



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-5450-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	13
4 Design and construction requirements	18
4.1 Physical environment and operating conditions.....	18
4.1.1 General requirements	18
4.1.2 Electrical power input	18
4.1.3 Handling, transportation, and storage	18
4.2 Material compatibility	18
4.2.1 General requirements for material compatibility	18
4.2.2 Polymeric and elastomeric components	19
4.2.3 Fuel connection devices	19
4.3 Protection against mechanical hazards	19
4.4 Protection against toxicity of fuels and fuel feedstocks.....	20
4.5 Protection against explosion hazards	20
4.5.1 General requirements for protection against explosion hazards	20
4.5.2 Flammable atmospheres within the portable fuel cell power system.....	20
4.5.3 Normal operation	20
4.5.4 Abnormal operation	20
4.5.5 Purging.....	20
4.5.6 Electrostatic discharge	21
4.6 Protection against electric shock.....	21
4.6.1 General requirements for protection against electric shock	21
4.6.2 Protection against direct contact with live parts	21
4.6.3 Protection against indirect contact with live parts.....	22
4.6.4 Protection by the use of SELV	22
4.7 Selection of electrical components and equipment	23
4.7.1 Area classification and suitability	23
4.7.2 Turning moments	23
4.7.3 Fuses	23
4.7.4 Capacitor discharge.....	23
4.7.5 Securing of parts	23
4.7.6 Current-carrying parts.....	24
4.7.7 Internal wiring.....	24
4.7.8 Cord-connected portable fuel cell power systems	24
4.7.9 Strain relief.....	25
4.7.10 Creepage and clearances	25
4.7.11 Separation of circuits	25
4.7.12 Protection of receptacles	26
4.7.13 Earthing and bonding.....	26
4.8 Protection against fire hazard	26
4.8.1 General intent and purpose of protection against fire hazard	26
4.8.2 Flammability	26
4.8.3 Openings in equipment	27
4.9 Protection against temperature hazards	28
4.9.1 General requirements for protection against temperature hazards	28

4.9.2	Surface temperatures	28
4.9.3	Component temperatures	28
4.9.4	Wall, floor and ceiling temperatures	28
4.10	Protection against electromagnetic disturbances	28
4.11	Hazard and risk assessment	28
4.11.1	General requirements for hazard and risk assessment and the approach	28
4.11.2	Safety and reliability analysis	29
4.12	Safety control circuits	29
4.13	Protection against oxygen depletion	29
4.14	Emission of effluents	30
4.15	Fuel supply	30
4.16	Fuel processing systems (if applicable)	30
4.17	Enclosures	31
4.17.1	General requirements for all enclosures	31
4.17.2	Enclosure requirements for outdoor use	31
4.18	Battery supplies	31
4.18.1	General requirements for batteries	31
4.18.2	Battery compartments	31
4.18.3	Vented wet cell batteries	32
4.18.4	Ventilation of battery compartments	32
4.19	Pressure vessels and piping	32
4.19.1	General requirements for pressure vessels and piping	32
4.19.2	Piping systems	32
4.20	Hoses	33
4.21	Automatic shut-off valves	33
4.22	Regulators	33
4.23	Process control equipment	33
4.24	Filters	33
4.24.1	Air filters	33
4.24.2	Liquid fuel filters	34
4.25	Motors	34
4.26	Fuel pumps	34
5	Instructions	34
5.1	Operation and maintenance manual	34
5.2	User's information manual	36
5.2.1	User's information manual general requirements	36
5.2.2	User's information manual front cover	36
5.2.3	Users information manual safety section	36
6	Labelling	37
6.1	General labelling requirements	37
6.2	Marking	37
6.3	Warnings	38
7	Type tests	38
7.1	General requirements for type tests	38
7.2	Tests sequence	39
7.3	Leakage test for liquid fueled systems	39
7.3.1	General requirements for leakage tests for liquid fueled systems	39
7.3.2	Method of test	39
7.4	Flammable fuel gas concentration test	40

