étant prise en compte (les tensions internes peuvent être supérieures);
- b) indépendamment de la tension de processus ou de la tension interne de l'installation ou de l'équipement.

Les différentes pièces d'une installation peuvent être classées comme TBT, BT ou HT.

4.3 Subdivision des installations et équipements

4.3.1 Subdivision en pièces

Les **installations EH** ou **EPM** se composent de pièces diverses et spécifiques. La Figure 1 présente le schéma de principe d'une installation de référence type; il détermine la limite des installations et équipements; toutes les pièces ne sont pas forcément incluses dans tous les types d'**installations EH** ou **EPM**.



IEC

Figure 1 – Schéma de principe d'une installation EH ou EPM type

Le Tableau 2 fournit des références aux articles de la présente norme et d'autres normes correspondant aux pièces identifiées à la Figure 1 ci-dessus. Les exigences relatives à l'**équipement électrique** à l'exception de l'équipement de traitement sont couvertes par les normes IEC ou ISO spécifiées dans le Tableau 2. Les sources fondamentales des dispositions de sécurité concernant l'**équipement électrique** des **installations EH** ou **EPM**

sont l'IEC 60204-1:2005 et l'IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 pour la BT, ainsi que l'IEC 60204-11:2000 pour la HT.

Les exigences de sécurité relatives à l'équipement de traitement sont spécifiques en raison de son environnement hors norme et de ses conditions internes, dans lesquels

- a) des températures extrêmes peuvent interagir avec l'**équipement électrique**,
- b) de forts **champs** électriques, magnétiques ou **électromagnétiques** peuvent interagir avec l'**équipement électrique**,
- c) l'énergie thermique ou les forces électromagnétiques peuvent menacer l'intégrité structurelle de l'équipement ou de l'**isolation** et des moyens de protection.

Tableau 2 – Installation EH ou EPM type – liste des pièces et références

Pièce de l'installation ou de l'équipement – voir Figure 1		Condition pour laquelle la référence est valide	Référence / source des dispositions
Pièce	Composant / élément		
alimentation en énergie électrique		BT, ≤ 200 Hz	IEC 60364-4-41, IEC 60364-4-42, IEC 60364-4-44, IEC 60364-5-53, IEC 60364-5-54 IEC 60445, IEC 60664-1
mise à la terre de protection, PE			
liaison de protection			
conducteurs et câblage en environnement normalisé			
alimentation en énergie électrique		HT, ≤ 200 Hz	IEC 61936-1, IEC 60071-1,
mise à la terre de protection, PE			
liaison de protection			
conducteurs et câblage en environnement normalisé			
alimentation en énergie électrique		toutes autres, ≤ 36 kV	Article 7
mise à la terre de protection, PE			
liaison de protection			
conducteurs et câblage en environnement normalisé		< 40 °C	IEC 60228
conducteurs et câblage exposés à un environnement non normalisé		> 40 °C	6.4.2, 13.3
équipement de commande	appareillage de commutation et de commande	BT, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		HT, ≤ 36 kV, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		> 36 kV, ≤ 200 Hz	Exigences particulières
		> 200 Hz	Article 7
	automate programmable	toutes	série IEC 61508, IEC 62061, série ISO 13849
	dispositifs de protection		
poste de commande d'opérateur (identique à l'appareillage de commutation et de commande)		$< 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		$> 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		toutes autres	Articles 7 et 8
dispositif d'arrêt d'urgence (identique à l'appareillage de commutation et de commande)		$< 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		$> 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		toutes autres	ISO 13850
dispositifs de contrôle de sécurité et d'avertissement (identique à l'appareillage de commutation et de commande)		$< 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-1
		$> 1\,000$ V, ≤ 200 Hz	IEC 60204-11
		toutes autres	ISO 13850
autres fournitures – par exemple, liquides, carburant, air comprimé		toutes	Article 12

Pièce de l'installation ou de l'équipement – voir Figure 1		Condition pour laquelle la référence est valide	Référence / source des dispositions
Pièce	Composant / élément		
carburants liquides ou gazeux		toutes	ISO 13577-2
système d'extraction de liquides		toutes	Article 12
évacuation		toutes	ISO 13577-1
voies de fuite		toutes	IEC 60364-4-42
équipement de traitement	appareils de chauffage électriques, généralement équipement électrothermique	voir 6.4	Articles 7, 8, 9, 10 Exigences particulières
	appareils de chauffage non électriques		ISO 13577-1 ISO 13577-2
	équipement fournissant des champs électromagnétiques		Articles 7, 8, 9, 10 Exigences particulières
	isolation thermique		Article 10 ISO 13577-1
	isolation électrique		Articles 7, 8, 9, 10
	blindage électromagnétique		Articles 7, 8, 9, 10
	actionneurs et capteurs		série IEC 61310
	équipement de mesure		IEC 61010-1 Exigences particulières
	dispositifs entraînés par moteur et équipement de commande de moteur		IEC 60204-1
	protecteurs, verrouillages, barrières, portes, verrous		ISO 14119 ISO 14120 Exigences particulières
	refroidissement		Articles 10 et 12

4.3.2 Hiérarchie et structure des exigences

Les règles suivantes constituent des lignes directrices particulièrement en ce qui concerne les exigences relatives à la sécurité électromagnétique, qui comprend le choc électrique, le **choc électrique induit**, les courants de contact et d'autres effets des **champs électromagnétiques**.

- Pour toutes les pièces d'une installation comprises dans le domaine d'application de l'une des normes répertoriées dans le Tableau 2, la présente norme doit être utilisée.
- Pour les équipements ou pièces en dehors du domaine d'application de toutes les normes répertoriées dans le Tableau 2, l'Article 7 s'applique, c'est-à-dire pour les équipements dont les fréquences sont supérieures à 200 Hz ou destinés à une utilisation à des températures supérieures à 40 °C.
- L'équipement dépassant la limite de tension de 36 kV est traité dans les Exigences particulières.

4.4 Classification des risques et dangers

4.4.1 Classification des dangers

Les dangers sont différenciés selon les critères suivants:

- les dangers dans lesquels les blessures sont immédiates – c'est-à-dire tout accident qui produit directement des blessures et

- b) les dangers dans lesquels les blessures dépendent de l'exposition, de l'accumulation ou de la dose – par exemple, de l'intensité, d'une force de champ, d'une durée d'exposition.

Des dangers immédiats sont par exemple un choc électrique, l'éjection d'objets, l'explosion, des dangers mécaniques tels que les coupures ou les chutes, des substances toxiques à des doses potentiellement mortelles.

Des dangers liés à l'exposition sont par exemple l'exposition à des rayonnements optiques ou d'hyperfréquences, l'exposition à des champs électriques ou magnétiques, l'exposition aux sons ou au bruit, l'exposition aux rayonnements ionisants ou aux substances toxiques ou radioactives.

Le contact avec des surfaces ou substances chaudes peut dépendre de la dose à basse température, ou être immédiat, par exemple dans le cas d'un contact direct avec des métaux liquides.

Les dangers se différencient selon qu'il s'agit de

- c) dangers perceptibles – c'est-à-dire de dangers créant des réactions corporelles négatives et
d) dangers insensibles ou imperceptibles.

Des dangers perceptibles sont par exemple la température d'un matériau ou de l'environnement, un rayonnement visible intense, les pièces en déplacement rapide, l'accélération, les vibrations ou le bruit.

Des dangers insensibles ou imperceptibles sont par exemple, le rayonnement UV, le rayonnement ionisant ou les substances radioactives, les substances toxiques, les hyperfréquences, les champs magnétiques ou électriques.

4.4.2 Classification des risques

Les risques dépendant du niveau d'exposition, de la durée, de l'intensité de l'agent, mais dépendant également de la partie du corps exposée, de la connaissance ou de la sensibilisation à l'agent, de l'expérience ou des informations sur le type de danger, et de facteurs comportementaux tels que l'aversion ou le retrait sont traités sous forme d'un classement par catégories de niveaux de risque, les dangers imperceptibles étant classés comme nécessitant des mesures de protection particulières. Le Tableau 3 résume ces points en une approche générale.

Tableau 3 – Plan de classification de sécurité pour les risques d'exposition

Groupe de risques		Restrictions et mesures de protection	Information et formation
0	exempt	Pas de restriction	Aucune information nécessaire
1	risque faible	Des restrictions telles qu'une limitation d'accès ou des mesures de protection peuvent être indiquées selon le résultat de l'appréciation du risque.	Informations sur les dangers, les risques et les effets secondaires à fournir par le constructeur
2	risque modéré	Restrictions spéciales et mesures de protection essentielles	Informations sur les dangers, les risques et les effets secondaires à fournir par le constructeur . Si la formation spécifique de l' opérateur est jugée nécessaire par le constructeur , ce dernier doit l'indiquer.
3	risque élevé	Aucun accès	Informations sur les dangers, les risques et les effets secondaires à fournir par le constructeur .

Chaque position spatiale ou zone de danger doit être considérée individuellement. Les **conditions de fonctionnement normal** et la condition de premier défaut doivent être prises en compte. L'Annexe B et l'Annexe C donnent des exemples de classification des groupes de risques.

4.4.3 Limites

Les limites relatives aux dangers significatifs traités dans la présente norme concernent les éléments suivants:

- les **champs** électriques, magnétiques et **électromagnétiques** y compris les courants de contact – les informations sur les dangers et les limites applicables sont fournies dans l'Annexe B,
- le rayonnement optique pour les rayons infrarouges, visibles et ultraviolets – des informations sur les limites reconnues au niveau international sont fournies dans l'Annexe C;
- les champs acoustiques – des informations sur les limites sont fournies dans l'Annexe D;
- l'environnement ambiant chaud et les objets chauds – les limites sont données dans l'ISO 13732-1, elles correspondent au Guide IEC 117 (voir également l'Article 10).

Il est de la responsabilité du **constructeur** ou de l'**utilisateur**, selon le cas, de prendre en compte les valeurs limites spécifiées par les réglementations nationales, si elles existent. Si ce n'est pas le cas, les limites définies dans la présente norme peuvent être utilisées.

5 Appréciation du risque

Les risques associés aux dangers liés à l'installation doivent être évalués. Cela détermine la réduction adéquate des risques identifiés et les mesures de protection nécessaires, tout en conservant une performance appropriée de l'installation.

La présente norme, en combinaison avec les Exigences particulières applicables, assiste le **constructeur** pendant le processus d'appréciation du risque et de réduction du risque. La présente norme aborde les dangers types et spécifiques liés aux **installations EH** et **EPM**. L'Annexe A fournit une liste des dangers significatifs décrits dans la présente norme.

La mise en œuvre et les méthodes d'appréciation du risque et de réduction du risque sont spécifiées dans l'ISO 12100 et s'appliquent.

6 Dispositions générales

6.1 Considérations de base

6.1.1 Une **installation** ou un **équipement EH** or **EPM** doit être adapté(e) à son utilisation prévue, elle (il) doit être conçu(e) pour être utilisé(e), réglé(e) et maintenu(e) sans exposer des personnes à des **risques** dans des **conditions de fonctionnement normal** ou des conditions de premier défaut. La conception et la construction doivent garantir une réduction adaptée des **risques** à l'état de l'art et pendant la durée de vie prévisible de l'installation ou de l'équipement.

Par sa **charge de travail**, elle ne doit pas causer de risque qui soit prévisible par le **constructeur**.

6.1.2 Tout **équipement** ou **installation EH** ou **EPM** doit être conçu pour éviter ou réduire la possibilité d'utilisation incorrecte ou de condition de défaut.

6.1.3 Aucun **équipement** ou **installation EH** ou **EPM** ne doit présenter de risques de types immédiat ou imperceptible, à moins qu'il ne soit impossible d'atteindre autrement son but

prévu. Dans ces cas, des mesures de protection, des avertissements et des instructions supplémentaires doivent être fournis.

6.1.4 Le **constructeur** doit, dans l'ordre suivant:

- a) éliminer les risques pour obtenir une installation ou un équipement intrinsèquement sûr,
- b) fournir des mesures de protection pour les risques qui ne sont pas éliminés,
- c) fournir à l'**utilisateur** toutes les informations nécessaires sur les risques résiduels, indiquer la formation et l'équipement de protection personnelle nécessaires.

Même si une conception intrinsèquement sûre semble hors de portée pour la plupart des **installations** ou équipements **EH** ou **EPM**, le **constructeur** doit tenter de l'atteindre lorsque cela est possible.

6.1.5 Les mesures de protection sont une combinaison des mesures intégrées au stade de conception et des mesures indiquées comme devant être mises en œuvre par l'**utilisateur**. Le **constructeur** doit intégrer toutes les mesures identifiées comme nécessaires selon les Articles 5 à 17 le cas échéant.

6.1.6 Si un danger spécifique est classé dans le groupe de risques 1 ou 2 tel que défini dans le Tableau 3 et ne peut être encore réduit par le **constructeur**, ce dernier doit fournir des informations détaillées à l'intention de l'**utilisateur**, notamment

- a) une description graphique ou un plan de l'installation indiquant la position et les limites des zones appartenant au groupe de risques 1 ou 2;
- b) des informations sur les dispositifs de signalisation et d'avertissement – voir 19.3;
- c) les marquages et avertissements nécessaires – voir 19.4;
- d) l'indication des restrictions et mesures de protection nécessaires à prendre par l'**utilisateur** – voir 19.5;
- e) l'indication des informations nécessaires à l'intention des **opérateurs** – voir 19.5;
- f) l'indication des procédures de travail sûres ou qui réduisent le risque.

6.1.7 Si un danger spécifique est classé dans le groupe de risques 3 tel que défini dans le Tableau 3 et ne peut être encore réduit par le **constructeur**, ce dernier doit fournir des informations détaillées à l'intention de l'**utilisateur**, notamment

- a) une description graphique ou un plan de l'installation indiquant la position et les limites des zones appartenant au groupe de risques 3;
- b) des informations sur les dispositifs de signalisation et d'avertissement – voir 19.3;
- c) les marquages et avertissements nécessaires – voir 19.4;
- d) l'indication des informations nécessaires aux **opérateurs** – voir 19.5.

6.1.8 Une réduction appropriée du risque ne doit pas être confondue avec la réduction de l'exposition à des niveaux proches des limites d'exposition. Une réduction appropriée du risque élimine un danger, ou si ce n'est pas possible, réduit l'exposition à la limite technique. L'utilisation appropriée des limites d'exposition relève de la responsabilité de l'**utilisateur**.

6.2 Dangers significatifs

Les dispositions à prendre pour la protection contre les différents types de dangers significatifs identifiés sont spécifiées de l'Article 6 à l'Article 17. L'Annexe A fournit une liste des dangers significatifs concernés par l'application de la présente norme.

La vérification de la conformité avec les dispositions de la présente norme doit être effectuée selon l'Article 18.

6.3 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'installation en l'état et équipement électrique à l'extérieur de l'équipement de traitement

6.3.1 L'installation EH ou EPM et son équipement électrique qui sont situés hors de l'équipement de traitement doivent être adaptés à l'environnement physique et aux conditions d'exploitation de leur but prévu.

Lorsque des conditions spéciales s'appliquent ou que les limites spécifiées en 6.3 sont dépassées, un accord entre le **constructeur** et l'**utilisateur** peut être nécessaire. Dans ce cas, le 4.1 et l'Annexe B de l'IEC 60204-1:2005 et l'IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 s'appliquent aux installations BT et le 4.1 et l'Annexe B de l'IEC 60204-11:2000 s'appliquent aux installations HT.

6.3.2 L'installation ne doit pas générer de perturbations électromagnétiques supérieures aux niveaux appropriés pour son lieu d'utilisation prévu. De plus, l'équipement doit posséder un niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques, afin qu'il puisse fonctionner dans son lieu d'utilisation prévu. Les exigences sont identifiées dans l'Annexe E.

6.3.3 L'installation doit être capable de fonctionner en toute sécurité à la température ambiante prévue. L'exigence minimale pour l'ensemble de l'**équipement électrique** est un fonctionnement sûr à des températures d'air comprises entre 5 °C et 40 °C.

6.3.4 L'installation doit être capable de fonctionner en toute sécurité lorsque l'humidité relative ne dépasse pas 50 % à une température maximale de 40 °C. Une humidité relative plus élevée est admise à des températures plus basses (par exemple, lorsqu'elle est inférieure à 90 % à 20 °C). L'installation doit être capable de fonctionner en toute sécurité si de la condensation se forme occasionnellement ou le **constructeur** doit éviter la condensation par la conception de l'équipement ou, si nécessaire, par des mesures supplémentaires (telles que des chauffages intégrés, une climatisation ou des orifices de purge).

6.3.5 L'installation doit être capable de fonctionner de manière sûre à la pression d'air prévue jusqu'à 1 000 m d'altitude et dans un large éventail de climats et de conditions atmosphériques. La limite de pression ambiante inférieure doit être de 85 % de la pression atmosphérique normale au niveau de la mer.

Pour les équipements destinés à être utilisés à des altitudes plus élevées ou des pressions d'air inférieures, il est nécessaire de prendre en compte la diminution de la rigidité diélectrique, la fonctionnalité de coupure des dispositifs et le pouvoir de refroidissement de l'air.

6.3.6 L'**équipement électrique** de l'installation doit être protégé de manière appropriée contre la pénétration d'éléments solides et liquides selon 11.3 de l'IEC 60204-1:2005 pour l'équipement BT. Il doit être protégé de manière appropriée contre les agents contaminants (par exemple, la poussière, les acides, les gaz corrosifs ou les sels) qui peuvent se trouver dans le lieu physique auquel l'équipement est destiné.

6.3.7 Lorsque l'équipement est exposé au rayonnement (par exemple, hyperfréquences, UV, laser ou rayon X), des mesures supplémentaires doivent être prises pour éviter un dysfonctionnement de l'équipement, une détérioration accélérée de l'**isolation**, la dégradation du métal ou la corrosion due aux effets induits du rayonnement.

6.3.8 Les effets indésirables des vibrations, des chocs et des coups sur l'installation (y compris ceux qui proviennent de l'installation et de son matériel connexe, ainsi que ceux qui sont créés par l'environnement physique) doivent être évités par le choix du matériel approprié, en le montant à distance de l'équipement générant les vibrations ou les chocs, ou par utilisation de montages antivibrations ou antichocs.

6.4 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique à l'intérieur de l'équipement de traitement

6.4.1 L'équipement électrique placé à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement doit être adapté à l'environnement physique et aux conditions d'exploitation de son but prévu.

Les conditions physiques présentes à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement couvrent un très large éventail d'environnements différents; un accord entre le **constructeur** et l'**utilisateur** peut être nécessaire concernant ces conditions.

6.4.2 L'équipement électrique doit être capable de fonctionner correctement dans des **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut

- a) aux niveaux de température prévus à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement;
- b) aux niveaux d'humidité à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement (on peut attendre des niveaux d'humidité extrêmes ou une forte condensation ainsi qu'une immersion totale);
- c) aux conditions et pressions atmosphériques prévues à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement;
- d) sous les champs électriques et magnétiques présents à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement.

6.4.3 L'équipement électrique doit être protégé de manière appropriée contre la pénétration d'éléments solides et liquides, en particulier contre les contaminants (tels que la poussière, les acides, les gaz corrosifs ou les sels) qui sont susceptibles d'être présents à l'intérieur ou à proximité de l'équipement de traitement.

6.4.4 Lorsque l'équipement électrique à l'intérieur de l'équipement de traitement est exposé aux rayonnements (par exemple hyperfréquences, UV, laser ou rayons X), des mesures supplémentaires doivent être prises pour éviter son dysfonctionnement et la détérioration accélérée de son **isolation**.

6.4.5 Les effets indésirables des vibrations, des chocs et des coups générés par l'équipement de traitement sur l'installation, ainsi que ceux qui sont créés par l'environnement physique, doivent être évités par le choix de l'équipement électrique approprié, en le montant à distance de l'équipement de traitement, ou par l'utilisation de montages antivibrations.

6.5 Alimentation électrique

6.5.1 L'installation doit être conçue pour fonctionner correctement dans des **conditions de fonctionnement normal** avec les caractéristiques du **réseau d'alimentation**:

- telles que spécifiées ci-dessous, ou
- telles que spécifiées autrement par l'**utilisateur** et visées par le **constructeur**, ou
- comme spécifiées par le **constructeur** dans le cas d'une source spéciale telle qu'un générateur embarqué.

Pour les alimentations à la fréquence du réseau, les conditions suivantes s'appliquent, sauf en cas d'accord contraire explicite entre le **constructeur** et l'**utilisateur**:

- a) tension à l'état constant comprise dans la plage de 90 % à 110 % de la tension nominale;
- b) fréquence continue comprise entre 0,99 et 1,01 de la fréquence nominale; conformément à l'IEC 60204-1, 0,98 jusqu'à 1,02 pour la période temporaire (pas d'augmentation de température excessive des composants due à un courant anormal).

Pour les systèmes d'alimentation spéciaux tels que les générateurs embarqués, les limites données peuvent être dépassées à condition que l'équipement soit conçu pour fonctionner correctement dans ces conditions.

6.5.2 En cas de panne ou de défaut de l'alimentation électrique, l'installation ou l'équipement

- a) ne doit pas passer en mode de fonctionnement dangereux ou en condition de premier défaut, notamment ne doit pas démarrer de manière inattendue, ne doit pas être empêché de s'arrêter si la commande d'arrêt a été actionnée, ne doit pas éjecter ou laisser tomber des pièces ou une **charge de travail** à moins qu'une protection adaptée soit fournie;
- b) ne doit pas perdre le paramétrage de l'appareillage de commutation et de commande ou de l'automate programmable nécessaire à la sécurité du fonctionnement;
- c) doit être capable de garder tous les **dispositifs de protection** entièrement opérationnels ou leur permettre d'activer une commande d'arrêt;
- d) doit être capable de refroidir sans causer de danger.

6.6 Accès

6.6.1 L'installation ou l'équipement doit permettre un accès sûr à toutes les zones dans lesquelles une intervention est nécessaire lors de l'exploitation ou de la maintenance. L'équipement doit être conçu et installé de façon que tous les dispositifs et composants destinés à être accessibles, observés et vus par l'**opérateur** soient accessibles ou visibles pour l'**opérateur**.

6.6.2 Les risques doivent être réduits en limitant ou en empêchant l'accès au danger ou à la zone de danger. La limitation de l'accès aux surfaces ou aux pièces qui peuvent causer un danger ou de l'accès donnant sur une zone dangereuse dépend du danger proprement dit, de son type (immédiat ou dépendant de l'exposition) et de la force de la source de danger (par exemple, la température d'une surface ou la tension d'une **partie active**).

6.6.3 La protection contre l'accès accidentel aux **parties actives dangereuses** ou contre la pénétration accidentelle dans une zone dangereuse doit être fournie dans tous les cas dans lesquels il n'y a pas de **barrières** ni d'**enveloppes**, ou dans lesquels les **barrières** ou **enveloppes** sont à retirer pour accéder aux dispositifs nécessitant un fonctionnement manuel ou aux composants ayant besoin d'être remplacés.

6.6.4 La voie d'accès au dispositif et l'espace nécessaire à son fonctionnement doivent prévoir une protection contre le contact accidentel avec des **parties actives dangereuses** ou contre la pénétration accidentelle dans une zone dangereuse en fournissant une distance appropriée.

Des **obstacles** protégeant contre le contact accidentel doivent être fournis si la voie d'accès ou l'espace est inférieur à la distance appropriée par rapport aux **parties actives dangereuses**.

6.6.5 Le niveau de protection ne doit pas être inférieur à IPXXB (également satisfait par l'IP2X) de l'IEC 60529 depuis la direction d'approche du dispositif ou du composant, et ne doit pas être inférieur à IPXXA (également satisfait par l'IP1X) de l'IEC 60529 depuis les autres directions.

6.7 Aspects ergonomiques

Les contraintes physiques et physiologiques auxquelles l'**opérateur** est confronté, lors des **conditions de fonctionnement normal** et des conditions d'environnement prévues, doivent être réduites au minimum possible. A cet égard, les principaux objectifs sont les suivants:

- a) éviter une cadence de travail déterminée par l'installation uniquement,

- b) éviter une surveillance de l'installation ou de son unité de commande qui demande une concentration laborieuse,
- c) permettre la variation de la force, la constitution ou la taille physique des différents **opérateurs**,
- d) permettre un espace suffisant pour les mouvements de l'**opérateur**,
- e) adapter l'unité de commande et les autres interfaces à la variation prévisible des caractéristiques des **opérateurs**.

Les dispositions de l'ISO 6385 s'appliquent.

6.8 Transport et stockage

L'**équipement électrique** doit être conçu pour résister aux effets des températures de transport et de stockage comprises entre -25 °C et 55 °C et, pendant de courtes périodes ne dépassant pas 24 h, atteignant 70 °C. Sinon, des précautions adaptées doivent être prises pour le protéger de tels effets. Des moyens appropriés doivent être fournis pour éviter les dommages dus à l'humidité, les vibrations et les chocs.

NOTE L'**équipement électrique** susceptible d'être endommagé à basse température comprend les câbles isolés en PVC, certains condensateurs électrolytiques ou équipements utilisant de l'eau de refroidissement.

6.9 Dispositions en vue de la manipulation

6.9.1 L'installation ou l'**équipement EH** ou **EPM** doit être manipulable ou assemblable en toute sécurité.

6.9.2 Toute partie d'une installation ou d'un équipement qui ne peut être déplacé à la main doit être munie de fixations pour le levage.

6.9.3 Toutes les pièces doivent s'assembler facilement par le biais de dispositions appropriées ou d'un engin de levage.

6.10 Consommables et pièces remplaçables

Les consommables ou les pièces remplaçables destinés à être remplacés par l'**opérateur** doivent être intégrés ou montés de façon que le remplacement soit simple et sûr, pour assurer un montage correct et clair et le branchement électrique.

7 Protection contre les chocs électriques

7.1 Généralités

L'Article 7 s'applique

- a) à l'équipement de traitement s'il n'est pas couvert par le domaine d'application et les limites environnementales de la série IEC 60204, c'est-à-dire s'il dépasse 40 °C, et
- b) à l'équipement des **installations EH** ou **EPM** dont la fréquence électrique dépasse 200 Hz.

L'Article 7 ne s'applique pas non plus à l'équipement couvert par la série IEC 60204, ni à l'équipement dont la tension dépasse 36 kV, qui est couvert par les Exigences particulières.