7.4.1	General requirements for flammable gas concentration testing	40
7.4.2	Method of test.....	40
7.5	Surface temperature test.....	40
7.6	Component temperature test.....	40
7.7	Wall, floor and ceiling temperatures test	40
7.8	Dielectric strength test	41
7.8.1	General requirements for dielectric strength and testing	41
7.8.2	Test method	41
7.9	Humidity test.....	41
7.10	Leakage current at operating temperature.....	41
7.10.1	Leakage current testing requirement and duration	41
7.10.2	Test method	42
7.11	Abnormal operation testing	42
7.11.1	Abnormal operation testing – General requirements.....	42
7.11.2	Abnormal operation tests – Outcomes and further testing requirements.....	42
7.11.3	Abnormal operation test methods	42
7.12	Strain relief test	43
7.13	Insulating material test.....	43
7.14	Earthing test	43
7.15	Tank pressure test	43
7.16	Stability.....	44
7.17	Impact test.....	44
7.18	Free drop test	45
7.19	Adhesion and legibility of marking materials.....	46
7.20	Flammable gas accumulation.....	46
7.20.1	Flammable gas accumulation test basis and applicability.....	46
7.20.2	Test set-up	47
7.20.3	Test method	47
7.21	Oxygen depletion test	47
7.21.1	Oxygen depletion test basis and applicability.....	47
7.21.2	Test set-up	47
7.21.3	Test method	48
7.22	Emission of effluents tests	48
7.22.1	Emission of effluents testing sequence	48
7.22.2	Emission of effluents for indoors.....	48
7.23	Wind test	50
7.23.1	Wind test applicability.....	50
7.23.2	Method of test.....	50
7.24	Strength test	51
7.24.1	Strength test sequencing and alternative compliance methods	51
7.24.2	Method of test (liquid).....	51
7.24.3	Method of test (gas).....	51
7.24.4	Passing criteria.....	51
7.25	Stress relief test.....	52
7.26	Fuel supply securement test	52
7.27	Shutdown parameters	52
7.28	Non-metallic tubing conductivity test	52
7.28.1	Passing criteria.....	52
7.28.2	Test method	52

7.29	Non-metallic tubing test for accumulation of static electricity.....	53
7.29.1	Passing criteria.....	53
7.29.2	Test method	53
8	Routine tests	53
8.1	Routine test requirements	53
8.2	Liquid leakage test.....	53
8.3	Gas leakage test.....	53
8.4	Dielectric strength test	54
8.5	Routine test records.....	54
Annex A (normative)	Ventilation rates for batteries	55
A.1	Ventilation rate for valve regulated lead acid batteries	55
A.2	Ventilation rate for vented wet cell batteries.....	55
Annex B (informative)	Shock and vibration limits for high shock environments	56
B.1	Field of application.....	56
B.2	Vertical axis test	56
B.3	Longitudinal and lateral axes tests	56
Annex C (normative)	Uncertainty of measurements	58
Bibliography.....		59
Figure 1 – Portable fuel cell power systems		9
Figure 2 – Articulated probe.....		46
Table 1 – Emission limits based on STEL		50
Table B.1 – Vertical axis vibration conditions		56
Table B.2 – Longitudinal and lateral axes vibration conditions		57
Table C.1 – Measurements and their maximum uncertainties		58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety

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 62282-5-100 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

This edition cancels and replaces the second edition of IEC 62282-5-1, published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 62282-5-1:

- the requirements and verification method regarding 4.13 and 7.21 for oxygen depletion have been modified;
- the requirements and verification method regarding 4.14 and 7.22 for emission of effluents have been modified;
- Subclauses 4.21 and 7.20.3, for fuel cell power systems with flammable gas generators relying on water reactive technology, new safety requirements and test procedures have been added;
- Subclause 7.11.1 e) has been updated; for an overcurrent test in abnormal operations, a new test procedure in consideration of safety has been added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
105/649/CDV	105/670/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 62282 series, published under the general title *Fuel cell technologies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety

1 Scope

This part of IEC 62282 covers construction, marking and test requirements for portable fuel cell power systems. These fuel cell systems are movable and not fastened or otherwise secured to a specific location. The purpose of the portable fuel cell power system is to produce electrical power.