NOTE Les dangers électriques sont associés aux charges et courants électriques de fréquences entre 0 Hz jusqu'à environ 100 kHz. Le phénomène de choc électrique classique change progressivement ou disparaît à la limite supérieure; les moyens de protection tels que la liaison équipotentielle cessent de fonctionner avec fiabilité.

7.2 Règle de protection fondamentale

Les **parties actives dangereuses** ne doivent pas être accessibles et les parties conductrices accessibles ne doivent pas être actives de façon dangereuse soit pendant les **conditions de fonctionnement normal**, soit en condition de premier défaut. Pour les installations ou équipements HT, pénétrer dans la **zone de danger HT** est considéré comme équivalent à toucher une **partie active dangereuse**.

Les parties non accessibles sont toutes des **parties actives dangereuses** ou des zones de danger hors des limites d'atteinte – c'est-à-dire que le contact est impossible tel que défini dans l'ISO 13857 lors des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut.

La protection dans des **conditions de fonctionnement normal** est assurée par la protection principale (7.4), et la protection en condition de premier défaut est assurée par la protection contre les défauts (7.5). La protection par la disposition de protection renforcée telle que définie en 5.3 de l'IEC 61140:2001 n'est pas suffisante pour une installation ou un équipement couvert par le domaine d'application de la présente norme.

7.3 Dispositions générales

7.3.1 Toutes les parties conductrices qui ne sont pas séparées des **parties actives dangereuses** par au moins une **isolation principale** doivent être traitées comme des **parties actives dangereuses**. Cela s'applique également aux parties conductrices qui sont séparées par une **isolation principale** mais sont connectées à des **parties actives dangereuses** par le biais de composants, qui ne sont pas conçus pour résister à la même contrainte électrique que celle spécifiée pour l'**isolation principale**.

7.3.2 Les parties conductrices exposées de l'installation ou de l'équipement doivent être connectées à une borne de liaison de protection. Cela inclut toutes les parties enduites seulement de peinture, de vernis, de laque et produits similaires. Les parties conductrices qui peuvent être touchées mais sont séparées des **parties actives dangereuses** par une séparation de protection ne sont pas incluses.

7.3.3 Si l'installation ou l'équipement n'est pas entièrement couvert quant aux pièces conductrices, les règles suivantes s'appliquent aux parties accessibles du matériau isolant. Les surfaces accessibles des parties du matériau isolant qui

- sont conçues pour être agrippées ou
- sont susceptibles d'entrer en contact avec des surfaces conductrices qui peuvent distribuer un potentiel dangereux, ou
- peuvent entrer en contact significatif (zone supérieure à 50 mm × 50 mm) avec une partie du corps, ou
- sont à utiliser dans des zones où la pollution est hautement conductrice

doivent être séparées des **parties actives dangereuses** par

- a) une double **isolation** ou une **isolation** renforcée, ou
- b) une **isolation principale** et un écran de protection, ou
- c) une combinaison des deux.

Toutes les autres surfaces accessibles des parties du matériau isolant doivent être séparées des **parties actives dangereuses** par au moins une **isolation principale**. Pour tous les équipements destinés à faire partie de l'installation, l'**isolation principale** doit être fournie pendant le montage et l'installation par le **constructeur** ou l'**utilisateur** tel que l'indique le **constructeur** dans ses informations pour l'utilisation.

On estime que ces exigences sont satisfaites si

- les parties accessibles du matériau isolant fournissent l'**isolation** requise et leur température ne dépasse pas les limites définies dans l'Article 10;
- le tableau de distribution est fabriqué en métal et les axes d'entraînement des boutons d'interruption, des poignées tournantes ou éléments similaires sont connectés efficacement au potentiel de terre à toutes les positions.

7.3.4 La conception de l'installation ou de l'équipement doit limiter l'accès aux **zones de danger HT**. Il doit être tenu compte du besoin d'accès pour exploitation et maintenance par les **opérateurs**. Lorsque des distances de sécurité ne peuvent pas être établies, un blindage de protection permanent doit être installé.

Des étiquettes d'avertissement doivent être affichées sur toutes les portes d'accès, les **protecteurs**, les **barrières** et être conformes à 19.4.

7.3.5 Si pour des raisons de fonctionnement, il n'est pas possible d'empêcher que les pièces BT suivantes soient à la fois accessibles et **actives dangereuses**, elles peuvent être accessibles par un **opérateur** dans des **conditions de fonctionnement normal**:

- a) les pièces des lampes et les prises des lampes après la suppression des lampes;
- b) les pièces destinées à être remplacées et qui peuvent être actives et dangereuses lors du remplacement ou d'une autre action de l'**opérateur**, mais seulement si elles sont accessibles au moyen d'un outil et comportent un marquage d'avertissement – voir 19.4.

Si l'une des pièces mentionnées en a) et b) reçoit une charge d'un condensateur interne, elle ne doit pas être active et dangereuse après 10 s suivant l'interruption de l'alimentation.

7.4 Protection principale

7.4.1 Toutes les installations ou tous les équipements relevant du domaine d'application de la présente norme doivent être dotés d'une protection principale.

- a) Pour les installations ou les équipements BT, en l'absence d'une norme spécifique répertoriée dans le Tableau 2, toute protection principale doit être conforme à l'IEC 60364-4-41.
- b) Pour les installations ou les équipements HT, en l'absence d'une norme spécifique répertoriée dans le Tableau 2, toute protection principale doit être conforme à 7.4.

7.4.2 La protection principale doit comprendre une ou plusieurs dispositions qui empêchent au moins le contact avec les **parties actives dangereuses** dans des **conditions de fonctionnement normal**.

7.4.3 Lorsqu'une **isolation principale** solide est employée, elle doit empêcher le contact avec les **parties actives dangereuses**.

Dans le cas des installations et équipements HT, une tension peut être présente sur la surface de l'**isolation** solide et des précautions supplémentaires peuvent être nécessaires.

Lorsque l'**isolation principale** est assurée au moyen de l'air, l'accès aux **parties actives dangereuses** ou la pénétration dans une zone de danger doit être empêché(e) par des **obstacles**, **barrières** ou **enveloppes** tel que spécifié en 7.4.4 et 7.4.5 ou en les plaçant hors de portée conformément à l'ISO 13857.

Lorsqu'un **obstacle** conducteur est séparé des **parties actives dangereuses** par une **isolation principale** seulement, il s'agit d'une pièce conductrice exposée et des mesures de protection contre les défauts doivent être appliquées.

7.4.4 Les **barrières** ou **enveloppes** empêchant d'accéder aux **parties actives dangereuses** ou d'entrer dans la zone de danger doivent fournir le niveau de protection d'au moins IPXXB (également satisfait par l'IP2X) de l'IEC 60529.

Les **barrières** ou **enveloppes** doivent avoir une résistance mécanique, une stabilité et une durabilité suffisantes pour maintenir le niveau de protection spécifié, en tenant compte de toutes les influences présentes provenant de l'environnement et de l'intérieur de l'**enveloppe** – les normes ISO 14119 et ISO 14120 doivent être utilisées pour leur conception.

Lorsque la conception ou la construction permet la suppression des **barrières**, l'ouverture des **enveloppes** ou la suppression des pièces des **enveloppes**, l'accès aux parties **actives dangereuses** ou la pénétration en zone de danger doit seulement être possible

- au moyen d'une clé ou d'un outil ou
- après le sectionnement des **parties actives dangereuses** du **réseau d'alimentation** dans lequel l'**enveloppe** ne fournirait plus de protection, le rétablissement de l'alimentation ne doit devenir possible qu'après le remplacement des **barrières** ou des pièces d'**enveloppes** ou après la fermeture des portes, ou
- lorsqu'une **barrière** intermédiaire permet de continuer à maintenir le niveau de protection requis, cette **barrière** n'étant retirable qu'au moyen d'une clé ou d'un outil.

Les **barrières** ou les **enveloppes** doivent être fabriquées en un matériau ne pouvant pas générer de courants induits dangereux.

7.4.5 Dans le cas des installations et équipements HT, les inégalités importantes de forces de champ électrique à l'intérieur ou le long d'un isolateur ou d'une **isolation** doivent être réduites au niveau de sécurité ou évitées au moyen de mesures de construction ou par le biais d'une répartition des potentiels. Cela doit empêcher l'**opérateur** d'entreprendre une action dangereuse et le protéger contre les **tensions de contact**.

NOTE La répartition des potentiels est généralement utilisée pour les installations électriques, dans lesquelles des courants de terre élevés circulent.

7.4.6 À des fréquences dépassant 200 Hz, la répartition des potentiels du circuit doit être contrôlée par les moyens suivants:

- a) Si une mise à la terre est nécessaire pour des raisons inhérentes à la conception de l'équipement, on ne doit se fier à aucune pièce de construction dans l'installation. Un conducteur de faible réactance séparé pour le chemin entre le générateur et l'applicateur de traitement doit être fourni à la place.
- b) La chute de tension ne doit pas dépasser 5 V en valeur efficace sur une distance quelconque de l'installation pouvant être directement touchée par une personne, si les courants du conducteur dépassent 500 A à moins que l'accès à l'installation soit empêché par des **barrières** ou **enveloppes** suffisantes (voir 7.4.4).

NOTE Cette limitation de l'étendue géométrique est due aux ondes électromagnétiques et à leur propagation qui produit une continuité de mise à la terre manquant de fiabilité à des fréquences dépassant environ 100 kHz.

7.5 Dispositions relatives à la protection de premier défaut

7.5.1 La protection contre les défauts doit comprendre une ou plusieurs dispositions indépendantes de la protection principale et complémentaires à celle-ci. Les différentes dispositions de protection contre les défauts sont spécifiées de 7.5.2 à 7.5.7.

7.5.2 Les conditions de premier défaut doivent être prises en compte si elles peuvent avoir pour résultat

- a) qu'une **partie active** non **dangereuse** accessible devienne une **partie active dangereuse** ou
- b) qu'une partie conductrice accessible qui n'est pas active en **conditions de fonctionnement normal** devienne active et dangereuse ou
- c) qu'une **partie active dangereuse** devienne accessible.

7.5.3 Pour satisfaire à la règle fondamentale de la condition de premier défaut, la protection contre les défauts doit être obtenue par une disposition de protection supplémentaire, indépendante de celle de la protection principale (7.3.4). La protection de premier défaut indépendante doit être fournie

- pour les installations ou équipements BT, en l'absence d'une norme spécifique répertoriée dans le Tableau 2, conformément à l'IEC 60364-4-41.
- pour les installations ou équipements HT, en l'absence d'une norme spécifique répertoriée dans le Tableau 2, selon 7.5.

7.5.4 Chacune des deux dispositions de protection indépendantes doit être conçue de façon qu'une panne soit peu probable dans les conditions d'environnement spécifiées en 6.3 ou 6.4 et dans des **conditions de fonctionnement normal** ou une condition de premier défaut.

Les deux dispositions de protection indépendantes ne doivent pas avoir d'influence l'une sur l'autre.

NOTE La panne simultanée des deux dispositions de protection indépendantes est peu probable et n'est généralement pas prise en compte. La fiabilité repose sur le fait qu'une des deux dispositions reste effective.

7.5.5 Les exigences relatives aux liaisons équipotentielles de protection sont définies en 7.6 et s'appliquent de façon indépendante.

7.5.6 L'écran de protection doit consister en un **écran** conducteur placé entre les **parties actives dangereuses** d'une installation ou d'un équipement et la pièce à protéger. L'**écran** de protection doit être connecté au système de liaison équipotentielle de protection de l'installation ou de l'équipement; il doit lui-même satisfaire aux exigences relatives aux liaisons équipotentielles de protection selon 7.6.

7.5.7 Une séparation simple entre un circuit et d'autres circuits ou la terre doit être obtenue par une **isolation principale** intégrale, assignée pour la plus haute tension présente.

Si un composant est connecté entre les circuits séparés, il doit résister aux contraintes électriques spécifiées pour l'**isolation** pour laquelle il réalise le circuit en pont et son impédance doit limiter le flux de courant susceptible de traverser le composant aux valeurs de courant de contact en état stationnaire indiquées à l'Annexe B.

7.5.8 L'isolation complémentaire doit être dimensionnée pour résister aux mêmes contraintes que pour l'**isolation principale**.

7.6 Liaison équipotentielle de protection

7.6.1 Le système de liaison équipotentielle de protection doit comprendre l'un des éléments suivants ou une combinaison appropriée de deux ou plus des éléments suivants:

- a) moyens de liaison équipotentielle de protection dans l'équipement;
- b) liaison équipotentielle de protection mise à la terre dans l'installation;
- c) conducteur de protection (PE);
- d) conducteur de protection, également un conducteur neutre (PEN);
- e) écran de protection;
- f) point de terre de la source;
- g) électrode de terre (y compris des électrodes de terre pour la répartition des potentiels);
- h) conducteur de terre.

Des considérations spécifiques s'appliquent pour les fréquences nettement supérieures à la fréquence du réseau et sont données dans les Exigences particulières.

Toutes les parties des circuits de liaison de protection doivent être conçues de sorte qu'elles soient capables de résister aux contraintes thermiques et mécaniques les plus élevées pouvant être provoquées par des courants de défaut à la terre traversant toute partie des circuits de liaison de protection. Pour l'évaluation des courants de court-circuit, l'IEC 60909-0 doit être utilisée; pour les effets des courants de court-circuit, l'IEC 60865-1 est applicable.

Toute partie de structure de l'installation ou de l'équipement électrique peut être utilisée en tant que partie du circuit de liaison de protection, dans le cas où un système de surveillance de défaut à la terre est installé.

7.6.2 Le système de liaison équipotentielle d'une installation ou d'un équipement HT doit être connecté à la terre en raison des risques spéciaux qui peuvent être présents, par exemple le danger d'une tension de contact et d'une tension de pas élevées et celui de parties conductrices exposées devenant actives à cause d'une décharge électrique. L'impédance par rapport à la terre de l'agencement de mise à la terre doit être assignée de façon qu'aucune **tension de contact** dangereuse ne puisse survenir (voir l'Article 18 en lien à l'Annexe B). Les parties conductrices exposées, qui peuvent devenir actives dans des conditions de défaut, doivent être connectées à l'agencement de terre.

7.6.3 Les parties conductrices accessibles qui peuvent acquérir une **tension de contact** effective dangereuse dans le cas d'une panne de la protection principale, c'est-à-dire les parties conductrices exposées et tout **écran** de protection, doivent être connectées au système de liaison équipotentielle de protection.

7.6.4 Le système de liaison équipotentielle de protection doit être d'impédance suffisamment faible pour éviter une différence de potentiel dangereuse entre les parties en cas de panne de l'**isolation** et, si nécessaire, doit être utilisé conjointement à un **dispositif de protection** activé par le courant de défaut.

Cela peut nécessiter de considérer les valeurs d'impédance relatives des différents éléments d'un système de liaison équipotentielle de protection. La différence de potentiel n'a pas besoin d'être prise en compte si l'impédance du circuit limite le courant de contact d'état stationnaire dans le cas d'un premier défaut de sorte qu'elle ne peut pas dépasser 3,5 mA en valeur efficace pour des fréquences atteignant 100 Hz ou 10 mA pour des applications de courant continu lorsqu'elles sont mesurées selon l'Article 18. Dans certains environnements ou situations, par exemple des lieux hautement conducteurs ou des zones humides, les valeurs de limitation doivent être inférieures.

NOTE L'IEC TS 60479-1 peut fournir des données correspondantes sur l'impédance.

7.6.5 Toutes les parties de la liaison équipotentielle de protection doivent être dimensionnées de sorte que les contraintes thermiques et dynamiques susceptibles de se produire en raison d'un courant de défaut n'altèrent pas les caractéristiques du système de liaison équipotentielle de protection à la suite d'une panne ou d'un chevauchement de l'**isolation principale**. Certains dommages locaux, qui ne nuisent pas à la sécurité, par exemple, une tôle métallique faisant partie d'une **enveloppe**, peuvent être acceptés sur le lieu où le défaut survient.

7.6.6 Toutes les parties de la liaison équipotentielle de protection doivent être capables de résister à toutes les influences internes et externes (y compris mécaniques, thermiques et corrosives) qui peuvent se produire pendant la durée de vie attendue de l'installation.

Si les pièces ont besoin d'être vérifiées ou maintenues régulièrement, le **constructeur** doit l'indiquer dans les informations pour l'utilisation.

Les connexions conductrices mobiles, par exemple les charnières et coulisses, ne doivent pas être considérées comme les parties d'un système de liaison équipotentielle de protection à moins que la conformité aux exigences du 7.6 soit maintenue.

Quand un composant d'une installation ou d'un équipement est destiné à être retiré, on ne doit pas interrompre la liaison équipotentielle de protection de toute autre partie de

l'installation ou de l'équipement en retirant le composant, à moins de déconnecter d'abord l'alimentation électrique de l'autre partie.

Aucun élément de la liaison équipotentielle de protection ne doit contenir de dispositif dont on peut raisonnablement attendre qu'il interrompe la continuité électrique ou introduise une impédance significative, à l'exception des composants destinés à être retirés. Cette exigence peut être levée seulement temporairement pour vérifier la continuité des conducteurs de protection ou pour mesurer le courant du conducteur de protection – voir l'Article 18.

7.6.7 Lorsque les éléments de la liaison équipotentielle de protection peuvent être interrompus par le même coupleur ou dispositif de prise de courant que les conducteurs d'alimentation concernés, la liaison équipotentielle de protection ne doit pas être interrompue avant les conducteurs d'alimentation. La liaison équipotentielle de protection doit être rétablie au plus tard au moment de la reconnexion des conducteurs d'alimentation. Ces exigences ne s'appliquent pas lorsque l'interruption et la reconnexion sont seulement possibles avec l'équipement à l'état hors tension.

7.6.8 Dans les installations et les équipements HT, la liaison équipotentielle de protection ne doit pas être interrompue avant que le contact principal ait atteint une distance d'isolation qui peut résister à la tension de tenue aux chocs assignée de l'équipement.

7.6.9 Les conducteurs de la liaison équipotentielle de protection, qu'ils soient isolés ou nus, doivent être immédiatement identifiables par leur forme, leur emplacement, le marquage ou la couleur, à l'exception des conducteurs qui ne peuvent pas être déconnectés sans destruction, par exemple dans les connexions enroulées et câblage similaire dans l'équipement électronique et les pistes sur les cartes de circuit imprimé. Si l'identification se fait par la couleur, elle doit être conforme à l'IEC 60445.

7.6.10 Dans l'équipement BT, les conducteurs de protection ou la continuité du système de liaison de protection doivent être conformes à 8.2 de l'IEC 60204-1:2005. Cela inclut les exigences relatives à l'exclusion des dispositifs de coupure, des pièces qui peuvent ne pas être connectées et de l'interruption.

Les points de connexion des connecteurs de protection, la liaison de protection dans les installations comprenant un **courant de fuite** de terre qui dépasse 10 mA, et la liaison fonctionnelle doivent être conformes à 8.2 et 8.4 de l'IEC 60204-1:2005.

7.6.11 Dans l'équipement BT, les rails de roulement peuvent être utilisés comme circuit de retour sous réserve que, en cas de défaut, l'impédance de ce circuit soit suffisamment faible pour maintenir à une valeur ne dépassant pas 25 V (valeur efficace) la tension de pas et la tension de contact entre ces rails et le sol voisin.

7.6.12 La terre, les conducteurs de protection, les gaines et les structures ne doivent pas être utilisés comme partie d'un circuit actif sauf spécification contraire dans les Exigences particulières.

7.6.13 La mise à la terre des circuits secondaires doit être évitée à moins d'améliorer la sécurité générale de l'installation. Si les circuits secondaires sont raccordés à la terre, ils ne doivent être accessibles que si la tension du circuit secondaire est faible au point que les limites de courant de contact sont satisfaites – voir 7.9 pour plus de détails.

7.6.14 Les moyens de connexion, à l'exception des connexions de prise de courant, doivent être clairement identifiés soit à l'aide d'un symbole IEC 60417-5019 (2006-08) (voir l'Annexe F), ou à l'aide des lettres PE, ou par la combinaison des deux couleurs vert et jaune. L'indication ne doit pas être apposée ou fixée au moyen de vis, de rondelles ou d'autres pièces susceptibles d'être enlevées au moment de la connexion des conducteurs.

Pour les appareils connectés par cordon, le conducteur de protection du cordon doit, en cas de panne du mécanisme antitraction, être le dernier conducteur à être interrompu.

7.7 Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz

7.7.1 La protection contre les défauts doit comprendre une ou plusieurs des dispositions suivantes, indépendantes de celles de la protection principale et complémentaires à celles-ci.

7.7.2 Les parties de l'**équipement électrique** fonctionnant à des fréquences supérieures à 200 Hz doivent être capables de fonctionner correctement en ce qui concerne les effets sur la peau et de proximité dans des **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut.

7.7.3 L'**isolation** complémentaire doit être dimensionnée pour résister aux mêmes contraintes que pour l'**isolation principale**. En outre, les matériaux isolants doivent avoir des facteurs de perte diélectrique assez faibles à la température et à la fréquence de fonctionnement pour que l'**isolation** ne soit pas dégradée par le chauffage diélectrique des matériaux.

7.7.4 Tous les circuits haute fréquence doivent être séparés par galvanisation du système de terre à la fréquence du réseau. La panne de la **séparation électrique** entre le circuit et le système de terre à la fréquence du réseau qui peut charger les parties accessibles d'une **tension de contact** effective dangereuse doit être détectée par un **dispositif de protection** actionné par la tension de défaut et entraîner une déconnexion et l'absence de courant dans les circuits.

Une mise à la terre à haute fréquence peut être directement connectée au système de terre à la fréquence du réseau, si cela réduit les risques associés en comparaison à une **séparation électrique**; des détails sont fournis dans les Exigences particulières.

7.7.5 Les conducteurs à faible résistance séparés qui constituent le trajet de courant principal depuis la source de fréquence du circuit à l'applicateur de traitement ou élément similaire

- a) doivent être capables de résister à toutes les influences internes et externes (notamment mécaniques, thermiques, corrosives, à décharge lumineuse) qui peuvent être attendues;
- b) doivent être conformes à la tension la plus haute produite en condition de premier défaut, si le conducteur est accessible pendant la maintenance; son **isolation** électrique et son courant admissible doivent être tels qu'il ne surchauffe pas pendant une condition de premier défaut quelconque prévisible; si des courants excessifs peuvent survenir pendant une période assez longue en condition de premier défaut prévisible pour produire une surchauffe, un dispositif de détection du courant qui met l'équipement hors tension de façon permanente avant que les propriétés du conducteur ne soient compromises doit être installé;
- c) doivent ne pas être retirables sans l'aide d'un outil;
- d) si, pour des raisons de conception d'équipement, il est nécessaire d'inclure une déconnexion séparable du conducteur du circuit principal à des fins de maintenance, sa prise de courant doit être combinée mécaniquement à un circuit de sécurité empêchant la mise sous tension du circuit principal lors de la déconnexion et on doit intégrer un dispositif de verrouillage ou similaire dans le système de prise de courant, ainsi qu'une **isolation** suffisante sur l'extérieur pour assurer une déconnexion sans danger; ces exigences ne s'appliquent pas si la séparation est nécessaire seulement lors de l'installation et de la mise à l'arrêt définitif et s'effectue alors à l'aide d'outils;
- e) la connexion du conducteur de circuit séparable doit pas être rétablie au plus tard au moment de la reconnexion des conducteurs d'alimentation; cette exigence ne s'applique pas lorsque l'interruption et la reconnexion sont possibles seulement avec un équipement à l'état hors tension;

- f) les connexions électriques du circuit aux extrémités doivent être séparées et donc ne pas être combinées avec une autre connexion électrique ou la liaison équipotentielle de protection d'une autre partie de l'installation ou de l'équipement.

7.8 Courants de conducteur de protection

7.8.1 Des mesures doivent être prises dans l'installation ou l'équipement pour empêcher des courants excessifs dans le conducteur de protection qui dégradent la sécurité ou les **conditions de fonctionnement normal** de l'installation. La compatibilité doit être assurée pour les courants de toutes les fréquences, fournis à l'équipement et produits par lui.

7.8.2 Les limites suivantes sont applicables à l'équipement fourni à la fréquence du réseau:

- a) Pour le courant de branchement utilisant un équipement doté d'une prise monophasée ou polyphasée et d'un système de socle de valeur assignée inférieure ou égale à 32 A: moins de 2 mA pour un courant assigné inférieur à 4 A, moins de 5 mA pour un courant assigné dépassant 10 A et 0,5 mA/A entre ces valeurs.
- b) Pour le matériel d'utilisation de la connexion permanente et le matériel d'utilisation stationnaire, tous deux sans mesures spéciales pour le conducteur de protection, ou le matériel d'utilisation de branchement équipé d'une prise monophasée ou polyphasée et un système de socle, de valeur assignée supérieure à 32 A: moins de 3,5 mA pour le courant assigné inférieur à 7 A, moins de 10 mA pour le courant assigné dépassant 20 A et 0,5 mA/A entre ces deux valeurs.

Si des dispositifs à courant différentiel résiduel sont fournis dans l'installation, le courant du conducteur de protection doit être compatible avec les mesures de protection fournies.

Dans des **conditions de fonctionnement normal**, l'équipement à la fréquence du réseau ne doit pas générer de courant avec une composante de courant continu dans le conducteur de protection qui nuirait au bon fonctionnement des dispositifs à courant différentiel résiduel ou autres équipements.

7.8.3 Pour le matériel d'utilisation destiné à une connexion permanente et disposant d'un courant de conducteur de protection supérieur à 10 mA, on doit fournir une connexion sûre et fiable à la terre telle que décrite dans l'IEC 60364-5-54.

7.9 Courant de contact et tension de contact

7.9.1 Les dangers du courant de contact sont causés par des courants traversant le corps humain (ce courant n'est pas nécessairement égal au courant qui traverse un conducteur de protection). L'effet du courant électrique sur le corps humain entraîne des réactions distinctes qu'il est nécessaire de prendre en compte. Il s'agit

- a) d'une perception d'un courant ou d'un point de douleur;
- b) d'une réaction physique causée par la perception ou la douleur, cette réaction physique peut être incontrôlée;
- c) de l'empêchement du lâcher-prise;
- d) d'une brûlure électrique, soit de petite dimension au point de contact ou de grande dimension en raison de la surchauffe de parties du corps de haute résistivité.

Chacune de ces réactions corporelles a un niveau de seuil unique et il existe des différences significatives dans la manière dont certains de ces seuils varient avec la fréquence.

7.9.2 On doit éviter les courants de contact causant des blessures. Aucune pièce ou surface susceptible de causer une blessure en cas de contact ne doit être à portée de main. L'Annexe B donne des informations sur les limites des courants de contact et des **tensions de contact**.

NOTE L'IEC TS 60479-1 et l'IEC TS 60479-2 fournissent des informations supplémentaires pour l'appréciation du risque, ainsi que l'Annexe A de l'EN 50445:2008.

7.9.3 Si des pièces susceptibles de causer des courants de contact non nuisibles ont besoin d'être touchées dans les **conditions de fonctionnement normal**, le **constructeur** doit

- a) apposer des avertissements et des marquages selon l'Annexe F;
- b) indiquer dans les informations pour l'utilisation les procédures de manipulation spécifiques pour l'**opérateur** si cela est approprié; ces procédures peuvent inclure un moyen de préhension pour éviter les blessures par des courants de contact inférieurs au seuil de lâcher-prise.

7.10 Conducteurs et isolations à haute température

7.10.1 On doit prendre en compte l'effet de la diminution de la conductivité avec la température des matériaux du conducteur et donc l'augmentation de l'échauffement par effet Joule des conducteurs sous-dimensionnés. L'IEC 60364-4-42 s'applique.

7.10.2 Tous les conducteurs doivent être capables de fonctionner à leur température maximale prévue sans surchauffe et doivent être fabriqués en un matériau conducteur qui ne se dégrade pas à la température stationnaire du conducteur.

7.10.3 On doit prendre en compte l'effet de l'augmentation de la conductivité avec la température de la plupart des matériaux isolants car cela peut causer des **courants de fuite** dangereux.

7.10.4 Si le matériau isolant à la température maximale prévue n'assure pas une **isolation** suffisante, on doit mettre en place des moyens d'isolation secondaires.

7.11 Défauts non électriques

La condition de premier défaut doit être prise en compte, dans laquelle un défaut d'origine mécanique ou thermique rend les parties actives – par exemple la destruction de l'**isolation** non conductrice, l'écoulement de métaux liquides dans l'**isolation** non conductrice ou une charge de conduction mal localisée connectant des éléments conducteurs.

8 Protection contre les dangers causés par les champs proches électriques ou magnétiques

8.1 Généralités

8.1.1 L'Article 8 spécifie les dispositions relatives aux fréquences entre 0 Hz et 6 MHz concernant les dangers causés par les **champs proches** magnétiques, électriques et **électromagnétiques**. Les dispositions relatives aux fréquences plus élevées et aux champs de propagation sont fournies dans les Exigences particulières.

8.1.2 L'équipement de traitement **EH** et **EPM** doit être conçu et exploité de sorte à protéger l'**opérateur** et l'environnement des effets nuisibles des champs proches magnétiques ou électriques et de l'**EMF**.

On doit également prendre en compte des phénomènes secondaires, tels que la création d'ozone par les décharges, les courants induits ou les tensions induites.

8.1.3 On doit empêcher le contact direct entre la main ou les doigts et les conducteurs actifs, en appliquant les mesures de protection contre le choc électrique décrites à l'Article 7.

8.1.4 L'accès par les mains, les bras, la tête et le torse dans des zones dont les intensités de champ dépassent les limites ou les caractéristiques résultant de l'induction

efficace des champs électriques, doit être empêché par les mêmes limitations géométriques que pour les **parties actives** – voir l'Article 7.

8.2 Champs magnétiques

8.2.1 L'équipement doit être conçu de sorte que le niveau et les caractéristiques de champ magnétique accessible maximum ne provoquent pas de risque. Des **barrières** ou **écrans** doivent empêcher l'exposition aux champs dangereux. Elles doivent être comme défini en 8.4.

8.2.2 Toutes les zones dans lesquelles des conditions de groupe de risques 1 existent durant des **conditions de fonctionnement normal** ou durant une condition de premier défaut doivent être indiquées par le **constructeur** dans les informations pour l'utilisation et un symbole d'avertissement défini dans l'Annexe F doit être fourni à l'extérieur de la zone.

8.2.3 Dans le cas de champs magnétiques statiques, le **constructeur** doit indiquer dans les informations pour l'utilisation le comportement de sécurité pour le niveau de valeur B accessible maximum admis dépassant la limite du groupe de risques 1. Cela inclut la spécification de mouvements lents des parties du corps à l'intérieur et à l'extérieur du champ – la durée d'entrée complète dans le champ magnétique statique doit dépasser 1 s.

8.2.4 Une exposition exceptionnelle peut être admise pour un **opérateur** qui ne transporte ni ne porte aucun objet métallique et n'a pas d'implants quelconques, si des dispositifs d'avertissement optiques ou sonores sont employés et que les exigences suivantes sont satisfaites.

8.2.5 S'il y a lieu, le **constructeur** doit indiquer à l'**utilisateur**

- a) le besoin d'effectuer des mouvements lents dans les champs magnétiques statiques, particulièrement pour ralentir à une durée supérieure à 1 s le mouvement des parties du corps pour pénétrer et sortir du champ, si le niveau de valeur B accessible maximum dépasse 200 mT;
- b) la nécessité d'instruire et d'avertir les personnes portant des objets métalliques ou ayant des implants métalliques quelconques de ne pas pénétrer dans des zones au-delà de leurs limites de travail.

8.3 Champs électriques locaux

8.3.1 L'Article 7, et particulièrement le 7.9, s'applique aux champs électriques locaux. Les **zones de danger HT** ne doivent être accessibles à aucune partie du corps.

8.3.2 La continuité de la mise à la terre de toutes les pièces accessibles conductrices doit être fournie dans des **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut.

8.3.3 Le phénomène d'ionisation, qui peut se produire à des températures élevées dans des champs électriques élevés, doit être pris en compte dans la conception des distances d'**isolement** le long des surfaces ou dans l'air. Une attention particulière doit être accordée en cas d'émission de vapeur métallique, d'éclaboussures, de pollution ou similaire conformément à l'IEC 60664-1.

8.3.4 Les décharges en couronne à des intensités de champ élevées peuvent créer des concentrations d'ozone dangereuses et doivent être limitées. À une intensité de champ donnée, l'effet en couronne augmente avec la fréquence.

NOTE Les limites des concentrations maximales d'ozone par rapport au temps figurent dans les réglementations nationales.

8.3.5 Si des incendies ou des explosions peuvent être provoqués par l'allumage de matériaux inflammables par des étincelles causées par les champs induits, les courants de contact ou les décharges accompagnées d'étincelles, l'Article 11 s'applique.

8.4 Exigences relatives aux barrières et écrans

8.4.1 Les **barrières** non conductrices et non magnétiques ne sont pas considérées comme des éléments de protection ayant d'autres fonctions que bloquer l'accès, de même que les **obstacles**.

8.4.2 Les **écrans** conducteurs guidant ou absorbant le champ, et protégés du contact direct doivent avoir une conductivité suffisante et être situés de telle sorte qu'ils ne peuvent pas surchauffer dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut. Dans ces conditions, ils ne doivent pas causer un danger dû à la chaleur excessive et leur intégrité de protection ne doit pas être compromise. Si un échauffement dépassant les limites de la sécurité de contact est prévu, l'Article 10 s'applique.

8.4.3 Les **écrans** conducteurs qui sont accessibles par contact direct doivent avoir une conductivité suffisante et être situés de telle sorte qu'ils ne peuvent pas surchauffer dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut. Dans ces conditions, ils ne doivent pas dépasser les limites relatives aux surfaces pouvant être touchées comme défini dans l'Article 10 et leur intégrité de protection ne doit pas être compromise.

8.4.4 Tous les **écrans** conducteurs doivent avoir une épaisseur de matériau d qui dépasse la profondeur de pénétration d'énergie par un facteur 3 pour correspondre ainsi à la formule suivante

$$d = \frac{3}{\sqrt{4\pi \cdot f \cdot \sigma(f) \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}} \quad (1)$$

où

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ est la constante magnétique en $\Omega \cdot s \cdot m^{-1}$;

μ_r est la perméabilité relative;

f est la fréquence en Hz;

$\sigma(f)$ est la conductivité dépendante du matériau et de la température en $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$.

NOTE Une certaine quantité de champ magnétique fuit si la plaque est plus mince. Il peut être difficile de satisfaire à cette exigence pour des fréquences inférieures à 100 kHz et cela est généralement impossible au-dessous d'environ 10 kHz.

8.4.5 L'étendue géométrique d'un **écran** conducteur doit assurer qu'aucun champ dangereux ne dépasse sa portée.

8.4.6 D'autres mesures de contrôle de champ parasite peuvent être indiquées; il peut s'agir

- d'une **fenêtre** de filtrage de champ permettant un accès visible à la zone de travail ou
- d'un rang d'objets magnétiques bien placés de perméabilité suffisante.

8.5 Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes

8.5.1 Des objets métalliques à proximité de l'équipement de traitement peuvent être chauffés par des courants induits forts, même si les exigences de 8.3 et de 8.4 sont satisfaites. Les matériaux ferromagnétiques comme ceux qui se trouvent dans les outils peuvent être fortement chauffés par le champ magnétique.

8.5.2 Le danger présenté par les pièces métalliques ou à semiconducteurs chauffées doit être pris en compte. Des informations sur les champs applicables sont fournies dans l'Annexe B. Le **constructeur** doit indiquer les zones de danger à l'**utilisateur** et un avertissement approprié concernant cette zone doit être fourni dans les informations pour l'utilisation et des signes d'avertissement appropriés doivent être fournis à l'extérieur de la zone.

8.5.3 Les objets magnétiques peuvent être exposés à des forces mécaniques élevées et causer un danger dans et à proximité de champs magnétiques statiques et de gradients de champs élevés. L'Annexe B fournit des informations relatives aux champs statiques. Toutes les zones dans lesquelles ce risque peut se produire durant des **conditions de fonctionnement normal** ou une condition de premier défaut doivent être indiquées par le **constructeur** dans les informations pour l'utilisation et des signes d'avertissement appropriés doivent être fournis à l'extérieur de la zone.

8.5.4 Les **dangers** liés aux pacemakers dans les champs statiques forts ou les champs magnétiques variant dans le temps ainsi que les nuisances liées aux montres et autres équipements électroniques tels que les radios sont inévitables. Les informations sur les champs applicables sont fournies à l'Annexe B. Le **constructeur** doit indiquer ce problème à l'**utilisateur** et des précautions appropriées pour cette zone doivent être fournies dans les informations pour l'utilisation.

8.5.5 En ce qui concerne les champs magnétiques statiques, le **constructeur** doit indiquer dans les informations pour l'utilisation

- a) si l'on prévoit des forces très élevées en cas de variation des champs, particulièrement lorsque le champ est mis sous ou hors tension;
- b) que les **opérateurs** ou **personnes ordinaires** transportant des objets métalliques ou ayant tout type d'implant (c'est-à-dire des dispositifs métalliques ou électroniques médicaux) ou portant des objets métalliques quelconques doivent seulement pénétrer dans une zone du groupe de risques 1, s'ils sont informés de la nécessité de mouvements lents et qu'un dispositif d'avertissement visuel ou sonore spécial est en fonctionnement, indiquant l'existence d'un tel champ.

8.5.6 En ce qui concerne les champs magnétiques statiques et alternatifs, le **constructeur** doit indiquer dans les informations pour l'utilisation

- a) que les **opérateurs** ou **personnes ordinaires** transportant des objets métalliques ou ayant tout type d'implant (c'est-à-dire des dispositifs métalliques ou électroniques médicaux) ou portant des objets métalliques quelconques ne doivent pas pénétrer dans une zone du groupe de risques 2. Un marquage et des signes d'avertissement adaptés doivent être fournis à l'extérieur de la zone;
- b) que les **opérateurs** ou **personnes ordinaires** se trouvant dans une zone de groupe de risques 1 ou supérieur ne doivent jamais porter de colliers, bracelets, bagues, objets en métal susceptibles d'être magnétisés ou des objets fabriqués en silicium, carbone ou matériaux similaires.

9 Protection contre les dangers dus au rayonnement

9.1 Généralités

9.1.1 L'installation doit fournir une protection contre les effets du rayonnement ultraviolet, ionisant, visible, infrarouge et d'hyperfréquences générés de manière interne, y compris les rayonnements depuis des sources laser.

La présente norme n'établit pas de distinction entre les différentes sources de rayonnement (par exemple, émetteur, **charge de travail** ou paroi) en ce qui concerne la classification ou l'émission. Les différentes phases du cycle de vie de l'équipement peuvent causer différents niveaux d'émission de rayonnement et doivent être traitées séparément.

9.1.2 Les effets suivants doivent être pris en compte car ils peuvent entraîner une exposition dangereuse non intentionnelle:

- émission du rayonnement à travers les ouvertures d'entrée et de sortie de **charge de travail** faisant partie d'un équipement de traitement en fonctionnement continu;
- émission du rayonnement à travers les portes d'un équipement de traitement par lots qui sont ouvertes ou restent ouvertes durant le processus;
- émission du rayonnement lorsque les portes de l'équipement de traitement sont ouvertes et que l'intérieur de l'équipement de traitement, la **charge de travail** et les éléments de chauffage n'ont pas préalablement refroidi;
- émission du rayonnement par une **charge de travail** très chaude après avoir quitté l'installation;
- durant l'accès pour maintenance, mise en service ou essais;
- si des éléments de chauffage fonctionnent à l'extérieur de l'équipement de traitement;
- si des réflecteurs, réfracteurs ou parois réfléchissantes à l'intérieur de l'installation produisent des zones d'irradiation intense à l'extérieur de l'installation;
- si des parois chaudes à l'intérieur de l'équipement de traitement produisent des zones d'irradiation intense à l'extérieur de l'installation.

9.2 Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants

9.2.1 Si l'équipement n'est pas destiné à émettre des rayonnements ionisants, le débit de dose effectif de rayonnement parasite non intentionnel à tout point accessible à 100 mm de la surface externe de l'équipement ne doit pas dépasser 1 $\mu\text{Sv/h}$, à moins qu'une réglementation nationale stipule une dose différente.

9.2.2 L'équipement doit être fabriqué de telle sorte que les compartiments dans lesquels les électrons sont accélérés par des tensions dépassant 5 kV ne puissent pas être ouverts sans l'aide d'un outil. Des informations pour l'utilisation suffisantes doivent être fournies par le **constructeur**.

9.2.3 Des dispositions spécifiques relatives à l'équipement destiné à émettre des rayonnements sont données dans les Exigences particulières.

NOTE Dans la plupart des pays, l'équipement qui émet des rayonnements ionisants est réglementé par les autorités nationales. Ces réglementations s'appliquent généralement à la fois aux émissions de rayonnements provenant de l'équipement et à la dose cumulée de rayonnements qui peut être reçue par l'**opérateur** ou une **personne ordinaire**. Les réglementations régionales ou nationales sont par exemple la Directive 96/29/EURATOM pour l'Union européenne et le document 29 CFR 1910.1096 pour les États-Unis.

9.3 Rayonnements ultraviolets

9.3.1 Les effets des rayonnements ultraviolets (UV) comprennent la destruction des cellules biologiques et la dégradation des matériaux des **enveloppes** et des **isolations** en plastique. Les rayonnements UV peuvent être à l'origine de réactions chimiques et d'incendies. Ces effets doivent être pris en compte.

9.3.2 L'évaluation des dangers des UV pour les lampes est détaillée dans l'IEC 62471, mais cette approche doit être utilisée pour toute source de rayonnements UV sans limiter sa validité.

Tous les procédés dans lesquels des gaz réactifs chauds ou des surfaces dépassant 2 500 °C ne sont pas complètement protégés par écran de l'extérieur et tous les procédés impliquant ou employant un plasma qui n'est pas complètement protégé par écran sont définis comme destinés à émettre des rayonnements UV.

9.3.3 On ne doit pas permettre que l'équipement émettant des rayonnements parasites inévitables, bien qu'il ne soit pas conçu pour fournir un éclairage d'UV externe, laisse échapper des rayonnements UV non intentionnels qui peuvent causer un danger.

9.3.4 Si l'équipement est destiné à émettre des rayonnements UV, le **constructeur** doit réduire à des niveaux de sécurité les niveaux de rayonnement et d'irradiation qui causent un danger d'exposition possible des **opérateurs**, ou causent l'exposition d'un équipement inadapté aux rayonnements UV intensifs à des niveaux qui peuvent le détruire. Les mesures mises en place peuvent compter notamment des **écrans**, des **barrières**, des portes verrouillées, des **fenêtres** filtrées et des marquages d'avertissement. Le **constructeur** doit indiquer à l'**utilisateur** dans les informations pour l'utilisation la nécessité de disposer d'un équipement de protection personnelle si une exposition dangereuse est susceptible de se produire.

9.4 Rayonnement visible et infrarouge

9.4.1 Tous les équipements ou toutes les installations relevant du domaine d'application de la présente norme doivent être conçus et fabriqués de telle sorte que toute émission de rayonnement infrarouge (IR) ou visible (VIS) soit limitée dans la mesure nécessaire à leur fonctionnement et que ses effets sur les personnes exposées soient inexistantes ou réduits à des niveaux non dangereux.

9.4.2 Les effets suivants doivent être pris en compte:

- les effets d'un rayonnement VIS intensif peuvent comprendre des dangers pour l'œil humain;
- un rayonnement VIS intensif peut réduire la faculté de vision et de réagir aux signaux lumineux et aux signes d'avertissement;
- les effets du rayonnement IR intense comprennent des dangers pour l'œil humain et le danger de brûlure de la peau;
- les rayonnements VIS ou IR intensifs peuvent allumer des matériaux et liquides inflammables;
- les surfaces ou **fenêtres** agissant en tant qu'éléments optiques peuvent augmenter localement l'intensité de l'irradiation.

9.4.3 L'évaluation des dangers des rayonnements visibles et infrarouges pour les lampes est détaillée dans l'IEC 62471, mais cette approche doit être utilisée pour toute source de rayonnement visible ou infrarouge sans limiter sa validité.

L'**équipement EH** dans lequel des gaz réactifs chauds ou des surfaces dépassant 600 °C ne sont pas complètement protégés par écran de l'extérieur et les **équipements EH** impliquant ou employant un plasma qui n'est pas complètement protégé par écran sont définis comme destinés à émettre des rayonnements infrarouges. Un rayonnement visible intense est généralement causé par des émetteurs thermiques dépassant 1 500 °C de température de surface, mais les dangers dépendent de la taille et de l'émissivité de la source.

9.4.4 Aucune réduction exclusive ou aucun filtrage exclusif des rayonnements visibles ne doit être effectué, car une réduction du stimulus visuel des rayonnements augmente le risque pour les personnes, voir l'Annexe C.

9.5 Sources laser

L'équipement employant des sources laser doit satisfaire aux exigences de l'IEC 60825-1.

10 Protection contre les dangers dus aux influences thermiques

10.1 Généralités

10.1.1 À part les dangers électriques, une température élevée et l'énergie thermique sont les dangers les plus importants à prendre en compte durant toutes les phases de conception et de fabrication des **installations** ou **équipements EH** et **EPM**. Les aspects indirects de l'énergie thermique sont traités dans la présente norme:

- les dispositions concernant les dangers dus au rayonnement sont données à l'Article 9 – car les corps à températures élevées causent des rayonnements;
- les dispositions concernant les dangers d'incendie sont données à l'Article 11;
- les dispositions concernant les liquides y compris les liquides chauds sont données à l'Article 12.

10.1.2 Les **installations** ou **équipements EH** or **EPM** doivent être conçus, installés et exploités de telle sorte qu'aucun danger dû à l'énergie thermique ou à une température élevée ne soit susceptible de se produire pour l'**opérateur** ou l'environnement, même en cas de fonctionnement automatique ou de mise sous tension accidentelle.

10.1.3 La règle générale pour les **conditions de fonctionnement normal** prévoit que

- a) tous les matériaux utilisés doivent au moins résister à l'influence de l'énergie thermique à laquelle ils sont exposés en **conditions de fonctionnement normal** pendant la durée de vie théorique de la pièce donnée;
- b) si la durée de vie théorique d'une pièce est plus courte que la durée de vie de l'installation ou de l'équipement, un cycle de maintenance doit être intégré aux informations pour l'utilisation, indiquant le cycle de remplacement.

10.1.4 La règle générale pour la condition de premier défaut prévoit que

- a) tous les matériaux utilisés doivent au moins résister à l'influence de l'énergie thermique raisonnablement attendue en condition de premier défaut pendant une période raisonnable au cours de laquelle la sécurité de l'installation ou de l'équipement ou d'une de leurs pièces dépend de son intégrité structurelle;
- b) cette période de temps raisonnable doit être au moins le temps nécessaire pour la détection et l'élimination de cette condition de premier défaut et pour le refroidissement de l'installation;
- c) si des matériaux ou pièces sont à échanger après avoir été exposés à l'énergie thermique à des niveaux plus élevés que ceux pour lesquels ils sont conçus en **conditions de fonctionnement normal**, cela doit être indiqué dans les informations pour l'utilisation.

10.2 Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures

Aucune des surfaces destinées à être touchées pour le fonctionnement de l'installation ou de l'équipement ne doit dépasser les limites de température telles que définies dans l'ISO 13732-1 en **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut à moins que des réglementations nationales fournissent d'autres limites.

Toutes les autres surfaces à la portée de l'**opérateur**

- a) ne doivent pas dépasser les limites définies dans l'ISO 13732-1, ou
- b) une **barrière** doit être placée pour éviter tout contact accidentel, ou
- c) doivent être marquées en conséquence et le risque présent ainsi que les mesures éventuelles pour le réduire doivent être indiqués dans les informations pour l'utilisation.

10.3 Dangers causés par les conditions de travail

Autant que possible, on doit éviter l'exposition de l'**opérateur** aux contraintes thermiques et au danger de surchauffe ou de déshydratation. Si l'**opérateur** est exposé à une chaleur excessive en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut, le **constructeur**

- a) doit indiquer la nécessité de prendre en compte ce danger dans les informations pour l'utilisation;
- b) doit indiquer la nécessité d'une appréciation du risque par l'**utilisateur** en fonction des procédures de travail, par exemple en suivant l'ISO 15265.

10.4 Résistance thermique des composants

10.4.1 Toutes les pièces structurelles et les **enveloppes** doivent être fabriquées en un matériau offrant une résistance thermique suffisante à toutes les températures auxquelles elles sont exposées en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut prolongée.

10.4.2 Les **enveloppes** fabriquées en plastique ou autres matériaux non métalliques ne doivent être utilisées en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut que lorsque leur température n'atteint jamais

- la limite d'inflammabilité,
- la limite de déformation structurelle ou
- la limite de décomposition.

10.4.3 Tous les éléments d'**isolation** doivent être fabriqués en des matériaux offrant une résistance thermique suffisante à toutes les températures auxquelles ils sont exposés en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut prolongée, y compris aux effets des courants de défaut à l'intérieur du conducteur isolé.

10.4.4 Les distances d'espacement entre les pièces conductrices doivent être suffisantes pour les températures prévues en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut.

10.4.5 Les lignes de fuite entre les pièces conductrices doivent être prévues pour intégrer toute augmentation de la conductivité des matériaux isolants utilisés due aux températures attendues en **conditions de fonctionnement normal** ou condition de premier défaut.

10.4.6 Les contraintes mécaniques dues à la dilatation thermique ne doivent pas causer de déformations susceptibles d'entraîner un danger.

NOTE Ces contraintes mécaniques sont souvent causées par des différences de températures dans la structure de l'équipement ou par la non-concordance des coefficients de dilatation thermique des différents matériaux. Ces deux causes peuvent entraîner des pannes graves.

10.4.7 Les pièces ou accessoires de l'équipement de traitement doivent être montés de telle sorte qu'ils ne soient pas soumis à des températures dépassant les valeurs pour lesquelles ils sont conçus.

10.4.8 Les mesures de protection générales contre les influences thermiques sur ou provenant de l'**équipement électrique** doivent être fournies conformément à l'IEC 60364-4-42.

10.4.9 En l'absence de limites fournies par le **constructeur** des pièces, l'augmentation maximale de température telle que définie dans le Tableau 3 de l'IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 s'applique aux matériaux et pièces ou composants de l'installation.

10.5 Refroidissement

10.5.1 Si un refroidissement forcé des composants est employé et si l'absence de refroidissement peut causer un danger, des dispositions doivent être prises en vue de surveiller l'action de refroidissement. Si le refroidissement s'avère insuffisant, une alarme doit l'indiquer et l'équipement doit être mis à l'état de sécurité.

10.5.2 Si un agent de refroidissement liquide est utilisé et si le refroidissement insuffisant en raison de la formation de bulles d'ébullition peut causer un danger,

- a) la température doit être maintenue à un niveau suffisamment inférieur au point d'ébullition ou d'autres moyens doivent être appliqués pour garantir que des bulles ne se forment pas à l'intérieur du circuit de refroidissement, réduisant le transfert de chaleur, ou
- b) le système de refroidissement doit être conçu pour fonctionner en toute sécurité avec des mélanges de liquides et de gaz.

10.5.3 Le liquide de refroidissement chaud ou les vapeurs libérés ne doivent pas eux-mêmes constituer un danger.

10.5.4 Si les **parties actives** sont refroidies par un liquide, la qualité du réfrigérant, la longueur des canalisations et le matériau utilisé pour les tubes et canalisations doivent être conçus de manière que la **tension de contact** résultant des **courants de fuite** n'altère pas la sécurité.

NOTE Un circuit de refroidissement fermé permet de réduire le risque de pollution de l'environnement et la perte de liquide de refroidissement.

10.6 Protection contre la surchauffe

10.6.1 Afin de garantir le niveau de sécurité nécessaire dans le cas d'une condition de premier défaut dans le circuit de contrôle de température, des **dispositifs** et mesures de **protection** appropriés doivent être appliqués comme défini dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Mesures de protection thermique

Classe	Domaine de protection	Étendue de protection	Dispositif de protection	Mesure de protection
0	Équipement de traitement et son environnement	–	–	Fonctionnement surveillé avec une charge de travail non dangereuse seulement
				Surchauffe exclue par les mesures de construction
1	Équipement de traitement et son environnement	En cas de défaut, pas de danger causé par l'équipement de traitement	Coupe-circuit thermique, protecteur thermique ou dispositifs comparables	Selon l'utilisation et le site d'installation
2	Équipement de traitement, son environnement et sa charge de travail	En cas de défaut, pas de danger causé par l'équipement de traitement ou la charge de travail	Contrôleurs de température présélectionnée, ou dispositifs comparables	

Dans le cas d'un fonctionnement surveillé, le **constructeur** doit indiquer les intervalles limités raisonnables auxquels l'installation est à contrôler par l'**utilisateur**; la classe applicable telle que définie dans le Tableau 4 doit être indiquée à l'**utilisateur**.