This document applies to AC and DC type portable fuel cell power systems, with a rated output voltage not exceeding 600 V AC, or 850 V DC for indoor and outdoor use. These portable fuel cell power systems cannot be used in hazardous locations as defined in IEC 60050-426:2008, 426-03-01 unless there are additional protective measures in accordance with IEC 60079-0[5]¹⁾.

This document does not apply to portable fuel cell power systems that are

- 1) permanently connected (hard wired) to the electrical distribution system,
- 2) permanently connected to a utility fuel distribution system,
- 3) exporting power to the grid,
- 4) for propulsion of road vehicles,
- 5) intended to be used on board passenger aircraft.

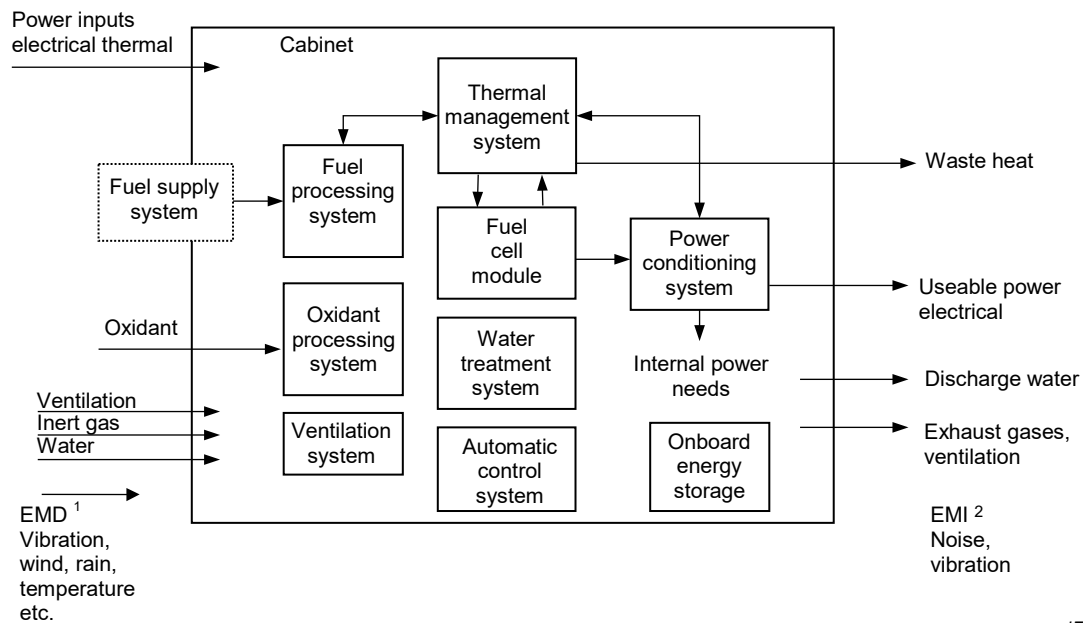
Fuel cells that provide battery charging for hybrid vehicles where the battery provides power and energy for propulsion of the vehicle are not included in the scope of this document

The following fuels and fuel feedstocks are considered within the scope of this document:

- natural gas,
- liquefied petroleum gas, such as propane and butane,
- liquid alcohols, for example methanol, ethanol,
- gasoline,
- diesel,
- kerosene,
- hydrogen,
- chemical hydrides.

This document does not preclude the use of similar fuels or oxidants from sources other than air provided the unique hazards are addressed through additional requirements.

1) Numbers in square brackets refer to the Bibliography.