10.6.2 Si un premier défaut dans un système de contrôle de température, un chauffage, des moyens de refroidissement, une pompe de circulation ou un ventilateur, un agitateur ou une autre pièce est susceptible de causer un danger par surchauffe d'une des pièces d'équipement ou de la **charge de travail**, un **coupe-circuit thermique** sans réarmement automatique ou un système satisfaisant aux exigences définies en 14.7 doit mettre hors tension les moyens de chauffage et toute autre pièce susceptible de causer un danger.

10.6.3 Si une quantité insuffisante de liquide de transfert de chaleur – par exemple d'eau de refroidissement – est susceptible de causer un danger, un régulateur de niveau de liquide sans réarmement automatique doit mettre hors tension les moyens de chauffage et toutes les autres pièces susceptibles de causer un danger.

10.6.4 Dans les **équipements** ou **installations EH et EPM**, on doit tenir compte de tous les dangers produits par la surchauffe de la **charge de travail** ou par la surchauffe du milieu de transfert de chaleur (par exemple les bains de chauffage) ainsi que par la surchauffe des pièces de l'équipement de traitement proprement dit.

10.6.5 Dans certains cas, la chute de température d'un milieu chauffé – par exemple un liquide dans un bain ou l'air dans un four ou une armoire de chauffage – est susceptible de causer un danger. Si cela peut se produire à la suite du fonctionnement d'un dispositif de protection contre la surchauffe ou d'un **coupe-circuit thermique** après la panne du système de contrôle de température, un second système de contrôle de température doit être installé pour maintenir une température sûre sans qu'un dispositif de protection contre la surchauffe ne fonctionne.

10.6.6 Pour l'équipement conçu pour contenir des matériaux inflammables, soit en **conditions de fonctionnement normal** soit pour le transfert de chaleur, des dispositifs ou des systèmes de protection contre la surchauffe doivent garantir que le liquide ne dépasse pas en **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut

- a) la température de point d'éclair du liquide exposé à l'air, ou
- b) une température de 25 K au-dessous du point de feu en cas de contact avec tout élément de chauffage.

10.6.7 Si aucun dispositif de protection contre la surchauffe n'est employé, une quantité d'énergie contrôlée et limitée fournie à la **charge de travail** peut être utilisée en guise de protection contre la surchauffe.

10.6.8 Si la **charge de travail** peut s'allumer ou causer des dommages après un arrêt d'urgence ou une condition de premier défaut, des mesures doivent être prises selon l'Article 11 ou telles que définies dans les Exigences particulières. Les effets suivants doivent être pris en considération:

- a) la chaleur résiduelle stockée dans l'équipement peut être libérée pendant une longue période après la mise hors tension, et
- b) la température de surface peut augmenter même après la mise hors tension par la libération de la chaleur stockée.

11 Protection contre les dangers d'incendie

Le présent Article 11 s'applique à l'installation en général et à l'équipement de traitement. La protection contre les dangers d'incendie de l'**équipement électrique** doit être conforme aux normes en vigueur identifiées dans le Tableau 2.

Les concepts de base et la méthodologie de la protection technique contre l'incendie et les mesures de protection à prendre aux phases de conception et de construction doivent être conformes à l'ISO 19353.

Dans le cas d'un équipement conçu pour contenir les processus de combustion contrôlés, l'ISO 13577-2 doit s'appliquer.

NOTE 1 Des surfaces chaudes, des rayonnements optiques intensifs, des arcs, plasmas, gaz ou liquides chauds sont attendus à proximité ou à l'intérieur des **installations EH**. Du plasma ou des décharges d'électricité statique peuvent survenir dans les **installations EPM**.

NOTE 2 Les plasmas, décharges et autre phénomène électrique peuvent fournir une énergie supplémentaire abaissant ainsi le point d'inflammation ou causant l'allumage.

12 Protection contre les dangers dus aux liquides

12.1 Généralités

12.1.1 Le **constructeur** doit prendre en compte la protection contre les dangers dus aux liquides présents en **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut.

12.1.2 L'ISO 13577-2 s'applique pour les systèmes de combustion et de manipulation de carburant. Pour tous les autres systèmes de liquide, les dispositions 12.1.3 à 12.1.9 s'appliquent.

12.1.3 Si, dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut, du liquide est susceptible de se déverser dans l'équipement,

- a) l'équipement doit être conçu de telle sorte qu'aucun danger ne soit possible – par exemple, produit par l'humidification de l'**isolation** ou des **parties actives dangereuses** internes;
- b) aucune corrosion causant un danger n'est possible – par exemple due au contact de substances potentiellement agressives avec des parties de l'équipement;
- c) on doit placer des moyens appropriés sous l'équipement pour recueillir le liquide déversé.

Si, dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut, des substances potentiellement agressives (telles que des liquides corrosifs, toxiques ou inflammables) sont susceptibles d'être déversées sur des parties de l'équipement, les surfaces potentiellement affectées doivent être fabriquées en un matériau non affecté par la substance agressive.

12.1.4 La pression maximale à laquelle une pièce de l'équipement peut être soumise dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut ne doit pas dépasser la pression de service maximale assignée pour la pièce. La pression maximale doit être considérée comme la plus haute des valeurs suivantes:

- a) la pression d'alimentation maximale assignée spécifiée pour une source externe;
- b) le réglage de la pression d'une soupape de surpression faisant partie intégrante de l'ensemble;
- c) la pression maximale qui peut être atteinte par un dispositif de génération de pression qui fait partie de l'ensemble, sauf si la pression est limitée par une soupape de surpression.

12.1.5 Les pièces contenant des liquides ne doivent pas causer de danger par rupture ou fuite. Aucune fuite n'est autorisée pour les pièces contenant des liquides destinées aux substances toxiques, inflammables ou présentant un autre danger.

12.1.6 Les pièces contenant des liquides des systèmes de réfrigération doivent satisfaire aux exigences relatives à la pression en vigueur de l'IEC 60335-2-24 ou l'IEC 60335-2-89, selon la norme applicable.

12.1.7 La fuite des pièces contenant des liquides à des pressions inférieures à la pression ambiante ne doit pas causer de danger.

12.1.8 Le déversement du trop-plein de liquide des conteneurs de l'équipement qui peuvent être surremplis ne doit pas causer un danger dans des **conditions de fonctionnement normal**, par exemple à la suite de l'humidification de l'**isolation** ou des parties internes qui sont **actives** et **dangereuses**.

L'équipement qui est susceptible d'être déplacé tandis qu'un conteneur est rempli de liquide doit être protégé contre un déversement du liquide de conteneur.

12.1.9 Aucun procédé de nettoyage, décontamination ou désinfection indiqué par le **constructeur** ne doit causer une dégradation de l'équipement ni un danger prévisible.

12.2 Gaz et substances toxiques et nocifs

12.2.1 L'équipement ne doit pas libérer de quantités dangereuses de gaz ou substances toxiques ou nocifs dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut.

12.2.2 Si de tels gaz ou substances sont susceptibles d'être libérés, ils doivent être retirés dans un système d'extraction.

12.2.3 Si les gaz libérés peuvent constituer un danger en raison de leur température ou impulsion, ils doivent être écartés de l'installation et de l'**opérateur**.

12.2.4 Les zones de danger doivent être marquées et des **barrières** ou des **obstacles** doivent limiter l'accessibilité.

12.2.5 L'équipement aspirant l'air pour un but quelconque ne doit pas aspirer de gaz d'échappement à moins que cela ne soit nécessaire pour le procédé ou pour des besoins de récupération d'énergie.

12.2.6 Le **constructeur** doit indiquer l'équipement de protection individuelle nécessaire pour les substances ou gaz qui peuvent être libérés dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut.

12.3 Explosion et implosion des pièces sous pression

12.3.1 Les composants susceptibles d'éclater ou d'exploser s'ils sont surchauffés ou surchargés doivent être munis d'un dispositif de libération de pression.

12.3.2 La protection des **opérateurs** par des **enveloppes** doit être intégrée à l'équipement pour les protéger des débris ou parties expulsées.

13 Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles

13.1 Généralités

Tous les composants et dispositifs

- a) doivent être adaptés à leur utilisation prévue;
- b) doivent être conformes aux normes IEC ou ISO en vigueur si elles existent;
- c) doivent être appliqués conformément à leurs informations pour l'utilisation.

13.2 Équipement électrique et conducteurs

13.2.1 L'**équipement électrique** de l'installation doit satisfaire aux exigences de sécurité identifiées par le **constructeur**.

En fonction de l'installation, de son utilisation prévue et de son **équipement électrique**, le concepteur peut sélectionner les parties de l'**équipement électrique** de l'installation qui sont destinées à la BT conformément aux parties en vigueur de la série IEC 61439 et pour les pièces HT conformément aux parties en vigueur de la série IEC 62271 – voir également l'Annexe E de l'IEC 60204-1:2005 et l'IEC 60204-1:2005/AMD1:2008.

NOTE La série IEC 61439 spécifie les exigences pour un matériel couvrant une vaste gamme d'applications possibles d'assemblages d'appareillages de commutation et de commande BT. La série IEC 62271 spécifie les exigences pour un matériel couvrant une vaste gamme d'applications possibles d'assemblages d'appareillages de commutation et de commande HT.

13.2.2 Le dimensionnement des conducteurs électriques selon le courant maximal et la température maximale doit suivre l'IEC 60228 pour les températures prévues pour les conducteurs jusqu'à 40 °C.

13.2.3 L'effet de proximité et l'effet de peau doivent être pris en compte lors du dimensionnement des conducteurs pour des fréquences plus élevées, car la profondeur de pénétration du courant diminue avec l'augmentation de la fréquence. Cela affecte la zone de section du conducteur et le rapport surface/volume.

NOTE Les tableaux des valeurs de courant admissible de câble applicables à la fréquence du réseau (50 Hz/60 Hz) ne sont généralement pas applicables pour les installations fonctionnant à des fréquences supérieures.

13.3 Raccordement au réseau électrique et raccordements internes

13.3.1 Le raccordement au réseau électrique dépend du type et de la tension du système d'alimentation selon l'Article 312 de l'IEC 60364-1:2005. Les conducteurs doivent être conformes à l'Article 12 de l'IEC 60204-1:2005 pour la BT et conformes à l'Article 12 de l'IEC 60204-11:2000 pour la HT. Les conducteurs doivent être identifiés conformément à l'IEC 60445.

13.3.2 Le conducteur d'alimentation entrant doit être conforme au 5.1 de l'IEC 60204-1:2005 pour la BT et conforme au 5.1 de l'IEC 60204-11:2000 pour la HT.

13.3.3 Les conducteurs d'interconnexion doivent être conçus et disposés de façon que dans des **conditions de fonctionnement normal** ils ne subissent aucune contrainte mécanique anormale, due par exemple à la courbure, la traction, la flexion, la torsion, le frottement ou la vibration ou aux effets des rayonnements, de la chaleur, de l'humidité ou des vapeurs, qui sont susceptibles de les endommager. La condition de premier défaut doit également être prise en considération.

13.3.4 Les **enveloppes** des conducteurs doivent assurer:

- la protection de l'**isolation** des conducteurs contre l'abrasion et les déchirures;
- la protection des conducteurs contre la traction et la torsion.

Les enveloppes et dispositifs adoptés pour éviter les efforts de traction dans les raccordements électriques fixes ne doivent pas être actifs et dangereux. Ils doivent également être conçus de manière à éviter toute dégradation du conducteur à protéger contre des contraintes anormales de traction.

13.3.5 L'équipement qui n'est pas raccordé en permanence au **réseau d'alimentation** doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) il doit comporter un conducteur de raccordement flexible fixe permanent qui ne peut être retiré qu'à l'aide d'un outil;
- b) les raccordements utilisant un contact glissant doivent être inaccessibles, à la fois lorsqu'ils sont connectés et déconnectés mais actifs;

- c) les **parties actives** des dispositifs de prise de courant doivent être inaccessibles lorsqu'elles sont connectées ou lorsqu'elles sont déconnectées mais actives;
- d) les canalisations de raccordement amovibles doivent comporter tous les conducteurs actifs et les conducteurs de protection nécessaires, clairement identifiés et disposés ensemble;
- e) lorsque plusieurs fiches sont utilisées, toute erreur de raccordement doit être évitée par la forme ou le marquage distinct des fiches.

13.3.6 Tout le câblage flexible doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) il doit être muni de gaines de protection, les mesures prises pour assurer la protection contre les efforts de traction et la torsion doivent être immédiatement reconnaissables;
- b) il doit être protégé contre une courbure excessive aux points d'entrée, une gaine de protection doit être suffisamment longue pour éviter les dommages dus au pliage;
- c) il doit être fixé fermement ou d'autres moyens doivent éviter tout danger lié à sa position dans ou près de l'installation.

13.4 Sectionnement et coupure

13.4.1 Le **sectionnement**, la **mise hors tension pour maintenance**, la **coupure d'urgence** et la **commutation fonctionnelle** doivent être fournis et être conformes aux normes en vigueur, par exemple l'IEC 60364-4-41, IEC 60364-5-53 ainsi que l'IEC 60204-1 pour la BT et l'IEC 60204-11 pour la HT, respectivement.

13.4.2 Certains circuits de commande et circuits auxiliaires, en fonction de l'application, peuvent ne pas être coupés, par exemple:

- a) le circuit d'éclairage et les circuits de prises de courant destinés au raccordement des outils de réparation et de maintenance, par exemple lampes ou perceuses (quelle que soit leur tension d'alimentation);
- b) les circuits alimentant les déclencheurs par manque de tension et des dispositifs de fermeture et d'ouverture des disjoncteurs qui fonctionnent à la tension du réseau mais qui ne sont pas utilisés pour la commande;
- c) des circuits auxiliaires à TBT;
- d) d'autres circuits auxiliaires alimentant des composants essentiels, par exemple les pompes, les ventilateurs et les dispositifs de transmission qui ne doivent pas être coupés pendant les périodes d'interruption de l'alimentation par le réseau.

Dans le cas de la BT ou de la HT, les circuits mentionnés ci-dessus doivent être constitués par des câbles ou des conducteurs isolés et séparés de ceux qui suivent le sectionneur d'alimentation. Ils doivent être connectés par l'intermédiaire de bornes séparées, placées sous enveloppe spéciale et ils doivent être munis d'un sectionneur séparé.

Dans le cas mentionné au point b), ce sectionneur peut ne pas être utilisé. Les circuits, qui ne sont pas déconnectés au moyen du sectionneur du circuit d'alimentation doivent être clairement indiqués dans la documentation technique.

13.4.3 La coupure de courants continus ou de courants à la fréquence du réseau à HT par l'utilisation de disjoncteurs est admise pour l'alimentation, la déconnexion et le sectionnement, pourvu que les conditions suivantes existent:

- a) une distance d'isolement est prévue et visible, par exemple un sectionneur ou un disjoncteur retiré;
- b) des installations sont prévues pour empêcher la fermeture des interrupteurs-sectionneurs et pour la mise à la terre des départs de câbles ou des jeux de barres.

13.5 Pièces mobiles de protection des capteurs et actionneurs

Les normes ISO 13855 et ISO 13857 s'appliquent.

13.6 Moteurs

L'Article 14 de l'IEC 60204-1:2005 pour les équipements ou installations BT et l'Article 14 de l'IEC 60204-11:2000 pour les équipements ou installations HT s'appliquent.

13.7 Moyens de chauffage non électriques

Les moyens de chauffage basés sur la combustion doivent se conformer à l'ISO 13577-2, si applicable.

13.8 Éclairage

13.8.1 Si l'éclairage ambiant n'est pas suffisant pour éviter les risques – par exemple, les zones d'ombre ou d'éblouissement – l'installation doit être conçue avec un éclairage intégré. Les pièces qui nécessitent une maintenance, un examen ou un réglage fréquent et ne sont pas suffisamment éclairées par la lumière ambiante doivent être dotées d'un éclairage intégré.

13.8.2 L'équipement doit être conçu et fabriqué de telle sorte qu'il n'y ait pas de zone d'ombre susceptible de causer des effets gênants, qu'il n'y ait pas d'éblouissement irritant et qu'il n'y ait pas d'effets stroboscopiques dangereux sur les pièces mobiles dus à l'éclairage.

13.9 Pièces structurelles et stabilité

13.9.1 L'installation ou l'équipement et toutes ses pièces doivent être suffisamment stables pour éviter une rupture ou un effondrement dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut.

13.9.2 L'installation ou l'équipement doit être suffisamment conçu ou ancré pour éviter de basculer, de se renverser, de tomber ou de présenter des mouvements non contrôlés dans des **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut.

13.10 Portes, fenêtres et autres ouvertures

Les 11.4 et 11.5 de l'IEC 60204-1:2005 s'appliquent pour les installations et équipements BT.

14 Commande de l'installation ou de l'équipement

14.1 Généralités

Le besoin d'une intervention de l'**opérateur** doit être limité. Si une intervention est nécessaire, elle doit être menée avec facilité et sécurité.

Les 14.2 à 14.7 définissent les exigences à partir de ce concept général.

NOTE La décision d'utiliser des concepts de sécurité fonctionnels sort du domaine d'application de la présente norme. L'ISO 13577-4 illustre le moment où l'application de l'IEC 61508 et de l'ISO 13849-1 devient nécessaire.

14.2 Unité de commande de l'opérateur

14.2.1 Toute unité de commande de l'opérateur

- a) doit être clairement visible et identifiable, à l'aide de pictogrammes si nécessaire,
- b) doit être positionnée de façon à être actionnée en toute sécurité sans hésitation ni perte de temps et sans ambiguïté,

- c) doit être située en dehors d'une zone de danger – la seule exception étant les arrêts d'urgence;
- d) doit être positionnée de façon que son fonctionnement ne puisse pas causer de risques supplémentaires.

14.2.2 Toute unité de commande de l'opérateur ou le système de commande

- a) doit être positionné de façon à ce que l'**opérateur** puisse s'assurer que personne ne se trouve dans les zones de danger,
- b) doit assurer que tout démarrage est empêché lorsqu'une personne se trouve dans les zones de danger,
- c) doit émettre un signal sonore, visuel ou une combinaison des deux avant de démarrer l'installation; les personnes exposées doivent avoir un temps suffisant pour quitter la zone de danger ou empêcher le démarrage.

14.2.3 Les dispositions de l'Article 10 de l'IEC 60204-1:2005 pour les installations ou équipements BT et de l'Article 10 de l'IEC 60204-11:2000 pour les installations ou équipements HT s'appliquent concernant les unités de commande de l'opérateur et les interfaces machine – opérateur.

14.2.4 S'il y a plus d'une unité de commande de l'opérateur, le système de commande doit assurer que l'utilisation d'une unité empêche d'utiliser les autres, à l'exception des commandes d'arrêt et des arrêts d'urgence. Chaque unité de commande de l'opérateur doit être dotée de tous les dispositifs de commande requis sans que les **opérateurs** ne se gênent ou ne mettent les autres en situation dangereuse. Pour plus de détails, voir 9.2.5.1 de l'IEC 60204-1:2005 pour les installations ou équipements BT. Chaque unité doit être dotée de commandes pour arrêter certaines ou toutes les fonctions de l'équipement ou de l'installation, selon les dangers existants, afin que la sécurité soit garantie pendant et après l'arrêt.

La séquence des opérations d'arrêt d'urgence (par exemple les moteurs du ventilateur et du convoyeur par rapport aux circuits de traitement principaux) doit être prise en compte par le **constructeur** durant la conception et doit être spécifiée dans les informations pour l'utilisation.

14.2.5 Toute unité de commande de l'opérateur doit être conçue ou protégée de telle sorte que l'effet souhaité, quand un danger est impliqué,

- a) ne puisse être obtenu que par une action délibérée;
- b) est fabriquée pour résister aux forces prévisibles;
- c) une attention particulière doit être accordée aux dispositifs d'arrêt d'urgence car ceux-ci sont susceptibles d'être soumis à des forces considérables en cas d'urgence.

14.3 Arrêt d'urgence

La conception de l'arrêt d'urgence doit être conforme à l'ISO 13850. Tous les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être clairement identifiables, clairement visibles et rapidement accessibles. Une fois que le fonctionnement actif de l'arrêt d'urgence a cessé à la suite d'une commande d'arrêt, cette commande doit être prolongée par l'engagement du dispositif d'arrêt d'urgence jusqu'à ce que cet engagement soit spécifiquement annulé. Il ne doit pas être possible d'engager le dispositif sans déclencher une commande d'arrêt. Il doit être possible de désengager le dispositif par un fonctionnement approprié uniquement, et le désengagement du dispositif ne doit pas redémarrer l'équipement mais seulement permettre le redémarrage. Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être conformes au 10.8 de l'IEC 60204-1:2005 pour les installations ou équipements BT.

14.4 Systèmes de commande et leurs fonctions

14.4.1 Les systèmes de commande doivent être conçus et fabriqués de façon à éviter les situations dangereuses. En particulier, ils doivent être conçus et fabriqués de façon à:

- pouvoir résister aux contraintes de fonctionnement prévues et aux influences externes,
- ce qu'un défaut du matériel ou du logiciel du système de commande ne donne pas lieu à une situation dangereuse,
- ce que les erreurs dans la logique du système de commande ne donnent pas lieu à une situation dangereuse,
- ce qu'une erreur humaine raisonnablement prévisible durant le fonctionnement ne donne pas lieu à une situation dangereuse.

Cela peut être obtenu par une sécurité fonctionnelle adaptée telle que définie dans la série IEC 61508 ou l'ISO 13849-1.

14.4.2 Les fonctions de démarrage doivent déclencher la mise sous tension du circuit concerné et ne doivent pas être automatiques si cela peut créer un danger. Si des boutons-poussoirs sont utilisés, des boutons-poussoirs séparés pour "Marche" et "Arrêt" doivent être prévus.

14.4.3 Des dispositifs de **verrouillage** doivent être fournis afin de garantir un démarrage séquentiel correct en toute sécurité.

14.4.4 Les fonctions Arrêt doivent avoir priorité sur les fonctions Marche associées. On ne doit pas empêcher l'installation de s'arrêter si le signal correspondant a été donné.

Lorsque plus d'un poste de commande est fourni, la commande d'arrêt de chaque poste de commande doit être efficace.

14.4.5 Pour les modes de fonctionnement, le 9.2.3 de l'IEC 60204-1:2005 s'applique.

14.4.6 Pour la suspension des fonctions de sécurité ou des mesures de protection, le 9.2.4 de l'IEC 60204-1: 2005 s'applique en ajoutant que le "mouvement" doit comprendre le "chauffage" ou le "traitement".

14.4.7 Le signal d'arrêt d'urgence doit arrêter le processus dangereux aussi rapidement que possible, sans créer des risques supplémentaires. Il peut déclencher ou permettre le déclenchement d'actions de protection. La fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et opérationnelle à tous moments, quel que soit le mode de fonctionnement. Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent constituer un dispositif de secours pour les autres mesures de protection, ils ne doivent pas s'y substituer.

14.4.8 Pour les fonctionnements d'urgence, 9.2.5.4 de l'IEC 60204-1:2005 s'applique.

14.4.9 Pour la commande sans fil, 9.2.7 de l'IEC 60204-1:2005 s'applique.

14.4.10 Pour les fonctions de commande en cas de panne, 9.4 des IEC 60204-1:2005 et IEC 60204-1:200/AMD1:2008 s'applique.

14.5 Appareillage de commande

14.5.1 Les capteurs de toute grandeur physique et les actionneurs doivent être sélectionnés et montés en tenant compte de toutes les conditions d'exploitation possibles dans les **conditions de fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut, par exemple, la température, l'action mécanique ou les phénomènes électromagnétiques.

14.5.2 Les boutons-poussoirs doivent être conformes au 10.2 de l'IEC 60204-1:2005.

14.5.3 Les voyants et affichages lumineux doivent être conformes au 10.3 de l'IEC 60204-1:2005.

14.5.4 Les circuits de commande doivent être conformes au 9.1 de l'IEC 60204-1:2005.

14.5.5 Les circuits de commande peuvent être alimentés par un réseau de type TN ou TT – voir 312.2 de l'IEC 60364-1:2005.

14.5.6 Dans les circuits de commande alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur

- a) avec une extrémité de l'enroulement secondaire raccordé à la terre, le dispositif de protection contre les courts-circuits doit être fourni dans le conducteur non relié à la terre du côté secondaire. Une telle protection n'est pas exigée si les éléments de protection contre les courts-circuits du côté primaire assurent une sécurité équivalente;
- b) avec une prise médiane à la terre de l'enroulement secondaire, la protection contre les courts-circuits doit être fournie dans les deux pôles du côté secondaire des circuits de commande.

14.5.7 Lorsque les **photocoupleurs** sont utilisés comme moyen de **séparation électrique**, par exemple dans des convertisseurs à semiconducteurs, les distances dans l'air et les lignes de fuite doivent être spécifiées comme valeurs minimales, fondées sur les principes

- de l'IEC 60071-1 en amont ou du côté réseau d'alimentation et
- de l'IEC 60664-1 en aval ou du côté du convertisseur.

14.5.8 Un défaut à la terre sur tout circuit de commande fonctionnant au-dessous de 200 Hz ne doit ni causer une mise sous tension intempestive ni empêcher une mise hors tension de l'**installation EH** ou **EPM** ou de l'une de ses parties.

- a) Afin de satisfaire à cette exigence, il est recommandé de mettre à la terre un côté du/des transformateur(s) de commande et de raccorder convenablement les bobines et les contacts. Les circuits de commande non reliés à la terre et alimentés par un transformateur doivent être munis d'un dispositif de contrôle de l'isolement, qui soit indique un défaut à la terre soit interrompt automatiquement le circuit après un défaut à la terre. La résistance interne en courant continu du dispositif de contrôle de l'isolement doit être d'au moins 15 kΩ. Pour certains dispositifs électroniques, des valeurs nettement supérieures peuvent être nécessaires pour cette résistance.
- b) Dans le cas de transformateurs de commande à prise médiane à la terre, un disjoncteur à courant différentiel doit être utilisé.
- c) Pour les circuits de commande dans lesquels la mise à la terre unipolaire est exigée pour des raisons fonctionnelles, le **constructeur** doit prévoir une mise à la terre. Ces raisons fonctionnelles peuvent être, par exemple, l'utilisation d'embrayages électromagnétiques ayant une terre interne ou de circuits de commande à composants électroniques. Dans ce cas, des transformateurs de commande séparés ou un seul transformateur de commande à plusieurs enroulements secondaires isolés doivent être utilisés.

14.5.9 Dans le cas d'alimentations de circuits de commande reliés à la terre, le conducteur commun est raccordé au circuit de liaison de protection au niveau du point d'alimentation. Tous les contacts, éléments statiques et autres pièces qui sont destinés à faire fonctionner un dispositif électromagnétique ou un autre dispositif (par exemple, un relais ou un voyant lumineux) sont insérés entre un côté, le conducteur commuté de l'alimentation du circuit de commande, et une borne de la bobine ou du dispositif. L'autre borne de la bobine ou du dispositif (ayant de préférence toujours le même marquage) est raccordée directement au conducteur commun de l'alimentation du circuit de commande sans aucun élément de commutation – voir la Figure 3 de l'IEC 60204-1:2005.

Les exceptions suivantes à cette règle sont autorisées:

- a) les contacts des relais de protection, par exemple les relais de surcharge, peuvent être raccordés entre le côté relié au circuit de protection et les bobines, si les conducteurs reliant ces contacts aux bobines des dispositifs de commande, sur lesquels fonctionnent les contacts de relais, se trouvent dans la même **enveloppe** de commande;
- b) dans des cas spéciaux, où une disposition différente des contacts cause une simplification des accessoires de commande externes (par exemple, chariots, bobinoirs de câbles, prises multiples) si les exigences du premier alinéa du 9.4.3.1 de l'IEC 60204-

1:2005 sont satisfaites. Dans ce cas, une conception très soignée est nécessaire pour éviter un danger en cas de défaut de raccordement à la terre – voir 9.4.3.1 de l'IEC 60204-1:2005.

14.6 Dispositifs de protection

14.6.1 Les **dispositifs de protection** comprenant les **verrouillages** servant à protéger les **opérateurs** des **dangers** doivent empêcher un **opérateur** d'être exposé au danger avant que celui-ci soit éliminé et doivent satisfaire aux exigences suivantes spécifiées de 14.6.2 à 14.6.7.

14.6.2 Les **dispositifs de protection** ne doivent pas empêcher les **conditions de fonctionnement normal** ni gêner la vue de l'installation ou de l'équipement qui est nécessaire pour un fonctionnement sûr.

14.6.3 Le **dispositif de protection** et l'équipement ne doivent être réactivés à l'aide d'un outil qu'après l'inversion ou l'annulation de l'action qui a causé l'émission d'une commande d'arrêt par le **dispositif de protection**.

14.6.4 Un **dispositif de protection** assurant la protection des **opérateurs** doit garantir qu'une condition de premier défaut a peu de chances de se produire durant la durée de vie prévue de l'équipement ou ne peut causer de danger – c'est-à-dire que tout défaut du **dispositif de protection** est un défaut de sécurité. Dans la plupart des cas, cela implique que tout **dispositif de protection** doit émettre une commande d'arrêt s'il n'est pas entièrement efficace.

14.6.5 Il ne doit pas être facile de contourner ou de rendre non opérationnels les **dispositifs de protection**.

14.6.6 Les **dispositifs de protection** doivent être réglables seulement au moyen d'une action intentionnelle.

14.6.7 Les **dispositifs de protection** contre les courts circuits doivent être dimensionnés de manière appropriée pour les éléments de commutation dans les circuits de commande.

14.7 Dispositif de protection contre la surchauffe

14.7.1 Les **dispositifs** et systèmes **de protection** contre la surchauffe conçus pour fonctionner en condition de premier défaut doivent être

- a) conçus et soumis à essai pour garantir une fonction fiable;
- b) assignés pour interrompre la tension maximale et le courant maximal du circuit dans lequel ils sont employés;
- c) assignés de façon que les composants ou matériaux dont les températures sont destinées à être limitées par le dispositif ne dépassent pas les limites de température en vigueur de l'Article 10 ou les autres limites définies.

14.7.2 Si nécessaire, des moyens doivent être fournis pour que l'**opérateur** vérifie qu'un dispositif ou un système fonctionne en cas de condition de premier défaut. Les informations pour l'utilisation doivent spécifier la méthode et l'intervalle requis pour la vérification.

- a) Pour les dispositifs ou systèmes réglables, la vérification peut normalement être effectuée en réglant le dispositif de protection contre la surchauffe à une température inférieure à celle du système de commande de température.
- b) Pour les dispositifs ou systèmes non réglables, il peut être nécessaire de fournir un moyen de réglage automatique pour remplacer temporairement le système de commande de température.

14.7.3 Les **dispositifs de protection** contre la surchauffe doivent être séparés de tout système de contrôle de température. Cela s'applique non seulement aux moyens de détection de température mais également à tous les dispositifs de déconnexion dans les circuits à mettre hors tension.

14.7.4 Les dispositifs et systèmes de protection contre la surchauffe et les régulateurs de niveau de liquide réglables doivent être réglables seulement à l'aide d'un outil.

14.7.5 Les **conditions de fonctionnement normal** comprennent le réglage correct de tout dispositif de protection contre la surchauffe réglable. Le réglage incorrect d'un dispositif au moyen d'un outil est une condition de premier défaut.

14.7.6 Les régulateurs de niveau de liquide utilisés pour protéger contre la surchauffe doivent satisfaire aux mêmes exigences que les **dispositifs** et systèmes **de protection** contre la surchauffe.

14.8 Dispositif de sécurité contre la surpression

Un dispositif de sécurité contre la surpression ne doit pas fonctionner dans des **conditions de fonctionnement normal**. Il doit être conforme aux exigences suivantes.

- a) Il doit être raccordé aussi près que possible des pièces du système contenant des liquides, qu'il est destiné à protéger.
- b) Il doit être installé de façon à fournir un accès facile pour l'examen, la maintenance et la réparation.
- c) Il ne doit pas être possible de le régler sans utiliser d'outil.
- d) Il doit être situé de façon qu'une évacuation ne cause pas de dangers aux **opérateurs**, et son ouverture d'évacuation doit être placée et dirigée de sorte que le matériau libéré ne soit pas dirigé vers l'**opérateur**.
- e) L'installation ou l'équipement doit être conçu de sorte que rien ne fasse obstacle aux dispositifs de libération de pression.
- f) Son ouverture d'évacuation doit être située et toute évacuation dirigée de sorte que le fonctionnement du dispositif ne dépose pas de matériau sur les pièces, si cela peut causer un danger.
- g) Il doit avoir une capacité d'évacuation adéquate pour garantir que la pression ne puisse pas dépasser la pression de service maximale assignée du système.
- h) Il ne doit pas y avoir de vanne d'arrêt entre le dispositif de sécurité contre la surpression et les parties qu'il est destiné à protéger.

15 Protection contre les dangers mécaniques

15.1 Concernant les dangers mécaniques, le **constructeur** doit se référer à l'ISO 13577-1, si elle s'applique. Dans tous les autres cas, les exigences définies de 15.2 à 15.12 s'appliquent.

15.2 Aucune partie accessible de l'installation ou de l'équipement ne doit avoir des surfaces rugueuses, des bords pointus et des angles présentant un danger.

15.3 On doit empêcher toute pièce mobile présentant un danger de devenir un risque au moyen de **protecteurs** ou de **dispositifs de protection**. L'ISO 14120 s'applique à la conception et à la construction pour garantir la stabilité mécanique des **protecteurs**.

15.4 Des précautions suffisantes doivent être mises en œuvre pour éviter toute situation dangereuse due aux pièces expulsées ou à la **charge de travail**.

15.5 Il doit être impossible qu'un **opérateur** se retrouve bloqué dans une pièce d'une installation ou d'un équipement ou, si tel n'est pas le cas, des moyens pour requérir une aide doivent être installés.

15.6 Si un **opérateur** peut se retrouver bloqué dans l'installation, on doit installer des moyens suffisants pour la quitter ou un arrêt d'urgence qui peut être déclenché à l'intérieur de l'installation.

15.7 Les zones dans lesquelles le corps ou une partie du corps sont susceptibles d'être bloqués, écrasés, exposés au cisaillement, aux impacts, aux coupures, à l'enchevêtrement, à l'entraînement, aux piqûres ou à l'abrasion doivent être inaccessibles ou, si cela est impossible pour les **conditions de fonctionnement normal**, l'une des mesures suivantes ou d'autres mesures doivent limiter le risque:

- a) une telle zone de danger est considérée ne pas présenter de danger mécanique si les écarts de la zone sont conformes aux dimensions spécifiées dans les Tableaux 13 et 14 de l'IEC 61010-1:2010;
- b) une telle zone de danger est considérée ne pas présenter de danger mécanique si les distances séparant l'**opérateur** de la zone de danger dépassent les valeurs spécifiées dans l'ISO 13857;
- c) une telle zone de danger est considérée ne pas présenter de danger mécanique si les **protecteurs** et les mesures de protection empêchent l'accès.

15.8 Les mesures de protection doivent être conçues et incorporées au système de commande de manière que

- a) les parties mobiles ne puissent se mettre en mouvement tant qu'elles peuvent être atteintes par des **opérateurs**;
- b) lorsque l'équipement a commencé à bouger, la zone de danger ne puisse pas être atteinte ou, si la zone de danger est atteinte, que le mouvement du système doive être arrêté. Aucun danger ou dommage ne doit résulter d'un arrêt du système;
- c) si en condition de premier défaut de la mesure de protection, un risque inacceptable peut survenir, un ou plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence dans l'équipement doivent être fournis;
- d) l'absence ou la panne de l'un de leurs composants empêche tout démarrage ou arrête les parties en mouvement.

Les mesures de protection comprennent des **dispositifs de protection** contre les dangers mécaniques.

15.9 La vitesse de mouvement de toute partie de l'équipement qui peut entrer en contact avec l'**opérateur**, et dans laquelle le contact de l'**opérateur** avec l'équipement peut produire une situation dangereuse, doit être limitée de sorte que l'**opérateur** puisse réagir de manière appropriée à la partie en mouvement sans générer un risque inacceptable.

15.10 Les commandes doivent être positionnées, encastrées ou protégées par d'autres moyens de façon qu'elles ne puissent pas être actionnées accidentellement, causant un risque inacceptable.

Le risque dû au dépassement de la course (au-delà des limites) des parties de l'équipement doit être réduit à un niveau acceptable. Des dispositifs de fin de course ou d'autres moyens d'arrêt doivent être fournis pour agir en tant qu'ultime mesure de limitation de course à la fois en **conditions de fonctionnement normal** et en condition de premier défaut. Ces moyens doivent avoir la force mécanique nécessaire pour résister au chargement prévu.

Le dépassement de course (distance d'arrêt) d'un tel mouvement, intervenant après l'actionnement d'une commande pour le stopper, ne doit pas entraîner un risque inacceptable.

15.11 Lorsqu'une partie de l'équipement a été arrêtée, toute dérivation de la position d'arrêt, pour une raison quelconque autre qu'une action sur les dispositifs de commande, doit être évitée ou être telle qu'elle ne cause pas de danger.

15.12 Si des **opérateurs** sont supposés se déplacer à proximité ou se tenir sur l'installation ou l'équipement, on doit mettre en œuvre des moyens suffisants pour empêcher tout glissement, basculement ou chute.

16 Protection contre les dangers dus à l'utilisation

16.1 Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale

16.1.1 Les dangers d'hygiène diffèrent des autres dangers car ils sont dangereux pour les consommateurs de la **charge de travail** en cours de traitement. Ils ne présentent généralement pas un danger pour l'**opérateur**. Les risques d'hygiène sont liés à la capacité de l'équipement à éliminer les résidus de produits et les micro-organismes, empêchant ainsi la contamination des produits.

16.1.2 Des dangers d'hygiène et de contamination particuliers existent dans le traitement des **charges de travail** telles que les denrées alimentaires, les boissons, l'alimentation animale, les produits pharmaceutiques et cosmétiques et doivent être pris en considération. Dans ce cas, l'équipement doit satisfaire aux exigences applicables de l'ISO 14159 et aux réglementations nationales en vigueur. En outre, ces **charges de travail** ne doivent pas être contaminées lors de la pasteurisation, de la stérilisation ou d'autres traitements, générant des produits dangereux.

16.1.3 L'interaction du nettoyage ou des agents de désinfection ou de leurs résidus avec l'équipement de traitement doit être prise en considération. Le **constructeur** doit inclure, dans les informations pour l'utilisation, des informations sur les agents susceptibles d'être utilisés en toute sécurité. Le **constructeur** doit indiquer les agents de nettoyage ou de désinfection dont l'utilisation n'est pas sûre.

16.2 Interférences dans les fréquences radio

S'il y a lieu, on doit respecter la norme CISPR 11.

16.3 Dangers particuliers dans le traitement électrothermique et électromagnétique

D'autres dangers particuliers inhérents aux sites d'installation ou à l'utilisation d'équipement spécifiques sont tenus d'être couverts par les Exigences particulières et peuvent faire l'objet d'un accord entre le **constructeur** et l'**utilisateur** – par exemple, des conditions externes telles que les tremblements de terre.

16.4 Équipement combiné

Si l'équipement est destiné à être utilisé en association avec d'autres équipements, tout danger résultant de cette association doit être pris en compte.

17 Protection contre d'autres dangers

17.1 Généralités

En complément des dangers potentiels traités dans les articles précédents, les dangers décrits dans l'ISO 13577-1 et l'Annexe B de l'ISO 12100:2010 doivent être évalués par le **constructeur** à la phase de conception, et les exigences correspondantes de ces normes

doivent être satisfaites, s'il y a lieu. En outre, les dangers spécifiques traités en 17.2 doivent être pris en considération.

17.2 Pression des sons, des infrasons et des ultrasons

L'équipement ou l'installation ne doit pas présenter de danger résultant de la pression des sons, des infrasons et des ultrasons.

Les instructions d'installation doivent préciser comment l'**utilisateur** peut s'assurer que le niveau de pression acoustique émis par l'équipement, au point d'utilisation après l'installation, n'atteint pas une valeur susceptible d'entraîner un danger. Ces instructions doivent identifier les matériaux ou mesures de protection immédiatement disponibles et pratiques qui peuvent être utilisées, y compris l'installation d'enceintes ou de hottes de réduction du bruit.

18 Vérification et essais

18.1 Généralités

La conformité aux exigences de sécurité ou aux mesures de protection doit être vérifiée par l'une ou des combinaisons des méthodes suivantes:

- a) examen des plans ou calculs,
- b) examen visuel,
- c) mesurage,
- d) essai fonctionnel,
- e) modélisation numérique.

Le Tableau 5 répertorie les méthodes de vérification recommandées concernant les exigences spécifiques de la présente norme. Les méthodes et résultats de vérification doivent faire l'objet d'un rapport.

Tableau 5 – Méthodes de vérification des exigences

Article	Exigence ou mesure concernant	Vérification effectuée par				
		examen	examen visuel	mesurage	essai fonctionnel	modélisation numérique
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
6.4	Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique à l'intérieur de l'équipement de traitement	✓	✓	✓		
6.5	Alimentation électrique	✓	✓			
6.6	Accès	✓	✓			
6.7	Aspects ergonomiques	✓	✓			
6.8	Transport et stockage	✓	✓			
6.9	Dispositions en vue de la manipulation	✓	✓			
6.10	Consommables et pièces remplaçables	✓	✓			
7.3	Dispositions générales	✓	✓	✓	✓	
7.4	Protection principale	✓	✓			
7.5	Dispositions relatives à la protection de premier défaut	✓	✓			

Article	Exigence ou mesure concernant	Vérification effectuée par				
		examen	examen visuel	mesurage	essai fonctionnel	modélisation numérique
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
7.6	Liaison équipotentielle de protection	✓	✓			
7.7	Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz	✓	✓			
7.8	Courants de conducteur de protection	✓	✓			
7.9	Courant de contact et tension de contact	✓	✓	✓	✓	✓
7.10	Conducteurs et isolations à haute température	✓	✓	✓		
7.11	Défauts non électriques	✓	✓			
8.2	Champs magnétiques	✓	✓	✓	✓	✓
8.3	Champs électriques locaux	✓	✓	✓	✓	✓
8.4	Exigences relatives aux barrières et écrans	✓	✓			
8.5	Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes	✓	✓			
9.2	Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants	✓	✓	✓		
9.3	Rayonnements ultraviolets	✓	✓	✓	✓	✓
9.4	Rayonnement visible et infrarouge	✓	✓	✓	✓	✓
9.5	Sources laser	✓	✓	✓	✓	✓
10.2	Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures	✓	✓	✓		
10.3	Dangers causés par les conditions de travail		✓			✓
10.4	Résistance thermique des composants	✓	✓			
10.5	Refroidissement	✓	✓			
10.6	Protection contre la surchauffe	✓	✓			
11	Protection contre les dangers d'incendie	✓	✓			
12.2	Protection contre les dangers dus aux liquides – Gaz et substances toxiques et nocifs	✓	✓			
12.3	Protection contre les dangers dus aux liquides – Explosion et implosion des pièces sous pression	✓	✓			
13.2	Équipement électrique et conducteurs	✓	✓	✓	✓	
13.3	Raccordement au réseau électrique et raccordements internes	✓	✓		✓	
13.4	Sectionnement et coupure	✓	✓		✓	
13.5	Pièces mobiles de protection des capteurs et actionneurs	✓	✓	✓	✓	
13.6	Moteurs	✓	✓			
13.7	Moyens de chauffage non électriques	voir l'ISO 13577-1				
13.8	Éclairage	✓	✓			
13.9	Pièces structurelles et stabilité	✓	✓			
13.10	Portes, fenêtres et autres ouvertures	✓	✓			
14	Commande de l'installation ou de l'équipement	✓	✓		✓	
15	Protection contre les dangers mécaniques	✓	✓	✓		

Article	Exigence ou mesure concernant	Vérification effectuée par				
		examen	examen visuel	mesurage	essai fonctionnel	modélisation numérique
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
16.1	Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale	✓	✓	✓		
16.2	Interférences dans les fréquences radio			✓	✓	
17.2	Pression des sons, des infrasons et des ultrasons			✓	✓	

18.2 Exécution des mesurages et des essais

18.2.1 L'exactitude de l'équipement de mesure et les méthodes de mesure doivent être conformes à l'IEC 60398:—³, s'il y a lieu.

18.2.2 La présente norme définit certains essais à l'état froid et d'autres essais dans des **conditions de fonctionnement normal**. Les conditions d'essai en **fonctionnement normal** doivent être les conditions les plus défavorables générant les contraintes maximales prévues pour l'installation et la plus grande probabilité ou potentialité de dangers.

18.2.3 La présente norme ne définit pas les essais en condition de premier défaut car ceux-ci peuvent endommager gravement l'installation.

NOTE L'IEC 61010-1 peut être utilisée en combinaison avec la présente norme afin de développer des méthodes de vérification pour les essais en condition de premier défaut ou à des fins d'essais de type.

18.2.4 Pour toutes les installations couvertes par le domaine d'application de l'ISO 13577-1, la norme s'applique quant à la vérification, à l'exception des dangers et exigences électriques, magnétiques et de rayonnements, pour lesquels les Articles 7 à 10 de la présente norme s'appliquent.

18.3 Vérification de la conformité aux limites des champs électriques ou magnétiques

Si la valeur mesurée ou calculée dépasse les niveaux de référence ou les valeurs comparables définies dans une réglementation nationale, il ne s'ensuit pas nécessairement que la limitation de base applicable soit dépassée et que l'**opérateur** puisse être exposé à des niveaux dangereux de champs électriques ou magnétiques. Cependant, dès qu'un niveau de référence est dépassé, cela indique un possible danger et il devient nécessaire de vérifier la conformité aux restrictions de base applicables. Cette vérification peut être effectuée à l'aide d'une sélection préalable améliorée si c'est possible ou à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

- évaluation de l'exposition humaine aux champs magnétiques ou électriques (par exemple conformément à l'IEC 62311 ou l'EN 50413 couvrant la plage de 0 Hz à 300 GHz);
- évaluation de l'exposition humaine aux champs magnétiques ou électriques conformément à la série IEEE C95;
- utilisation du calcul numérique des champs électriques ou magnétiques conformément à la série IEC 62226 pour une plage de fréquences faibles et intermédiaires;

³ À publier.

- d) évaluation numérique de l'interaction entre l'équipement de traitement et les personnes exposées;
- e) ou par l'utilisation de toute autre méthode, qui fournit une exactitude comparable, si les restrictions de base sont satisfaites.

18.4 Examen des plans ou calculs

Il faut que l'examen des plans et calculs vérifie si toutes les parties de l'**installation EH** ou **EPM** sont conformes aux exigences.

18.5 Examen visuel

18.5.1 L'examen visuel de l'**installation EH** ou **EPM** doit être effectué après le montage et durant la mise en service, avant tout essai d'état à chaud, afin de comparer l'installation montée aux plans. Cet examen visuel doit permettre de s'assurer que

- a) l'installation a été montée tel que défini dans les plans;
- b) tous les marquages et avertissements ont été apposés;
- c) tous les **obstacles**, **barrières**, **protecteurs** et autres moyens de protection similaires sont en place;
- d) tous les **protecteurs**, **barrières** et moyens de protection similaires destinés à être retirés à l'aide d'un outil ne peuvent être retirés qu'au moyen d'un outil;
- e) toutes les mesures de protection sont adéquates et existent et que toutes les dispositions de raccordement à la terre et connexions équipotentielles sont conformes aux plans.

18.5.2 Un examen visuel supplémentaire doit être effectué à l'achèvement de tous les essais d'état à chaud de mise en service. Cet examen visuel doit permettre de vérifier que toutes les parties de l'**installation EH** ou **EPM** soumises à la chaleur, à l'**EMF**, aux rayonnements intensifs ou à d'autres influences causant l'usure demeurent à leur état prévu. On doit inspecter particulièrement les revêtements, les éléments de chauffage, l'**isolation** thermique et les éléments réfractaires, les **barrières**, portes, **portillons**, **fenêtres**, rebords, systèmes de transport et de positionnement de la **charge de travail**, en privilégiant la recherche des pertes de niveau, fissures, distorsion, abrasion inhabituelle, percée, oxydation et fluage.

18.6 Mesurages

18.6.1 Mesurage de la résistance d'isolement jusqu'à 200 Hz

Pour le mesurage de la résistance d'isolement jusqu'à 200 Hz, le 18.3 de l'IEC 60204-1:2005 s'applique et les essais doivent être effectués à l'état froid.

18.6.2 Mesurage des champs électriques ou des champs magnétiques

L'IEC 61786-2⁴ s'applique aux mesurages des champs électriques ou des champs magnétiques et l'IEC 61786-1 s'applique aux équipements de mesure pour les fréquences jusqu'à 100 kHz.

Les mesurages supérieurs à 100 kHz sont à l'étude.

18.6.3 Mesurage des courants de contact

Le mesurage des courants de contact doit suivre l'IEC 60990, à l'exception de l'utilisation du circuit pour hautes fréquences.

⁴ À publier.

La méthode d'essai à hautes fréquences de l'IEC 60990 est recommandée ici en appliquant seulement les modifications suivantes: pour obtenir la variation de fréquence des capacités de la peau avec l'augmentation de fréquence – la peau étant une partie significative du circuit de courant et étant plus sensible aux brûlures en raison de son faible volume et de son intersection – la capacité doit au contraire être appliquée en série et définie à $A \cdot 0,01 \mu\text{F}$, où A est la surface de la peau en cm^2 . Pour une préhension normale et 10 kHz à 10 MHz, une capacité de série de $0,45 \mu\text{F}$ et une impédance de peau de $A \cdot f^{1/3} \cdot 10^6 \Omega$ sont recommandées, où f est la fréquence en Hz.

NOTE 1 Dans la Figure 3 de l'IEC 60990:1999, R_s représente la peau et C_s la capacité de la peau où C_s est probablement trop grand d'un facteur 10.

NOTE 2 La surface de contact de préhension recommandée représentée dans l'IEC 60990 est une surface de 200 cm^2 . Cette surface est exceptionnellement grande – généralement environ 50 cm^2 sont utilisés.

18.6.4 Mesurage des rayonnements ionisants

La conformité est vérifiée en mesurant la quantité de rayonnements émis dans les conditions les plus défavorables, lorsque le rayonnement ionisant maximal est émis. La méthode de détermination de la quantité de rayonnements doit être applicable à la gamme des énergies de rayonnement possibles. L'équipement contenant des tubes cathodiques est soumis à essai tout en affichant un modèle de chaque rayon ne dépassant pas $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ou l'affichage le plus petit possible, l'élément le plus grand prévalant. L'équipement contenant des sources de rayons X est réglé pour produire le niveau maximal de rayonnement possible. Les affichages sont positionnés de façon à produire le rayonnement maximal.

18.6.5 Mesurage du rayonnement optique non cohérent

18.6.5.1 Pour le mesurage du rayonnement optique non cohérent, l'Article 5 de l'IEC 62471:2006 s'applique avec les amendements suivants.

18.6.5.2 Des emplacements séparés de l'installation, tels que des portes ou des **fenêtres** séparées peuvent appartenir à différentes classes de risque. Ils doivent être évalués et vérifiés séparément.

18.6.5.3 Aucun environnement contrôlé n'est généralement atteignable. Les conditions de mesure et une évaluation de l'influence des conditions de mesure sur la qualité des données mesurées doivent ainsi figurer dans le rapport de mesure. Les conditions de mesure doivent faire l'objet d'un rapport dans le cadre de l'évaluation et de l'affectation de la classification du risque.

18.6.5.4 Pour maintenir une production stable durant le processus de mesure et fournir des résultats reproductibles, l'**installation EH** ou **EPM** doit être rodée pendant une période de temps appropriée avant les mesurages. Durant la période de fonctionnement initiale, les caractéristiques de la production changent au fur et à mesure que les composants s'oxydent, vieillissent, ou parviennent autrement à un état proche de l'équilibre. Si les mesurages sont effectués sur des installations non rodées, les variations au sein de la période de mesure et entre les mesurages peuvent être importantes. La période de vieillissement nécessaire dépend de l'installation spécifique et de l'environnement. Elle varie avec différents types d'installations et il peut être impossible d'atteindre un vieillissement suffisant pour l'évaluation durant la mise en service. Dans ce cas, les mesurages doivent être de nouveau effectués à une phase ultérieure de la durée de vie de l'équipement.