Key

- 1 EMD electromagnetic disturbance
- 2 EMI electromagnetic interference

Figure 1 – Portable fuel cell power systems

The overall design of a portable fuel cell power system anticipated by this document forms an assembly of some or all of the following systems (see Figure 1), integrated as necessary, to perform designated functions, as follows:

Fuel processing system – chemical processing equipment including any associated heat exchangers and controls required to convert input fuel to a composition suitable for the fuel cell stack.

Oxidant processing system – subsystem that meters, conditions, processes and may pressurize the incoming oxidant supply for use within the fuel cell power system.

Thermal management system – subsystem intended to provide cooling and heat rejection in order to maintain thermal equilibrium within the fuel cell power system, and, if necessary, to provide for the recovery and utilization of excess heat and to assist in heating the fuel cell power systems during start-up.

Power conditioning system – equipment which is used to change the magnitude or waveform of the voltage, or otherwise alter or regulate the output of a power source.

Automatic control system – assembly of sensors, actuators, valves, switches and logic components (including process controllers) that maintains the fuel cell power system parameters within the manufacturer’s specified limits without manual intervention.

Fuel cell module – assembly, including a fuel cell stack(s), which electrochemically converts chemical energy to electric energy and thermal energy intended to be integrated into a power generation system.

Fuel supply system – either integral to the portable fuel cell power system or supplied through a removable and refillable container assembly.

On-board energy storage system – an internal energy source intended to aid or complement the fuel cell module in providing power to internal or external loads.

Ventilation systems – subsystem of the fuel cell power system that provides, by mechanical means, air to its cabinet.

Water treatment systems – provides for treatment and purification of recovered or added water for use within the portable fuel cell power system.

These requirements are not intended to prevent the design and construction of a portable fuel cell power system not specifically described in this document, provided that such alternatives have been considered and equivalent testing yields equivalent safety performance to that specified in this document. In considering alternative designs or construction, this document can be used to evaluate the alternative materials or methods to be used as to their ability to yield equivalent performance to that specified in this document.

This document does not cover requirements of pressurized or non-pressurized fuel supply containers upstream of the appliance gaseous or liquid fuel supply connector that are not integral to the portable fuel cell power system.

All pressures in this document are considered to be gauge pressures, unless otherwise specified.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60079-2, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure "p"*

IEC 60079-10 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 10: Classification of areas*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection "n"*

IEC 60079-29 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 29: Gas detectors*

IEC 60086-4, *Primary batteries – Part 4: Safety of lithium batteries*

IEC 60204-1:2016, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

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

IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-1:2010/AMD2:2016

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

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

IEC 60695-2-11, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test method*

IEC 60730-1:2013, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*
IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-2-5, *Automatic electrical controls – Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems*

IEC 60730-2-17, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-17: Particular requirements for electrically operated gas valves, including mechanical requirements²⁾*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60934, *Circuit-breakers for equipment (CBE)*

IEC 60950-1:2005, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*
IEC 60950-1:2005/AMD1:2009
IEC 60950-1:2005/AMD2:2013

IEC 60990:2016, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic currents emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

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

²⁾ Withdrawn.

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

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

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61032, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

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

IEC 61511-1, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements*

IEC 61511-3, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 62040-1, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: Safety requirements*

IEC 62040-2, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements*

IEC 62133 (all parts), *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications*

IEC 62282-2, *Fuel cell technologies – Part 2: Fuel cell modules*

ISO 3864 (all parts), *Graphical symbols – Safety colours and safety signs*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 15649, *Petroleum and natural gas industries – Piping*

ISO 16000-3, *Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air – Active sampling method*

ISO 16000-6, *Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA[®] sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID*

ISO 16017-1:2000, *Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling*

ISO 16111, *Transportable gas storage devices – Hydrogen absorbed in reversible metal hydride*

[This is a preview - click here to buy the full publication](#)