18.6.5.5 On doit s'assurer par des vérifications minutieuses que d'autres sources de rayonnement telles que l'équipement ou des fours à proximité, une **charge de travail** chaude, des écrans chauds ou des réflexions, n'ajoutent pas un rayonnement significatif au signal mesuré.

18.6.5.6 Tout équipement pour le mesurage à résolution non spectrale de l'éclairement énergétique ou de la luminance énergétique doit être de classe 3.0 ou supérieure. L'équipement de mesure doit avoir une réponse spectrale plate ou constante entre 400 nm et $10 \mu\text{m}$, une réponse plate entre 200 nm et $20 \mu\text{m}$ est préférable. L'équipement de mesure doit être suffisamment stabilisé pour éviter toute dérive dépassant les limites.

NOTE Il peut s'agir d'un détecteur pyroélectrique stabilisé thermiquement.

18.6.5.7 L'Annexe B de l'IEC 62471:2006 s'applique pour les mesurages à résolution spectrale. L'exactitude des résultats de mesure doit être calculée et établie. Il convient que l'imprécision de mesure ne dépasse pas 30 % de la limite de classification la plus basse en valeurs absolues.

18.6.6 Mesurage des rayonnements optiques cohérents comprenant les émissions des LED

Tous les mesurages de rayonnements provenant de sources laser ou LED doivent suivre l'IEC 60825-1.

18.6.7 Mesurage de la température de surface

La vérification des surfaces accessibles doit être effectuée conformément à l'ISO 13732-1.

18.6.8 Mesurage du niveau acoustique

La conformité est vérifiée en mesurant le niveau de pression acoustique pondéré A maximal à l'emplacement de l'**opérateur** et si nécessaire, en calculant le niveau de puissance acoustique pondéré A maximal produit par l'équipement, tel que spécifié dans l'ISO 3746. Le mesurage est effectué dans des **conditions de fonctionnement normal** et en combinant la **charge de travail** et d'autres conditions de fonctionnement (telles que la pression, l'écoulement ou la température) qui créent le niveau de pression acoustique maximal.

Les sonomètres utilisés pour les mesurages doivent être conformes à la classe 1 de l'IEC 61672-1 ou, s'il s'agit d'un sonomètre d'intégration, au type 1 de l'IEC 61672-2

18.7 Essais de fonctionnement

18.7.1 Protection par déconnexion automatique de l'alimentation

Le 18.2 de l'IEC 60204-1:2005 et de l'IEC 60204-1:2005/AMD1:2008 s'applique.

18.7.2 Essai de tension

Pour les installations ou équipements BT, l'essai décrit en 18.4 de l'IEC 60204-1:2005 s'applique.

18.7.3 Essai diélectrique

L'Article 13 de l'IEC 60335-1:2010 et de l'IEC 60335-1:2010/AMD1:2013 s'applique.

18.7.4 Accessibilité des parties actives

L'inaccessibilité de toutes les **parties actives** doit être vérifiée par les essais définis dans l'IEC 60529.

18.8 Modélisation numérique

18.8.1 Généralités

L'exactitude de tout calcul doit être au moins comparable à l'exactitude de mesure atteignable. Cela définit l'exactitude nécessaire de la configuration géométrique mise en œuvre et la résolution de grille minimale ou le nombre de cellules, les éléments de surface, la résolution temporelle, les bandes ou rayons utilisés ainsi que les données physiques ou thermochimiques utilisées.

L'utilisation de données calculées à la place des mesurages doit être mentionnée dans la documentation technique. La documentation du calcul doit inclure

- a) la configuration géométrique utilisée;
- b) toutes les données de modélisation pertinentes et une description des modèles utilisés;
- c) le logiciel utilisé et sa version;
- d) les paramètres définis du logiciel qui influencent le résultat;
- e) la méthode utilisée pour la vérification de l'exactitude des modèles utilisés et du calcul lui-même;
- f) tous les résultats utilisés pour la classification.

À partir des données stockées, il doit être possible de remettre en œuvre les modèles et d'effectuer à nouveau le calcul sur un autre système ou à l'aide d'un autre logiciel.

Les données de mesure pertinentes doivent être conservées chez le **constructeur** de l'**équipement**. Elles doivent être conservées pendant la durée de vie prévue de l'**équipement** ou pendant une durée définie par les réglementations nationales.

18.8.2 Évaluation numérique des champs électriques ou magnétiques

Pour les géométries complexes ou les applications dans lesquelles les hypothèses pour le calcul du niveau de référence ne sont pas correctes, une évaluation numérique de l'interaction entre l'équipement de traitement et les personnes exposées concernant les champs électriques ou magnétiques et les champs électriques induits dans les parties du corps, peut être utilisée pour évaluer les courants induits dans les parties du corps si le calcul atteint une exactitude suffisante.

L'utilisation de l'électrodynamique de calcul pour évaluer les champs externes, le champ électrique interne, le débit d'absorption spécifique (DAS) ou le courant de contact est une expérimentation numérique et l'exactitude dépend entre autres

- du modèle de la source, de l'installation et du corps humain,
- de la méthode de calcul utilisée,
- de la résolution spatiale et temporelle.

La documentation du calcul doit, outre la liste de 18.8.1, comprendre

- a) la géométrie des conducteurs et de tous les corps impliqués par le calcul;
- b) la grille et la résolution.

18.8.3 Évaluation numérique du rayonnement optique

L'évaluation de l'exposition et la classification qui s'ensuit peuvent être basées sur le calcul par traçage de rayon de l'éclairement énergétique et de la luminance énergétique à toutes les positions en question, en remplacement des mesurages, si une exactitude comparable peut être atteinte par calcul.

Le traçage de rayon étant une expérimentation numérique, les exigences quant à la position et à l'orientation des détecteurs virtuels sont les mêmes que pour les détecteurs physiques lors des mesurages.

Le calcul de la luminance énergétique ou de l'éclairement énergétique, qui dépend des angles spatiaux ou des amplitudes définis, doit suivre la même procédure que pour les mesurages définis en 18.6.5 ou 18.6.6.

La documentation du calcul doit, outre la liste de 18.8.1, comprendre

- a) toutes les données de modélisation correspondantes et une description des modèles utilisés pour les surfaces impliquées, leur comportement de diffusion, leur réflexion diffuse ou spéculaire;

- b) les paramètres définis du logiciel qui influencent le résultat, tels que la division des rayons, le nombre maximal de rayons divisés suivis, la quantité minimale d'énergie dans un seul rayon, la méthode de randomisation;
- c) le nombre de rayons utilisés, l'énergie perdue en raison des effets numériques.

19 Informations pour l'utilisation

19.1 Exigences générales

19.1.1 Le **constructeur** doit fournir les informations pour l'utilisation concernant l'équipement, qui se composent de liens de communication tels que des textes, des mots, des signes, des signaux, des symboles ou des schémas, utilisés séparément ou en combinaison pour transmettre les informations à l'**utilisateur**.

Des informations sur l'utilisation prévue de l'équipement doivent être fournies, en tenant compte de ses modes de fonctionnement, des mesures requises pour assurer une utilisation prévue et correcte de l'équipement, en particulier des informations sur les risques résiduels.

Les informations doivent inclure:

- a) les détails de la formation requise;
- b) les exigences en matière d'équipement de protection individuelle;
- c) des détails supplémentaires sur les **protecteurs** ou **dispositifs de protection**.

19.1.2 Les informations pour l'utilisation doivent couvrir séparément ou en les combinant le transport, l'assemblage et l'installation, la mise en service, l'utilisation (réglage, apprentissage/programmation ou changement de procédé, exploitation, nettoyage, identification des défauts et maintenance) de l'équipement, et, s'il y a lieu, sa mise à l'arrêt définitif, son démantèlement et son élimination.

19.2 Emplacement et nature des informations pour l'utilisation

Le **constructeur** doit décider si les informations ou une partie d'entre elles sont données

- a) dans ou sur l'installation elle-même;
- b) dans les documents d'accompagnement;
- c) sur l'emballage;
- d) par d'autres moyens tels que des signaux ou des avertissements à l'extérieur de l'équipement.

La décision doit être basée sur le risque, le moment où les informations sont nécessaires et la conception de l'installation.

19.3 Dispositifs de signalisation et d'avertissement

Des signaux visuels (par exemple des lumières clignotantes) ou des signaux acoustiques (par exemple des sirènes) doivent être utilisés pour avertir les **opérateurs** ou les **personnes ordinaires** d'un événement dangereux imminent – par exemple le démarrage de l'équipement ou la surchauffe. Les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- a) les signaux doivent être émis avant l'événement dangereux,
- b) les signaux ne doivent pas être ambigus et doivent être clairement reconnus par les **opérateurs**,
- c) les signaux doivent être clairement perçus et différenciés de tous les autres signaux utilisés.

Si des dispositifs d'avertissement sont utilisés, ils doivent être conçus et situés de manière qu'il soit facile de vérifier leur bon fonctionnement. Les informations pour l'utilisation doivent déterminer les procédures destinées à vérifier le bon fonctionnement des dispositifs d'avertissement.

Lors de la conception des dispositifs d'avertissement, le **constructeur** doit prendre en considération le risque de "saturation sensorielle". Ce risque résulte d'un trop grand nombre de signaux visuels ou acoustiques qui peut amener les **opérateurs** à ignorer ou neutraliser les dispositifs d'avertissement.

19.4 Marquages, pictogrammes, avertissements écrits

19.4.1 L'installation et son équipement doivent être marqués sur leur(s) plaque(s) signalétique(s) et comprendre au moins les données suivantes inscrites de manière visible et lisible:

- a) le numéro de série, s'il existe, ou le nom de l'équipement;
- b) le nom et l'adresse du **constructeur**;
- c) l'année de construction;
- d) l'année de modification, s'il y a lieu;
- e) le nombre de phases et la tension d'entrée assignée; lorsque l'équipement est destiné à être utilisé à différentes tensions d'alimentation assignées, l'association des tensions particulières et des bornes d'alimentation correspondantes, ainsi que le mode de raccordement, doivent être indiqués sur la plaque signalétique;
- f) le type et la valeur du courant d'entrée assigné;
- g) la puissance d'entrée assignée; lorsque les installations sont prévues pour plusieurs plages de tensions, les valeurs maximales de la puissance absorbée en fonction des plages de tensions doivent être indiquées;
- h) la fréquence d'entrée et la fréquence ou plage de fréquences du processus assignée, le cas échéant, doivent être indiquées;
- i) la classe et le groupe de l'équipement conformément au CISPR 11.

19.4.2 L'équipement doit être marqué avec toutes les informations nécessaires pour une utilisation sûre, par exemple

- la **charge de travail** maximale ou la production à traiter;
- la température de fonctionnement maximale;
- l'atmosphère à utiliser (par exemple non inflammable, explosive, toxique), si elle est spécifique;
- la nécessité de porter un équipement de protection individuelle;
- des données d'installation des **protecteurs** ou **barrières**.

19.4.3 Des avertissements appropriés doivent être affichés, en particulier concernant les dangers qui ne sont pas immédiatement perceptibles, tels que la HT, les rayonnements ionisants, les rayonnements non ionisants ou les **champs électromagnétiques**.

19.4.4 L'IEC 60204-1:2005, 16.2 doit être utilisée pour le marquage des fonctions électriques.

Les dispositifs de commande et de signalisation doivent être identifiés par des lettres, des mots ou des symboles.

L'identification des conducteurs doit être conforme à 13.2 de l'IEC 60204-1:2005.

Les composants électriques et leurs références sur le schéma de circuit dans la documentation doivent comporter un marquage durable. Le repérage doit être conforme aux indications données sur les schémas de circuit.

19.4.5 L'installation doit porter tous les marquages qui sont nécessaires pour indiquer sa conformité aux exigences en vigueur.

19.4.6 Les informations imprimées directement sur l'équipement doivent être permanentes et rester lisibles pendant toute la durée de vie de l'équipement.

Les marquages doivent être durables, lisibles et clairement visibles. Sauf convention contraire, les marquages doivent être rédigés dans la langue du pays dans lequel l'équipement est à installer. Les avertissements écrits doivent être rédigés dans la(les) langue(s) du pays dans lequel l'équipement est utilisé pour la première fois et, sur demande, dans la(les) langue(s) comprise(s) par les **opérateurs**.

Les marquages, symboles, signes et avertissements écrits doivent être immédiatement compréhensibles et non ambigus, particulièrement en ce qui concerne la partie de la/des fonction(s) de l'équipement à laquelle ils sont associés. Il convient de privilégier des pictogrammes immédiatement compréhensibles aux avertissements écrits.

Les symboles graphiques doivent être conformes à l'IEC 60417 ou l'ISO 7000, s'il y a lieu. Les signes, étiquettes ou pancartes doivent être conçus conformément à l'ISO 3864-1. L'Annexe F fournit des exemples des symboles et signes de sécurité en vigueur.

19.5 Manuel(s) d'instructions / manuel(s) d'installation, de mise en service, d'exploitation, de maintenance et de mise à l'arrêt définitif

19.5.1 Le manuel d'instruction et la documentation technique doivent être fournis sous format papier; ils peuvent être accompagnés par des données électroniques.

19.5.2 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent être conformes à l'IEC 82079-1 et doivent contenir au moins les informations suivantes relatives au transport, à la manutention et au stockage de l'installation ou de l'équipement, incluant sans s'y limiter:

- a) les conditions de stockage de l'équipement ou de ses pièces;
- b) les dimensions, les valeur(s) massique(s), la position du(des) centre(s) de gravité;
- c) les indications de manutention – par exemple, les plans indiquant les points d'application de l'équipement de levage.

19.5.3 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent au moins contenir les informations suivantes relatives à l'installation et à la mise en service de l'équipement, incluant sans s'y limiter:

- a) les exigences de fixation/d'ancrage et d'amortissement des vibrations ou de fondations, si nécessaire;
- b) les bornes de terre obligatoires à proximité des parties des installations lorsque, pour la maintenance et l'examen, il est nécessaire de mettre à la terre les conducteurs et les parties conductrices nues après la mise hors tension de l'alimentation;
- c) si l'équipement n'est pas envoyé assemblé, des instructions spécifiques pour le déballage de l'équipement, une liste de contrôle des pièces, le plan de la configuration, le plan d'installation de toutes les pièces et un programme de connexion des pièces (IEC 61082-1);
- d) des instructions pour la connexion de l'installation ou de l'équipement à l'eau, aux liquides hydrauliques, à l'air sous pression, y compris les pressions admises;

- e) des instructions pour le raccordement de l'installation ou de l'équipement à l'alimentation électrique, particulièrement la tension tolérable et les fluctuations de fréquences, et comprenant la protection contre la surcharge électrique;
- f) un plan des essais comprenant tous les essais effectués avant la connexion et l'utilisation de l'équipement;
- g) les conditions d'assemblage et de montage;
- h) l'espace nécessaire pour l'utilisation et la maintenance de l'équipement;
- i) les conditions d'environnement admises – par exemple la température, l'humidité, les vibrations, les **rayonnements électromagnétiques**, l'atmosphère et la pression atmosphérique prévues;
- j) des recommandations sur la mise au rebut ou l'élimination, s'il y a lieu;
- k) des recommandations pour la mise en œuvre des mesures de protection, des distances de sécurité, des signes et signaux de sécurité émises par l'**utilisateur**.

19.5.4 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations relatives à l'installation ou à l'équipement proprement dit, telles que

- a) une description détaillée de l'équipement, de ses raccords, **protecteurs** et autres **dispositifs de protection**;
- b) la gamme complète des applications pour lesquelles l'équipement est prévu, y compris les utilisations interdites;
- c) des schémas, particulièrement une représentation schématique des fonctions de sécurité en conformité avec l'Article 17 de l'IEC 60204-1:2005;
- d) des données sur le bruit et les vibrations générés par l'équipement, des données sur les rayonnements, gaz, vapeurs et poussières qu'il émet. S'il y a lieu, elles comprennent une référence aux méthodes de mesure utilisées;
- e) une documentation technique de l'**équipement électrique** en conformité avec l'Article 17 de l'IEC 60204-1:2005;
- f) des documents attestant que l'installation ou l'équipement satisfait aux exigences obligatoires;
- g) un avertissement explicite, si les rayonnements émis peuvent causer un danger;
- h) un avertissement explicite si le fait de rendre l'équipement actif à des fins de mesurages et d'examen cause des contraintes excessives sur l'**isolation** électrique, s'il existe des instructions applicables pour ces essais et la tension maximale à appliquer.

19.5.5 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations relatives à l'utilisation de l'installation ou de l'équipement, telles qu'associées à ou décrivant

- a) l'utilisation prévue;
- b) les commandes manuelles (actionneurs);
- c) le réglage, l'ajustement et la liste des valeurs de réglage et d'ajustement de l'équipement à l'achèvement de l'essai de mise en service;
- d) les modes et moyens de démarrage, d'utilisation et d'arrêt (par exemple l'arrêt d'urgence);
- e) les risques résiduels;
- f) les risques particuliers qui peuvent être générés par certaines applications, par l'utilisation de certains raccords, et concernant les protections spécifiques nécessaires pour ces applications;
- g) une mauvaise utilisation raisonnablement prévisible et les applications interdites;
- h) une procédure d'identification et de localisation des défauts, et de réparation;
- i) une(des) procédure(s) de sécurité pour le redémarrage après une intervention ou un défaut;
- j) l'équipement de protection individuelle à utiliser;

k) la formation requise.

19.5.6 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations relatives à la maintenance, telles que

- a) la nature et la fréquence des examens des fonctions de sécurité;
- b) la spécification des pièces de remplacement à utiliser, quand celles-ci peuvent affecter la santé et la sécurité de l'**opérateur**;
- c) des instructions relatives aux opérations de maintenance qui nécessitent une connaissance technique définie ou des compétences particulières et sont par conséquent à effectuer exclusivement par une **personne qualifiée**;
- d) des instructions relatives aux opérations de maintenance, telles que le remplacement des pièces, qui ne requièrent pas de compétences spécifiques et peuvent donc être effectuées par l'**opérateur**;
- e) des plans et schémas permettant à l'**opérateur** de mener à bien ses tâches, particulièrement lors de la maintenance ou de l'identification des défauts;
- f) les éléments de maintenance qui peuvent être effectués seulement par le **constructeur** de l'équipement ou son représentant désigné;
- g) les instructions, plans et schémas liés à la maintenance;
- h) les consommables nécessaires, tels que les agents de nettoyage et les agents de désinfection ou les lubrifiants;
- i) le type et les caractéristiques spécifiques des fusibles.

19.5.7 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations pour la maintenance de l'**équipement électrique** de l'installation, telles que

- a) les essais nécessaires de la résistance des circuits de terre durant la maintenance;
- b) les essais obligatoires des **liaisons équipotentielles** et les valeurs de résistance d'isolement des conducteurs raccordés à la terre et raccordés entre eux lors de la maintenance;
- c) la procédure de décharge des condensateurs et la procédure de contrôle de l'absence de tension sur les condensateurs, s'il y a lieu;
- d) des instructions sur les voies de fuite lors de la maintenance;
- e) les procédures pour les travaux de maintenance avec l'équipement actif – la tension ne doit pas dépasser les limites BT;
- f) la préparation de l'équipement pour la maintenance par mise hors tension, raccordement à la terre et mise en court-circuit;
- g) des instructions pour la maintenance dans des environnements potentiellement inflammables – l'absence de circuit actif ou le remplacement d'une lampe ou d'un fusible est généralement tolérable dans ces conditions, ou la procédure pour la suppression des atmosphères inflammables de l'équipement;
- h) des instructions de maintenance dans les zones susceptibles de contenir des gaz toxiques ou des procédures pour supprimer les gaz toxiques avant les travaux.

19.5.8 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations relatives à la mise à l'arrêt définitif, le démantèlement ou l'élimination.

19.5.9 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations relatives aux situations d'urgence, telles que

- a) la procédure de fonctionnement à suivre en cas d'accident ou d'interruption;
- b) le type d'équipement de lutte contre l'incendie à utiliser;
- c) l'avertissement d'une possible émission ou fuite de substance(s) dangereuse(s) et, si possible, une indication des moyens pour contrer leurs effets;

- d) des instructions sur l'application des mesures de premiers secours aux victimes d'accidents d'origine électrique.

19.5.10 Si le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites contiennent des instructions de maintenance à l'intention des **personnes qualifiées** et des instructions de maintenance à l'intention des **personnes averties**, celles-ci doivent apparaître en étant clairement séparées les unes des autres.

19.5.11 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir des informations pertinentes concernant la CEM.

19.5.12 Le manuel d'instruction ou les autres instructions écrites doivent contenir les informations correspondantes concernant les dangers auxquels des groupes de personnes spécifiques sont susceptibles d'être exposés – par exemple, les femmes enceintes ou les personnes portant un pacemaker.

Annexe A (informative)

Liste des dangers significatifs

Le Tableau A.1 répertorie les dangers qui sont significatifs pour au moins certains types d'installations couverts par la présente norme. Cette liste est destinée à être utilisée pour l'appréciation du risque. Il convient de porter une attention particulière au fait que cette liste

- répertorie principalement les dangers traités dans la présente norme,
- n'énumère pas les nombreux dangers ne relevant pas du domaine d'application de la présente norme, tels qu'ils sont répertoriés dans l'Annexe B de l'ISO 12100:2010, l'ISO 13577-1 ou dans d'autres documents,
- n'est pas exhaustive pour des installations ou équipements spécifiques à des fins d'appréciation du risque.

Le Tableau A.1 donne des exemples de situations ou d'événements dangereux pouvant se produire.

Tableau A.1 – Liste des dangers traités dans la présente norme

Danger			Article/paragraphe de la présente norme ou référence
Origine	Situation/événement dangereux	Conséquence potentielle	
1 Mécanique			ISO 13577-1, ISO 12100
gaz et liquides haute pression	éclatement de récipient, éjection de gaz (chauds), chute ou éjection d'objets, éjection de liquides (chauds)	suffocation, choc, explosion, projection, écrasement, glissement ou basculement,	12.3
parties mobiles	piégeage par la partie, broyage entre les parties	laceration, broyage,	15
vide	implosion de récipient, éclatement de fenêtre	choc, injection ou éjection	12.3
2 Électrique			
court-circuit arc parties actives		choc électrique, brûlure, choc, électrocution, chute ou projection	7 et 8
parties devenues actives dans des conditions de défaut		incendie, réaction chimique, explosion, projection de particules fondues	7, 10, 11
distance insuffisante par rapport aux parties actives en HT – personnes/équipement	pénétration dans la zone de danger HT	choc électrique, incendie, explosion	7, 10, 11
courant de fuite causé par l' isolation chaude ou l'eau ou la contamination	l'électricité statique s'accumule sur la surface et enflamme le matériau	choc électrique	7, 10, 12

Danger			Article/paragraphe de la présente norme ou référence
Origine	Situation/événement dangereux	Conséquence potentielle	
disjoncteur présumé pas assez rapide		choc, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	7, 14
courant de court-circuit présumé		incendie, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	7, 10, 11
le courant d'appel cause une soudure des relais qui restent en "marche"		tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	7, 14
décharge dans l'équipement de commande ou de mesure électrique		tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	7, 14
variation des fréquences des sources électriques intégrées		destruction de la source de courant	6, 7, 14
surcharge	moyens de chauffage des contacts de charge de travail, formation de mousse	éruption ou éjection de la charge de travail	10
sous-tension		tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	6.5
surtension	surchauffe des connexions électriques, fusion de l' isolation	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	6.5
champ magnétique		projection ou éjection de la charge de travail ou d'autres pièces métalliques, effets sur les implants médicaux, échauffement du corps, stimulus nerveux, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	8
force électromagnétique		éjection de la charge de travail ou projection de pièces métalliques, effets sur les implants médicaux, échauffement du corps, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	8
champ électrique		éjection de la charge de travail ou projection de pièces métalliques, effets sur les implants médicaux, échauffement du corps, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	8
arc ou plasma générant de l'ozone		difficultés respiratoires, destruction des isolations	8

Danger			Article/paragraphe de la présente norme ou référence
Origine	Situation/événement dangereux	Conséquence potentielle	
arc ou plasma générant des rayons UV		destruction des isolations	9
phénomènes électrostatiques causant des arcs		choc électrique, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	7, 8
3 Thermique			
environnement chaud	station prolongée à proximité de l'équipement de traitement	brûlure, déshydratation, malaise, étourdissement, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	9, 10, 11
flamme			ISO 13577-2
explosion de gaz, poussière, aérosols	chute ou éjection d'objets, éjection de gaz (chauds)	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	11, série IEC 60079
projection ou éruption soudaine de matériau	chute ou éjection d'objets éjection de gaz (chauds), éjection de liquides (chauds), danger de projection de l'énergie thermique stockée dans la charge de travail	brûlure, ébouillantage, impact, projection, écrasement, glissement ou basculement, explosion, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	8, 10, 11, 15
panne de l'enveloppe de refroidissement de liquide au contact de la charge de travail liquide		brûlure, ébouillantage, impact, projection, écrasement, glissement ou basculement, explosion, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	12, ISO 13577-1
objets ou matériaux à haute température	la résistance thermique insuffisante des pièces de l'installation entraîne une rupture lors du fonctionnement	brûlure, allumage, explosion, rayonnements	10
liquides chauds, liquide chaud s'écoulant hors d'un récipient, liquide chaud s'écoulant dans l'eau	chute ou éjection d'objets, éjection de liquides chauds, le métal liquide cause une soudaine éruption de vapeur	brûlure, ébouillantage, intoxication, glissement ou basculement, explosion, éjection, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	11, 15
liquides chauds surchauffés		brûlure, ébouillantage, intoxication, choc, projection, écrasement, glissement ou basculement, explosion, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	10, 12
gaz chauds à haute pression		ébouillantage, brûlure	10, 12
liquides chauds à haute pression		ébouillantage, brûlure	10, 12
rayonnements de sources de chaleur		voir rayonnement infrarouge	9

Danger			Article/paragraphe de la présente norme ou référence
Origine	Situation/événement dangereux	Conséquence potentielle	
4 Bruit			17.2 ISO 12100
5 Vibrations			ISO 13577-1 ISO 12100
6 Champs électromagnétiques inférieurs à 300 GHz			
champ électrique		brûlure, étourdissement, échauffement du corps.	8
champ magnétique	Le champ magnétique interagit avec l'installation et entraîne sa rupture	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	8
7 Rayonnements – champs électromagnétiques supérieurs à 300 GHz			
rayonnement ionisant		effets sur la fonction de reproduction, mutation, cancer, brûlure, maladie grave ou mort, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne de l'équipement	9.2
rayonnements ultraviolets		lésions des yeux et de la peau, mutation, cancer de la peau	9.3
rayonnement visible		lésions des yeux et de la peau, brûlure	9.4
rayonnement infrarouge		brûlure, lésions des yeux, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à la panne ou à la surchauffe de l'équipement	9.4
allumage de substances inflammables par rayonnement		brûlure, explosion, gaz polluants	9, 10, 11 Série IEC 60079
rayonnement laser		lésions des yeux et des tissus	9.5
8 Lié au matériau ou à la substance			
aérosol, combustible, poussière, explosif, fibre, inflammable, fluide, fumée, gaz, buée, agent oxydant		difficultés respiratoires, suffocation, cancer, corrosion, explosion, incendie	ISO 12100, ISO 13577-1
9 Ergonomique			
accès	déplacement dans une zone de danger	tout effet dû au positionnement incorrect d'une personne	6.7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15
conception ou emplacement des indicateurs et des écrans de visualisation		tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	19.3

Danger			Article/paragraphe de la présente norme ou référence
Origine	Situation/événement dangereux	Conséquence potentielle	
conception, emplacement ou identification des dispositifs de commande		tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	14, 19
effets de papillotement, d'éblouissement, d'ombre ou stroboscopiques dus à l'installation		gêne, fatigue, stress, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	13.8, 14
éclairage dans l'installation	trébuchement dû à un faible éclairage avertissement non perçu en raison de l'éblouissement	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	13.8
conception du processus de travail	effort excessif, erreurs humaines, mauvaise conduite humaine (induite de manière non intentionnelle ou délibérée par la conception), perte de visibilité directe de la zone de travail, postures douloureuses et fatigantes, manipulation répétitive à haute fréquence	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	14, 15
10 Associé au lieu d'utilisation de l'installation			
Généralités			ISO 12100
perturbation électromagnétique	dysfonctionnement des commandes	tout autre dû à l'effet causé par des sources de dangers sur l'équipement ou sur des parties de l'équipement	Annexe E
éclairage insuffisant	trébuchement dû à un faible éclairage, avertissement non perçu en raison de l'éblouissement	tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	13.8, 19.2, 19.3, 19.5
effets de papillotement, d'éblouissement, d'ombre ou stroboscopiques dus à d'autres installations		gêne, fatigue, stress, tout autre (par exemple, mécanique, électrique) dû à une erreur humaine	19
11 Combinaison de dangers			
activité répétitive + effort + température ambiante élevée		déshydratation, perte de conscience, coup de chaleur	

Annexe B (informative)

Champs électriques et magnétiques, courants de contact – limites des dangers d'exposition

B.1 Aperçu et motivation

B.1.1 Généralités

La présente Annexe B donne des informations sur les limites d'exposition aux champs électriques et magnétiques, ainsi que sur les limites des courants de contact et des tensions de contact. Il ne faut pas confondre la satisfaction aux limites d'exposition avec la réduction appropriée du risque. Les limites peuvent être utilisées en l'absence de réglementation nationale applicable.

B.1.2 Concepts de base

Les limites d'exposition sont basées sur la ou les grandeur(s) physique(s) directement liée(s) aux effets connus sur la santé et constituent des limitations de base désignées; leurs valeurs sont par exemple définies dans l'ICNIRP:2010 ou dans l'IEEE C95.1.

L'intensité du champ électrique induit dans les parties du corps exposées est la grandeur physique utilisée par ces sources et suivie dans la présente Annexe B dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz. C'est ce champ qui affecte les cellules nerveuses et d'autres cellules sensibles à l'électricité et cause une réaction immédiate.

Les niveaux de référence sont des valeurs mesurables qui sont dérivées des limitations de base. Leur calcul est généralement basé sur les scénarios très généraux les plus défavorables et comprend des marges de sécurité généreuses. La marge de sécurité implicite diffère de façon tout à fait notable entre l'ICNIRP:1999, l'ICNIRP:2010 et l'IEEE C95.1. Ces normes peuvent exagérer le danger de plusieurs ordres de grandeur. Satisfaire à un niveau de référence lors d'une vérification montre qu'une position est sûre; dépasser un niveau de référence n'indique pas nécessairement que cette même position manque de sécurité.

Les valeurs destinées au grand public sont conservées dans la présente Annexe B car il s'agit des valeurs nécessaires à la classification en référence à 4.4.

B.1.3 Sources de dangers et effets dangereux

La présente Annexe B traite des dangers causés par

- a) les champs magnétiques statiques et les champs magnétiques de fréquence inférieure à 1 Hz;
- b) les conducteurs actifs et les charges sur les surfaces non conductrices générant des courants de contact y compris l'amorçage d'arc;
- c) les champs proches électriques ou magnétiques générant des champs électriques dans les parties du corps.

La grandeur physique de base utilisée pour spécifier les valeurs de limitation électriques, magnétiques et de courant sur les effets des chocs électriques est l'intensité du champ électrique des tissus internes dans tous les cas dans lesquels l'échauffement d'une partie locale du corps n'est pas le danger déterminant; sinon, il s'agit du débit d'absorption spécifique (DAS) local.

Un échauffement local douloureux ou des brûlures causées par le courant de contact sont considérés comme des effets de choc électrique. Ces effets d'échauffement peuvent également être internes et causés par le produit du champ électrique et du courant qu'il fait circuler dans les tissus. Il n'existe pas de valeurs de limitation spécifiées par des organisations internationales ou des autorités locales à partir d'une quantification des différents facteurs à considérer. Les effets d'échauffement de la peau ne sont donc pas compris dans la présente Annexe B.

Des phénomènes de propagation d'ondes externes compliquent le scénario d'exposition au-dessus de quelques MHz car les champs impliqués ne sont plus les seuls champs proches. Les effets qui limitent la pénétration d'énergie dans le corps se produisent à des fréquences de quelques MHz. La limite supérieure considérée dans la présente norme est définie à 6 MHz. Les fréquences plus élevées sont traitées dans les Exigences particulières applicables.

Tous les champs abordés dans la présente Annexe B sont quasi-statiques et sans propagation.

B.1.4 Influence de la fréquence

L'évaluation des dangers devient plus complexe pour des fréquences supérieures à 200 Hz pour les raisons suivantes:

- a) les champs électriques et de propagation deviennent un danger significatif pour le corps humain avec l'augmentation de la fréquence, car l'intensité du champ électrique induit augmente avec la fréquence;
- b) tout couplage entre les champs magnétiques externes et une partie du corps causant un champ électrique induit dépend de la géométrie et de l'emplacement de la partie du corps par rapport à la direction, la courbure et l'intensité;
- c) l'intensité des courants de déplacement, par exemple causée par le contact d'un conducteur isolé, augmente avec la fréquence;
- d) les circuits ne restent pas aussi fiables qu'à basse fréquence, en raison de l'effet de peau et de l'effet de proximité;
- e) le phénomène de **choc électrique** traditionnel entraînant des réactions nerveuses et de réflexe des muscles diminue avec l'augmentation de la fréquence, les brûlures de la peau et l'échauffement des parties du corps internes deviennent au contraire plus importants.

L'exposition à des champs magnétiques forts induit des champs électriques locaux dans les parties du corps humain, et de ce fait également des courants et l'échauffement local des parties du corps. Le champ électrique produit des effets de type choc électrique qui diminuent cependant dans la plage de fréquences entre 100 kHz et 6 MHz.

B.2 Champs magnétiques statiques

Le Tableau B.1 fournit les limites d'exposition aux champs magnétiques statiques conformément à la norme

- a) ICNIRP:2009 dans laquelle statique est défini comme ayant une fréquence inférieure à 1 Hz; les limites de crête spatiales concernent les personnes qui ne possèdent pas d'implants médicaux en matériaux ferromagnétiques ou comprenant un équipement électronique;
- b) IEEE C95.6:2002 dans laquelle statique est défini comme ayant une fréquence inférieure à 0,153 Hz; ces niveaux sont dérivés des limitations sur les champs électriques internes induits.

Tableau B.1 – Limites d'exposition aux champs magnétiques statiques de l'ICNIRP et de l'IEEE

Caractéristiques d'exposition	Induction magnétique, exposition de crête spatiale et valeur efficace					
	grand public		exposition professionnelle		exposition professionnelle exceptionnelle	
	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP ^a	IEEE
Exposition de la tête et du torse	0,4 T	0,118 T	2 T	0,353 T	8 T	n.a.
Exposition des membres	0,4 T	0,353 T	8 T	0,353 T	8 T	n.a.
^a Pour des applications professionnelles spécifiques, une exposition jusqu'à 8 T peut être justifiée, si l'environnement est contrôlé et que des pratiques de travail appropriées sont mises en œuvre pour contrôler les effets induits par les mouvements.						

Les limites permettant de protéger le personnel contre le danger d'objets accélérés dans un champ non homogène sont inférieures aux limites de sécurité relatives à l'exposition des personnes; la variation de l'intensité du champ magnétique est généralement limitée à $0,3 \text{ T m}^{-1}$ pour toute direction. Pour les personnes ayant des implants ou dispositifs électroniques médicaux dans ou sur le corps, la valeur maximale correspondante est généralement 0,5 mT, sauf si ces dispositifs sont certifiés pour supporter et fonctionner de façon fiable à des valeurs supérieures.

B.3 Champs magnétiques, électriques et électromagnétiques à variation temporelle

B.3.1 Limitations de base entre 1 Hz et 100 kHz

Le Tableau B.2 résume les limitations de base de l'ICNIRP sur les champs électriques induits à variation temporelle dans les tissus pour la plage de fréquences de 1 Hz à 10 MHz; le Tableau B.3 résume les limitations de base sur les champs électriques induits à variation temporelle dans les tissus pour la plage de fréquences de 0,153 Hz à 3 GHz, conformément à l'IEEE C95.1:2005 et à l'IEEE C95.6:2002. D'autres limites et niveaux de référence sont dérivés de ces valeurs.

Tableau B.2 – Limitations de base de l'ICNIRP pour les champs électriques internes dans les tissus humains dans la plage de fréquences de 1 Hz à 10 MHz

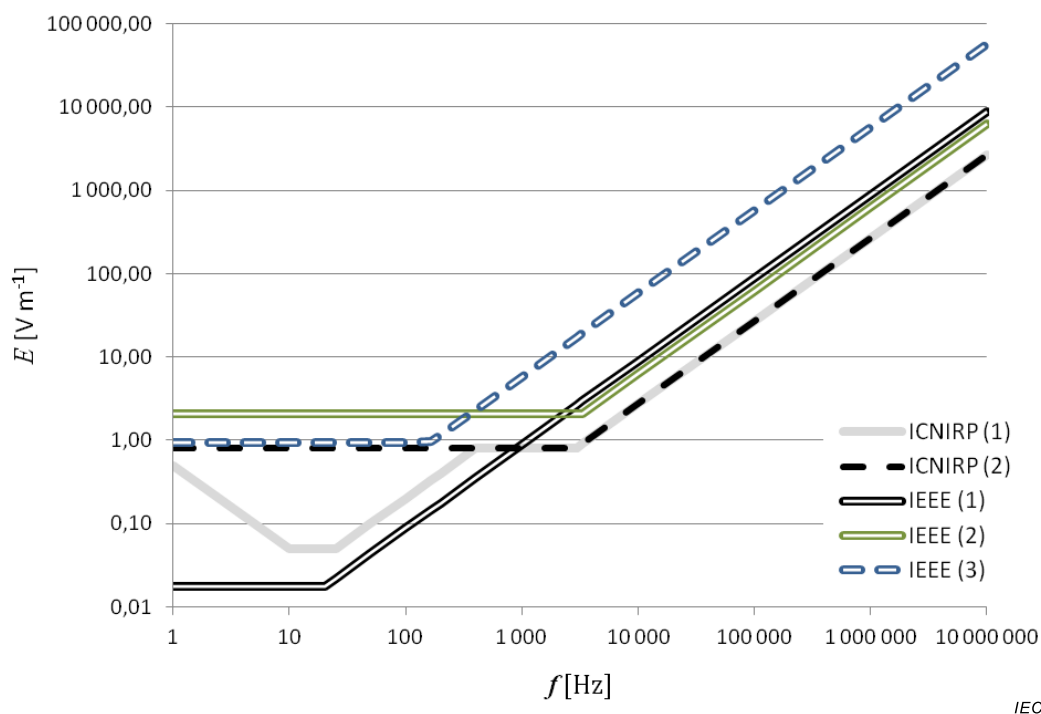
Caractéristiques d'exposition	Plage de fréquences	Champ électrique interne en V m^{-1}	
		grand public	exposition professionnelle
Tissus du système nerveux central dans la tête	1–10 Hz	$0,1 \times f^{-1}$	$0,5 \times f^{-1}$
	10 Hz – 25 Hz	0,01	0,05
	25 Hz – 400 Hz	$0,4 \cdot 10^{-3} \times f$	$2 \cdot 10^{-3} \times f$
	400 Hz – 3 kHz	0,4	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{-4} \times f$	$2,7 \cdot 10^{-4} \times f$
Tous les tissus de la tête et du corps	1 Hz – 3 kHz	0,4	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{-4} \times f$	$2,7 \cdot 10^{-4} \times f$
NOTE f est la fréquence en Hz; pour toutes les valeurs, il s'agit de la valeur efficace.			

Tableau B.3 – Limitations de base de l'IEEE pour les champs électriques internes dans les tissus humains dans la plage de fréquences de 0,153 Hz à 3 GHz

Caractéristiques d'exposition	Plage de fréquences	Champ électrique interne en $V\ m^{-1}$	
		grand public	exposition professionnelle
Cerveau	< 20 Hz	0,005 89	0,017 7
	20 Hz – 3 GHz	$2,95 \cdot 10^{-4} \times f$	$8,85 \cdot 10^{-4} \times f$
Cœur	< 167 Hz	0,943	0,943
	167 Hz – 3 GHz	$5,76 \cdot 10^{-3} \times f$	$5,76 \cdot 10^{-3} \times f$
Mains, poignets, pieds et chevilles	< 3 350 Hz	2,1	2,1
	3 350 Hz – 3 GHz	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$
Autres tissus	< 3 350 Hz	0,701	2,1
	3 350 Hz – 3 GHz	$2,09 \cdot 10^{-4} \times f$	$6,27 \cdot 10^{-4} \times f$

NOTE f est la fréquence en Hz; pour toutes les valeurs, il s'agit de la valeur efficace.

Les données sont illustrées à la Figure B.1.



Légende

- (1) = tissus du système nerveux central ou du cerveau
- (2) = tous les autres tissus
- (3) = tissus du cœur
- f = fréquence
- E = champ électrique interne induit

Figure B.1 – Illustration des limitations de base des Tableaux B.3 et B.4

B.3.2 Limitations de base entre 100 kHz et 300 MHz

Le Tableau B.4 résume les limitations de base des valeurs de DAS et de puissance surfacique dues à l'exposition à des **champs** électriques, magnétiques et **électromagnétiques** à variation temporelle dans la plage de fréquences de 100 kHz à 300 MHz, conformément à l'ICNIRP:2010 et à l'IEEE C95.1:2002.

Tableau B.4 – Limitations de base du débit d'absorption spécifique (DAS) et de la puissance surfacique entre 100 kHz et 300 MHz

	Plage de fréquences	DAS moyen pour l'ensemble du corps ^a en W·kg ⁻²		DAS localisé ^b (tête et torse) en W·kg ⁻²		DAS localisé (membres) en W·kg ⁻²		Puissance surfacique en W·m ⁻²	
		ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	ICNIRP	IEEE	Moyenne sur 20 cm ²	Moyenne sur 1 cm ²
								ICNIRP	ICNIRP
grand public	100 kHz – 3 GHz	0,08	0,08	2	2	4	4	10	200
	3 GHz – 10 GHz		n.a.		n.a.		n.a.		
	10 GHz – 300 GHz	n.a.							
exposition professionnelle	100 kHz – 3 GHz	0,4	0,4	10	10	20	20	50	1 000
	3 GHz – 10 GHz		n.a		n.a.		n.a.		
	10 GHz – 300 GHz	n.a.							
^a La moyenne de toutes les valeurs DAS est à réaliser sur une durée de 6 min.									
^b La masse d'intégration de DAS localisé est tout tissu continu de 10 g; il convient que le DAS maximal ainsi obtenu soit la valeur utilisée pour l'estimation de l'exposition.									

B.3.3 Port d'objets chauffés

Certains des objets portés dans un champ électrique ou magnétique peuvent engendrer un risque; cela comprend les objets de forme annulaire tels que les colliers, bracelets, bagues ainsi que les objets magnétisables ou les objets en matériaux de faible conductivité comparative, tels que le carbone ou le silicium. Aucune limite claire ne peut être donnée.

B.4 Courants de contact

Le Tableau B.5 résume les niveaux de référence de l'ICNIRP:2010 pour l'exposition aux courants de contact; à la place, on peut dériver des niveaux de sécurité suffisants des limitations de base pour des cas spécifiques.

Tableau B.5 – Niveaux de référence de l'ICNIRP pour les courants de contact à variation temporelle

Plage de fréquences	Courant de contact maximal (mA)	
	grand public	exposition professionnelle
1 Hz – 2,5 kHz	0,5	1,0
2,5 kHz – 100 kHz	0,2 <i>f</i>	0,4 <i>f</i>
100 kHz – 10 MHz	20	40
NOTE <i>f</i> est la fréquence en kHz.		

B.5 Tensions de contact

B.5.1 Très basse tension (TBT) inférieure à 100 Hz

Les valeurs suivantes définissent les circuits TBT qui peuvent être touchés sans limitations:

- Une **tension de contact** jusqu'à 120 V est acceptée à 0 Hz.
- Une **tension de contact** jusqu'à une valeur de crête de 50 V en valeur efficace est acceptée entre 10 Hz et 100 Hz.
- Pour une fréquence composite de 0 Hz et des composants alternants jusqu'à 100 Hz, une valeur de crête ne dépassant pas 120 V et une ondulation efficace ne dépassant pas 12 V sont acceptées.

B.5.2 Très basse tension (TBT) supérieure à 100 Hz

Les limites des **tensions de contact** pour des fréquences supérieures seraient déterminées à partir du courant de contact, pour la configuration réelle du conducteur actif accessible et la partie du corps en contact.

L'IEC TR 60479-5 et l'IEC TS 61201 fournissent des informations sur les limites à la fréquence du réseau. Les limites aux autres fréquences sont à l'étude.

L'IEEE C95.1:2005 suggère 140 V comme limite supérieure pour empêcher la formation d'arc entre l'équipement et une personne exposée dans la plage de fréquences de 100 kHz à 100 MHz.

B.6 Classification des expositions

B.6.1 Généralités

En appliquant l'approche de 4.4, les groupes de risques suivants sont définis. Un groupe de risques décrit le risque d'exposition à un danger pour une position spatiale ou zone de danger spécifique. La classification s'applique aux **conditions de fonctionnement normal** ou à la condition de premier défaut.

B.6.2 Groupe d'exemption

Tout équipement qui ne présente pas de danger causé par un **champ** électrique, magnétique ou **électromagnétique** est classé dans le groupe d'exemption. Cette exigence est satisfaite par tout **équipement EH** ou **EPM** qui

- ne présente pas de danger pour une **personne ordinaire**;
- ne cause pas un champ magnétique statique dépassant la limite prévue pour le grand public telle que définie dans le Tableau B.1;
- ne cause pas un champ électrique interne dépassant la limite prévue pour le grand public telle que définie dans le Tableau B.2;
- ne cause pas un DAS dépassant la limite prévue pour le grand public telle que définie dans le Tableau B.4;
- ne cause pas un courant de contact dépassant le niveau de référence défini pour le grand public tel que spécifié dans l'ICNIRP.

Cette exigence est compatible avec l'équipement qui a été évalué à l'aide des méthodes définies dans l'Article 18 ou qui ne génère pas d'intensité de champ électrique, d'intensité de champ magnétique, d'induction magnétique ou de puissance volumique d'onde plane équivalente dépassant le niveau de référence tel que défini dans l'ICNIRP:2010, l'IEEE C95.1:2002 ou l'IEEE C95.6:2005 pour le grand public.

B.6.3 Groupe de risques 1 (risque faible)

Tout équipement qui ne présente pas de danger pour une exposition professionnelle est classé dans le groupe de risques faibles. Cette exigence est satisfaite par tout équipement qui dépasse les limites du groupe d'exemption mais qui

- ne présente pas de danger pour les **opérateurs**,
- ne cause pas un champ magnétique statique dépassant la limite professionnelle telle que définie dans le Tableau B.1,
- ne cause pas un champ électrique interne dépassant la limite professionnelle telle que définie dans le Tableau B.2,
- ne cause pas un DAS dépassant les limites professionnelles telles que définies dans le Tableau B.3,
- ne cause pas un courant de contact dépassant le niveau de référence défini pour l'utilisation professionnelle tel que spécifié dans le Tableau B.4.

Cette exigence est compatible avec l'équipement qui a été évalué à l'aide des méthodes définies dans l'Article 18 ou qui ne génère pas d'intensité de champ électrique, d'intensité de champ magnétique, d'induction magnétique ou de puissance volumique d'onde plane équivalente dépassant le niveau de référence tel que défini dans l'ICNIRP:2010, l'IEEE C95.1:2002 ou l'IEEE C95.6:2005 pour une exposition professionnelle.

B.6.4 Groupe de risques 2 (risque modéré)

Tout équipement qui ne présente pas de danger pendant une durée d'exposition courte est classé dans le groupe de risques modérés. Cette exigence est satisfaite par tout type d'équipement qui dépasse les limites du groupe de risques 1 (risque faible), mais qui ne cause pas

- un champ magnétique statique supérieur à la limite professionnelle telle que définie dans le Tableau B.1 pour des applications professionnelles spécifiques dans lesquelles l'environnement est contrôlé et des pratiques de travail appropriées sont mises en œuvre pour contrôler les effets induits par les mouvements;
- un courant de contact dépassant le niveau générant des blessures pendant une courte durée.

B.6.5 Groupe de risques 3 (haut risque)

Tout équipement pouvant présenter un danger même par une exposition courte ou temporaire, ou qui dépasse les limites du groupe de risques 2 (risque modéré) est classé dans le groupe de risques 3 (haut risque).

Annexe C (informative)

Rayonnements optiques – limites des dangers d'exposition

C.1 Limites des rayonnements non cohérents

La présente Annexe C donne des informations sur les limites d'exposition aux rayonnements non ionisants. Il ne faut pas confondre la satisfaction aux limites d'exposition avec la réduction appropriée du risque. Les limites peuvent être utilisées en l'absence de réglementation nationale applicable. Les rayonnements non ionisants comprennent les dangers dus aux rayonnements ultraviolets, visibles et infrarouges. Les limites fournies dans le Tableau C.1 et le Tableau C.2 satisfont à l'IEC 62471.

Tableau C.1 – Limites d'exposition aux rayonnements ultraviolets, visibles et infrarouges, valeurs basées sur l'éclairement énergétique

Danger	Formule ^a	Plage de longueurs d'onde	Durée d'exposition	Ouverture délimitante	Limite d'exposition en termes d'éclairement énergétique constant ^b
UV actinique sur la peau et les yeux	$E_s = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm à 400 nm	< 30 000 s	1,4 rayon / 80°	$30/t \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
UV-A sur les yeux	$E_s = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 nm à 400 nm	< 30 000 s	1,4 rayon / 80°	$30/t \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Infrarouge sur les yeux	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm à 3 000 nm	≤ 1 000 s	1,4 rayon / 80°	$18\,000/t^{0,75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Infrarouge sur les yeux	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 nm à 3 000 nm	> 1 000 s	1,4 rayon / 80°	$100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Chaleur sur la peau	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	380 nm à 3 000 nm	< 10 s	2π rayons	$20\,000/t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
NOTE La limite d'exposition pour le danger de chaleur sur la peau est une dose et non une puissance; elle est donc spécifiée en Joules (J) par surface.					
^a	E	est l'éclairement énergétique spectral;			
	λ	est la longueur d'onde;			
^b	t	est la durée d'exposition.			

Tableau C.2 – Limites d'exposition au rayonnement infrarouge, valeurs basées sur la luminance énergétique

Danger	Formule ^a	Plage de longueurs d'onde	Durée d'exposition	Ouverture délimitante	Limite d'exposition en termes d'éclairement énergétique constant
Lumière bleue	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 nm à 700 nm	0,25 s – 10 s		
Chaleur sur la rétine	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm à 1 400 nm	< 0,25 s	0,0017 rayon	50 000/(\alpha t ^{0,25}) W m ⁻²
Chaleur sur la rétine	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm à 1 400 nm	0,25 s – 10 s	0,011 $\sqrt{t/10}$ rayon	50 000/(\alpha t ^{0,25}) W m ⁻²
Chaleur sur la rétine, stimulus visuel faible ^b	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 nm à 1 400 nm	> 10 s	0,011 rayon	6 000/\alpha W m ⁻²
NOTE Les fonctions $B(\lambda)$ et $R(\lambda)$ sont définies dans l'IEC 62471:2006.					
^a L est l'éclairement énergétique spectral;					
^b où un stimulus visuel faible est inadéquat pour activer la réponse d'aversion.					

Dans le cas d'un danger de brûlure causé par un rayonnement infrarouge, la limite est définie en tant que dose et non comme un rayonnement spécifique. Les **opérateurs** peuvent être exposés à une dose sûre de façon répétée, car les doses ne s'accumulent pas – contrairement, par exemple, à l'exposition aux rayonnements UV.

Pour le rayonnement infrarouge dépassant 3 000 nm, aucune limite n'est généralement définie, l'ICNIRP:2006 fournit les informations nécessaires.

C.2 Rayonnements émis par des sources laser et des LED

Un rayonnement non ionisant cohérent est émis par des sources telles que les lasers et les LED. Le Tableau C.3 récapitule la classification des équipements conformément à l'IEC 60825-1 et l'associe à la classification conforme à l'IEC 62471 et utilisée à l'Article 0.

Tableau C.3 – Classification des groupes de risques des équipements en fonction de l'émission des rayonnements optiques

Classe	Rayonnement laser Classe la plus haute IEC 60825-1	Rayonnement optique non cohérent Groupe de risques le plus élevé
0	1, 1M	Groupe d'exemption – voir C.3.2 Groupe de risques 1 (risque faible) – voir C.3.3
1	2, 2M	Groupe de risques 2 (risque modéré) – voir C.3.4
2	3R, 3B, 4	Groupe de risques 3 (haut risque) – voir C.3.5

C.3 Rayonnements optiques non cohérents – groupes de risques

C.3.1 Généralités

La classification illustrée dans le Tableau C.3 dépend, pour chaque lieu spécifique, du risque unique le plus haut, résumé pour toutes les positions et toutes les bandes d'émissions. Une description détaillée des groupes de risques pour les rayonnements optiques est donnée dans l'IEC 62471.

Les groupes de risques simplifient la tâche d'évaluation de l'exposition. Ils reflètent des aspects spécifiques du comportement ou des tâches des **opérateurs**. Ils sont dérivés des limites d'exposition telles qu'elles sont données dans le Tableau C.1 et le Tableau C.2.

Étant donné que les dangers liés aux rayonnements dépendent du rayonnement lui-même et non de sa cause ou de sa source, il est préférable d'inclure dans cette classification tous les rayonnements émis par toutes les sources de l'installation.

C.3.2 Groupe d'exemption

Tout équipement qui ne présente pas de danger photobiologique est classé dans le Groupe d'exemption. Cette exigence est satisfaite par tout **équipement EH** ou **EPM** qui

- ne présente pas de danger de rayon ultraviolet actinique en 8 h d'exposition;
- ne présente pas de danger de rayonnement UV proche en 1 000 s;
- ne présente pas de danger de lumière bleue pour la rétine en 10 000 s;
- ne présente pas de danger d'échauffement rétinien en 10 s;
- ne présente pas de danger de rayonnement infrarouge pour l'œil en 1 000 s;
- émet un rayonnement infrarouge sans stimulus visuel fort (c'est-à-dire inférieur à $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et ne présente pas de danger d'IR-A pour la rétine en 1 000 s.

C.3.3 Groupe de risques 1 (risque faible)

Tout équipement qui ne présente pas de danger en raison des limitations normales de comportement lors de l'exposition est classé dans le groupe de risques faibles. Cette exigence est satisfaite par tout équipement qui dépasse les limites du groupe d'exemption mais qui

- ne présente pas de danger de rayon ultraviolet actinique en 10 000 s d'exposition;
- ne présente pas de danger de rayonnement ultraviolet proche en 300 s;
- ne présente pas de danger de lumière bleue pour la rétine en 100 s;
- ne présente pas de danger d'échauffement rétinien en 10 s;
- ne présente pas de danger de rayonnement infrarouge pour l'œil en 100 s;
- émet un rayonnement infrarouge sans stimulus visuel fort (c'est-à-dire inférieur à $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et ne présente pas de danger d'IR-A pour la rétine, en 100 s.

C.3.4 Groupe de risques 2 (risque modéré)

Tout équipement, qui ne présente pas de danger par la réaction d'aversion aux sources de lumière très vives ou au malaise dû à la chaleur qu'il entraîne est classé dans le groupe de risques modérés. Cette exigence est satisfaite par tout type d'équipement qui dépasse les limites du groupe de risques 1 (risque faible), mais qui

- ne présente pas de danger de rayonnement ultraviolet actinique en 1 000 s d'exposition;
- ne présente pas de danger de rayonnement ultraviolet proche en 100 s;
- ne présente pas de danger de lumière bleue pour la rétine en 0,25 s (réaction d'aversion);

- ne présente pas de danger d'échauffement rétinien en 0,25 s (réaction d'aversion);
- ne présente pas de danger de rayonnement infrarouge pour l'œil en 10 s;
- émet un rayonnement infrarouge sans stimulus visuel fort (c'est-à-dire inférieur à $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et ne présente pas de danger IR-A pour la rétine en 10 s.

C.3.5 Groupe de risques 3 (haut risque)

Tout équipement pouvant présenter un danger même par une exposition courte ou temporaire, ou qui dépasse les limites du groupe de risques 2 (risque modéré) est classé dans le groupe de risques 3 (haut risque).

C.3.6 Équipement à impulsion

Pour la définition des groupes de risques relatifs aux sources à impulsions couverts par la présente norme, le 6.2 de l'IEC 62471:2006 s'applique.

Annexe D (informative)

Limites des dangers d'exposition – bruit et vibrations

D.1 Généralités

La présente Annexe D donne des informations sur les limites d'exposition au bruit et aux vibrations. Il ne faut pas confondre la satisfaction aux limites d'exposition avec la réduction appropriée du risque. Les limites peuvent être utilisées en l'absence de réglementation nationale applicable.

D.2 Bruit sonore

Les paramètres physiques utilisés en tant que variables causales du risque sont définis comme suit:

- a) pression acoustique de crête ($p_{\text{crête}}$): valeur maximale de la pression acoustique instantanée pondérée en fréquence "C";
- b) niveau d'exposition au bruit quotidien ($L_{\text{EX},8\text{ h}}$) (dB(A) re. 20 μPa): moyenne pondérée dans le temps des niveaux d'exposition au bruit pendant un jour de travail nominal de huit heures, telle que définie par l'ISO 1999:2013, 3.6. Elle couvre tous les bruits présents au travail, y compris le bruit d'impulsion;
- c) niveau d'exposition au bruit hebdomadaire ($L_{\text{EX},8\text{ h}}$): moyenne pondérée dans le temps des niveaux d'exposition au bruit quotidiens pendant une semaine nominale de cinq jours ouvrables de huit heures.

Il convient que les valeurs limites d'exposition et que les valeurs d'exposition déclenchant l'action pour les niveaux d'exposition au bruit quotidiens et les pressions acoustiques de crête ne dépassent pas:

- les valeurs limites d'exposition: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 87\text{ dB(A)}$ et $p_{\text{crête}} = 200\text{ Pa}$ (140 dB (C) par rapport à 20 μPa) respectivement;
- les valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 85\text{ dB(A)}$ et $p_{\text{crête}} = 140\text{ Pa}$ (137 dB (C) par rapport à 20 μPa) respectivement;
- les valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action: $L_{\text{EX},8\text{ h}} = 80\text{ dB(A)}$ et $p_{\text{crête}} = 112\text{ Pa}$ (135 dB (C) par rapport à 20 μPa) respectivement.

Lors de l'application des valeurs limites d'exposition, il convient que la détermination de l'exposition effective de l'**opérateur** tienne compte de l'atténuation causée par les protecteurs auditifs individuels qu'il porte. Il convient que les valeurs d'exposition déclenchant l'action ne tiennent pas compte de l'effet de ces protecteurs.

NOTE Ces limites sont déduites de la Directive 2003/10/CE.

D.3 Pression d'ultrasons

La limite d'exposition à la pression d'ultrasons est de 110 dB au-dessus de la valeur de pression de référence de 20 μPa , pour des fréquences comprises entre 20 kHz et 100 kHz.

D.4 Infrasons

Il n'existe actuellement pas de réglementations nationales ou normes internationales qui définissent les limites d'exposition admises aux infrasons. Toutefois, des limites proposées en

ce qui concerne la sécurité et la préservation du système auditif sont fournies par von Gierke et Nixon dans "*Effects of Intense Infrasound on Man*" (1976): pour 8 h d'exposition, la limite est comprise entre 136 dB à une basse fréquence de 1 Hz à 123 dB à l'extrémité supérieure de la plage d'infrasons à 20 Hz. Les limites peuvent être réglées approximativement pour des durées d'exposition plus courtes ou plus longues à l'aide d'un taux d'échange de 3 dB; en d'autres termes, si la durée est divisée de moitié, le niveau peut être augmenté de 3 dB.

D.5 Vibrations

Les valeurs de limitation normalisées pour une période de référence de huit heures et pour les vibrations main-bras sont les suivantes, lorsque les valeurs et la méthode d'évaluation sont définies conformément à l'ISO 5349-1:

- a) la valeur limite d'exposition quotidienne est 5 m/s^2 ;
- b) la valeur d'exposition quotidienne déclenchant l'action est $2,5 \text{ m/s}^2$.

Les valeurs limites pour les vibrations sur l'ensemble du corps sont les suivantes, lorsque les valeurs et la méthode d'évaluation sont définies conformément à l'ISO 2631-1:

- c) la valeur limite d'exposition quotidienne est $1,15 \text{ m/s}^2$ ou une valeur de dose de vibration de $21 \text{ m/s}^{1,75}$;
- d) la valeur d'exposition quotidienne déclenchant l'action est $0,5 \text{ m/s}^2$ ou une valeur de dose de vibration de $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

NOTE Ces limites sont déduites de la Directive 2002/44/CE.

Annexe E (normative)

Dispositions concernant la CEM

E.1 Généralités

Même si la CEM ne fait pas, à proprement parler, partie du domaine d'application de la présente norme, elle peut générer des risques graves avec des circuits de commande ou de sécurité.

L'équipement doit être conçu pour assurer une sécurité fonctionnelle en ce qui concerne la CEM, conformément à l'IEC 61326-3-1. Comme ligne directrice, on peut utiliser la méthodologie présentée dans l'IEC TS 61000-1-2.

Le papillotement et les harmoniques doivent être pris en compte, surtout si la capacité de court-circuit du système d'alimentation doit être prise en compte dans l'évaluation du papillotement et des harmoniques.

E.2 Exigences

Les exigences relatives aux fluctuations maximales de tension et de papillotement pour un équipement de courant d'entrée assigné

- inférieur ou égal à 16 A donné dans l'IEC 61000-3-3,
- supérieur à 16 A dans l'IEC TS 61000-3-5 et
- inférieur ou égal à 75 A dans l'IEC 61000-3-11

doivent être appliquées.

Des directives sur les limites de fluctuation dans les systèmes électriques à moyenne tension et à haute tension sont fournies dans l'IEC TR 61000-3-7. Les dispositions spécifiques de la régie d'électricité locale peuvent s'appliquer.

Les fluctuations et le papillotement sont également liés à la capacité de court-circuit du système d'alimentation. À son tour, ce phénomène a également une influence sur le niveau de danger possible.

Les perturbations électromagnétiques générées par des **installations** ou un **équipement EH** ou **EPM** doivent se situer dans les limites données par le CISPR 11, dans la mesure où elles s'appliquent.

Les effets des courants harmoniques doivent être pris en compte. Les caractéristiques du système d'alimentation doivent ensuite être prises en compte pour évaluer le type et les niveaux des harmoniques.

Les exigences relatives à l'émission doivent être conformes à l'IEC 61000-6-4.

Des directives sur les limitations des charges de distorsion dans les systèmes électriques à moyenne tension et à haute tension sont fournies dans l'IEC TR 61000-3-6 et s'appliquent.

L'immunité aux **champs électromagnétiques** doit être prise en compte si nécessaire. Les exigences relatives à l'immunité pour les équipements industriels données dans l'IEC 61000-6-2 s'appliquent.

Annexe F (normative)

Marquage et avertissement

F.1 Zones de danger de champs électromagnétiques

Toutes les zones dans lesquelles une exposition aux champs électriques ou magnétiques est prévue doivent être marquées selon qu'elles sont de classe 1 ou de classe 2 tel que défini dans l'Annexe B ou spécifié dans les réglementations nationales. Cela fait référence au groupe de risques 2 (risque modéré) et au groupe de risques 3 (haut risque). Les exemples de marquage présentés à la Figure F.1 sont constitués de symboles graphiques enregistrés dans l'IEC 60417 (voir le Tableau F.4) et de libellés de texte, qui précisent le type de champ, la classe et la référence (la présente norme ou une réglementation nationale).

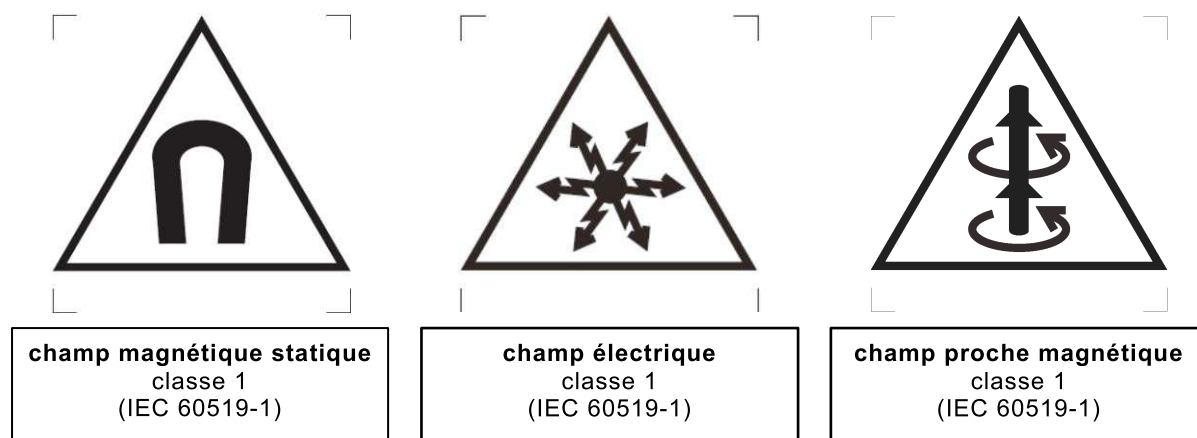


Figure F.1 – Exemples de marquage pour les champs magnétiques et électriques

F.2 Courants de contact et surfaces

Toutes les surfaces sur lesquelles une exposition aux courants de contact est prévue doivent être marquées, lorsqu'elles sont de classe 1 ou de classe 2 tel que défini dans l'Annexe B ou spécifié dans les réglementations nationales. Cela fait référence au groupe de risques 2 (risque modéré) et au groupe de risques 3 (haut risque). Les exemples de marquage donnés à la Figure F.2 sont constitués de symboles graphiques enregistrés dans l'IEC 60417 (voir le Tableau F.4) et de libellés de texte, qui précisent le type de danger, la classe et la référence (la présente norme ou une réglementation nationale).

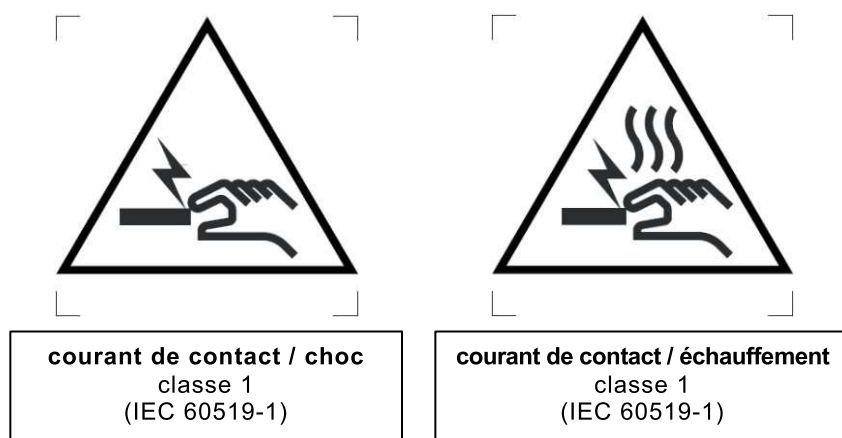


Figure F.2 – Exemples de marquage de courant de contact

F.3 Dangers de rayonnement optique

Toutes les ouvertures ou zones dans lesquelles l'exposition au rayonnement est prévue doivent être marquées, lorsqu'elles sont de classe 1 ou de classe 2 tel que défini dans l'Annexe C ou spécifié par les réglementations nationales. Cela fait référence au groupe de risques 2 (risque modéré) et au groupe de risques 3 (haut risque). L'exemple de marquage donné à la Figure F.3 est constitué d'un symbole graphique répertorié dans l'IEC 60417-6151 (2012-02) et d'un libellé de texte, qui précise le type de rayonnement, la classe et la référence (la présente norme ou une réglementation nationale).

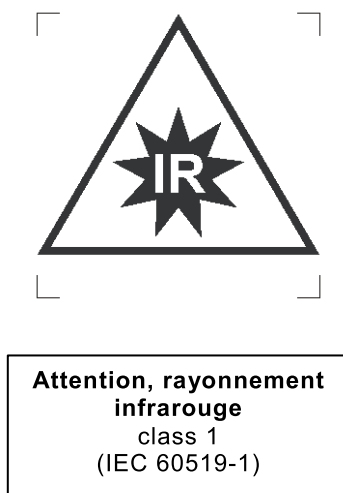


Figure F.3 – Exemple de marquage de rayonnement infrarouge

Il convient que le rayonnement laser couvert par le domaine d'application de l'IEC 60825-1 soit marqué comme défini dans cette dernière.

F.4 Symboles et signes utilisés pour les marquages et les avertissements

En cas d'utilisation des symboles dans les signaux d'avertissement, les règles de l'ISO 3864-1 sont recommandées. Il convient d'utiliser les symboles et signes correspondants enregistrés dans l'IEC 60417, l'ISO 7000 ou l'ISO 7010, s'il y a lieu – certains exemples sont donnés dans le Tableau F.4. Pour une meilleure compréhension, il convient d'utiliser des signes ou libellés complémentaires.

Il convient de spécifier les signes et libellés de sécurité ou d'avertissement correspondants dans les informations pour l'utilisation selon 19.4.

Tableau F.4 – Exemples des symboles et signes à utiliser dans les installations EH ou EPM

Symbole / signe	Référence	Description	Article
	IEC 60417-5036 (2002-10)	Tension dangereuse	7
	IEC 60417-6042 (2010-11)	Attention, risque de choc électrique	7
	IEC 60417-5019 (2006-08)	Terre de protection	7
	IEC 60417-6204 (2013-07)	Attention, danger de champ magnétique statique	8
	IEC 60417-6205 (2014-08)	Attention, danger de champ proche magnétique alternant	8
	IEC 60417-6206 (2013-07)	Attention, danger de champ électrique	8
	IEC 60417-6207 (2013-07)	Attention, courant de contact pouvant provoquer des brûlures	8
	IEC 60417-6208 (2013-07)	Attention, courant ou tension de contact	8
	ISO 7010:2011 – P007	Entrée interdite aux porteurs d'un stimulateur cardiaque	8
	ISO 7010:2011 – P014	Entrée interdite aux porteurs d'implants métalliques	8
	ISO 7010:2011 – P008	Articles métalliques ou montres interdits	8
	IEC 60417-6166 (2012-07)	Attention, rayonnement électromagnétique non ionisant; Attention, émission de micro-ondes	8, 9
	IEC 60417-5152 (2002-10)	Rayonnement des appareils à laser	9
	IEC 60417-6151 (2012-02)	Attention, rayonnement infrarouge	9
	IEC 60417-5041 (2002-10)	Attention, surface très chaude	10

Annexe G (informative)

Directives pour l'utilisation de la présente norme

L'IEC 60519-1 donne un grand nombre d'exigences d'ordre général qui peuvent ou non s'appliquer à une **installation** ou un équipement **EH** ou **EPM** particulier. Il n'est donc pas suffisant de se référer simplement à l'IEC 60519-1 sans homologation. Il convient que le **constructeur** d'une installation ou d'un équipement pour lequel il n'existe pas d'Exigence particulière, utilise l'IEC 60519-1

- a) en sélectionnant l'(les) option(s) la(les) plus appropriée(s) à partir des exigences données dans les articles applicables; et
- b) en modifiant certains articles, si nécessaire, lorsque les exigences particulières relatives à l'installation ou l'équipement sont couvertes de façon appropriée par d'autres normes en vigueur,

à condition que les options sélectionnées et les modifications apportées n'aient pas un impact négatif sur le niveau de protection requis pour l'installation.

Lors de l'application des principes répertoriés ci-dessus, il est recommandé de

- faire référence aux articles et paragraphes concernés de la présente norme auxquels on satisfait, en indiquant l'option applicable si besoin;
- faire référence aux articles et paragraphes concernés de la présente norme qui ont été modifiés ou étendus pour les exigences de l'équipement spécifique; et
- faire directement référence à la norme applicable, pour les exigences relatives à l'équipement électrique qui sont suffisamment couvertes par la présente norme.

Dans tous les cas, une expertise est essentielle pour pouvoir:

- lire et comprendre toutes les exigences de l'IEC 60519-1;
- choisir les exigences applicables à partir de l'IEC 60519-1 dans laquelle d'autres exigences sont données;
- identifier des exigences particulières différentes ou supplémentaires qui diffèrent des exigences de l'IEC 60519-1 ou ne sont pas comprises dans cette dernière, et qui sont déterminées par l'installation et son utilisation; et
- spécifier précisément ces exigences particulières;
- utiliser la présente norme à des fins d'appréciation du risque.

La Figure 1 de l'IEC 60519-1 est le schéma simplifié d'une installation type et peut être utilisée comme point de départ de cette tâche. Le Tableau 2 complémentaire indique les articles et paragraphes qui traitent des dispositions particulières ou des équipements particuliers. Toutefois, l'IEC 60519-1 est une norme complexe et le Tableau 2 peut aider à identifier les options applicables à une installation particulière ou à un équipement particulier et indique des références à d'autres normes en vigueur.

La principale responsabilité du **constructeur** pour ce qui est de la sécurité des **installations** ou des **équipements EH** ou **EPM** est indiquée dans l'exigence 6.1.1. Le 4.4 représente une aide et présente des concepts utiles. Certains de ces concepts, ainsi que les informations relatives aux limites d'exposition fournies à l'Annexe B, l'Annexe C et l'Annexe D dépassent la seule responsabilité du **constructeur** compte tenu de 6.1.1. Ces aspects peuvent faire partie de son travail, comme indiqué dans l'Introduction.

Annexe H (informative)

Liaison avec la série ISO 13577

La série de normes ISO 13577 développées par l'ISO/TC 244 (Fours industriels et équipements associés) traite de la sécurité des fours industriels et de l'équipement de traitement associé. Ces normes couvrent l'équipement de traitement thermique qui utilise différents types de carburants et d'énergie électrique. Le domaine d'application de cette série et la série IEC 60519 se recoupent en partie et des références réciproques sont donc utilisées lorsque cela est possible.

L'ISO 13577-1 et la présente norme sont des publications relatives à la sécurité des produits et elles couvrent tous les aspects liés à la sécurité d'un ou de plusieurs produits relevant du domaine d'application d'un seul comité d'études sur les produits. Les deux normes font référence à l'autre si nécessaire et de manière non ambiguë. Cela est décrit en détail dans l'Article 4 de la présente norme dans le cas où la présente norme est utilisée comme document principal.

Dans le cas où un **constructeur** utilise l'ISO 13577-1 en tant que norme de base (norme de type C concernant l'ISO 12100), il est renvoyé à l'IEC 60519-1 pour les exigences concernant la sécurité électrique, l'**électrothermie**, le contact direct ou indirect avec des **parties actives dangereuses** et les effets de la surcharge électrique. On peut alors utiliser les seuls Articles 7 et 8 ainsi que les parties applicables des Articles 13 et 14, y compris les annexes associées de la présente norme.

Bibliographie

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60079 (toutes les parties), *Atmosphères explosives*

IEC 60204 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines*

IEC 60335 (toutes les parties), *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité*

IEC TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC TS 60479-2, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 2: Aspects particuliers*

IEC TR 60479-5, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 5: Valeurs des seuils de tension de contact pour les effets physiologiques*

IEC 60601 (toutes les parties), *Appareils électromédicaux*

IEC 60974 (toutes les parties), *Matériel de soudage à l'arc*

IEC TS 61000-1-2, *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* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 61000-3-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*
IEC 61140:2001/AMD1:2004

IEC TS 61201:2007, *Utilisation des tensions limites conventionnelles de contact – Guide d'application*

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 62226 (toutes les parties), *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence – Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques induits dans le corps humain*

IEC 62271 (toutes les parties), *Appareillage à haute tension*

IEC 62311, *Évaluation des équipements électroniques et électriques en relation avec les restrictions d'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

Guide IEC 117, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais seulement)

ISO 1999:2013, *Acoustique – Estimation de la perte auditive induite par le bruit* (disponible en anglais seulement)

ISO 2631-1:1997, *Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Partie 1: Spécifications générales*

ISO 5349-1:2001, *Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main – Partie 1: Exigences générales*

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 13577-4, *Fours industriels et équipements associés – Sécurité – Partie 4: Systèmes de protection* (disponible en anglais seulement)

ISO 15265:2004, *Ergonomie des ambiances thermiques – Stratégie d'évaluation du risque pour la prévention de contraintes ou d'inconfort dans des conditions de travail thermiques*

EN 50413, *Norme de base pour les procédures de mesures et de calculs pour l'exposition des personnes aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

EN 50445:2008, *Norme de famille de produit pour démontrer la conformité d'un équipement pour le soudage par résistance, le soudage à l'arc et les techniques connexes avec les restrictions de base concernant l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)*

IEEE C95.1:2005, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz* (disponible en anglais seulement)

IEEE C95.6:2002, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 0–3 kHz* (disponible en anglais seulement)

Directive 96/29/EURATOM du Conseil du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants -

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_fr.pdf

Directive 2002/44/CE du Parlement Européen et du Conseil du 25 juin 2002 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations) -

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0044-20081211&from=FR>

Directive 2003/10/CE du Parlement Européen et du Conseil du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruit) -

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:FR:PDF>

US Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 29 CFR 1910.1096, *Occupational Safety and Health Standards – Toxic and Hazardous Substances – Ionizing radiation* (disponible en anglais seulement)

<http://www.gpo.gov/fdsys/search/pagedetails.action?st=29+CFR+1910.1096&granuleId=CFR-2011-title29-vol6-sec1910-1096&packageId=CFR-2011-title29-vol6>

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. health physics 74 (4): 494-522; 1998 (disponible sur <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Revision of guidelines on limits of exposure to LASER radiation of wavelengths between 400 nm and*

1.4 μm – Health Physics 79 (4): 431-440; 2000 (disponible sur <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure*. Health Physics 91 (6), 630-645, (2006) (disponible sur <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields*. Health Physics 96 (4): 504-514; 2009 (disponible sur <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz)*. Health Physics 99 (6): 818-836; 2010 (disponible sur <http://www.icnirp.org/en/publications/index.html>)

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation*. Health Physics 105 (1), 74-91 (2013)

H.E. von Gierke, C.W. Nixon: *Effects of Intense Infrasound on Man*, in W. Tempest [ed.]: *Infrasound and Low Frequency Vibration*. Academic Press, New York: 1976, pages 115-150 (disponible en anglais seulement)

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