IEC 62282-5-100:2018 © IEC 2018

– 13 –

ISO 16528 (all parts), *Boilers and pressure vessels*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	64
1 Domaine d'application	66
2 Références normatives	68
3 Termes et définitions	71
4 Exigences relatives à la conception et à la construction.....	77
4.1 Environnement physique et conditions de fonctionnement.....	77
4.1.1 Exigences générales	77
4.1.2 Énergie électrique d'entrée	77
4.1.3 Manutention, transport et stockage	77
4.2 Compatibilité des matériaux.....	77
4.2.1 Exigences générales en matière de compatibilité des matériaux.....	77
4.2.2 Composants polymères et élastomères.....	78
4.2.3 Dispositifs de connexion du combustible.....	78
4.3 Protection contre les dangers mécaniques	78
4.4 Protection contre la toxicité des combustibles et des matières de base combustibles.....	79
4.5 Protection contre les dangers d'explosion	79
4.5.1 Exigences générales en matière de protection contre les dangers d'explosion	79
4.5.2 Atmosphères inflammables à l'intérieur d'un système à pile à combustible portable	79
4.5.3 Fonctionnement normal	79
4.5.4 Fonctionnement anormal	80
4.5.5 Purge	80
4.5.6 Décharge électrostatique	80
4.6 Protection contre les chocs électriques	80
4.6.1 Exigences générales en matière de protection contre les chocs électriques.....	80
4.6.2 Protection contre les contacts directs avec les parties actives	81
4.6.3 Protection contre les contacts indirects avec les parties actives	81
4.6.4 Protection par utilisation de la TBTS.....	82
4.7 Choix des composants et des équipements électriques.....	82
4.7.1 Classification des espaces et adaptabilité.....	82
4.7.2 Moments de couple	82
4.7.3 Fusibles.....	82
4.7.4 Décharge capacitive	82
4.7.5 Fixation des parties	83
4.7.6 Parties sous tension	83
4.7.7 Câblage interne	83
4.7.8 Systèmes à piles à combustible portables reliés par un cordon électrique	84
4.7.9 Protection contre la traction	84
4.7.10 Lignes de fuite et distances d'isolement.....	85
4.7.11 Séparation des circuits	85
4.7.12 Protection des socles	85
4.7.13 Mise à la terre et equipotentialité.....	86
4.8 Protection contre les dangers de feu.....	86
4.8.1 Intention générale et objectif de la protection contre les dangers de feu	86

4.8.2	Inflammabilité	86
4.8.3	Ouvertures dans l'équipement	87
4.9	Protection contre les dangers liés à la température	88
4.9.1	Exigences générales en matière de protection contre les dangers liés à la température	88
4.9.2	Températures de surface	88
4.9.3	Températures des composants	88
4.9.4	Températures des parois, du sol et du plafond	88
4.10	Protection contre les perturbations électromagnétiques	88
4.11	Évaluation des dangers et des risques	89
4.11.1	Exigences générales et approche en matière d'évaluation des dangers et des risques	89
4.11.2	Analyse de sécurité et de fiabilité	89
4.12	Circuits de commande de sécurité	89
4.13	Protection contre l'appauvrissement en oxygène	89
4.14	Émission d'effluents	90
4.15	Alimentation en combustible	91
4.16	Systèmes de traitement du combustible (si applicable)	91
4.17	Enveloppes	91
4.17.1	Exigences générales relatives à toutes les enveloppes	91
4.17.2	Exigences relatives aux enveloppes pour usage à l'extérieur	91
4.18	Alimentations par batteries	91
4.18.1	Exigences générales relatives aux batteries	91
4.18.2	Compartiments de batteries	92
4.18.3	Éléments de piles liquides ouverts	92
4.18.4	Ventilation des compartiments de batteries	93
4.19	Réservoirs et tuyauteries sous pression	93
4.19.1	Exigences générales relatives aux réservoirs et tuyauteries sous pression	93
4.19.2	Circuits de tuyauteries	93
4.20	Tuyaux	94
4.21	Robinets d'arrêt automatiques	94
4.22	Régulateurs	94
4.23	Équipement de commande de processus	94
4.24	Filtres	94
4.24.1	Filtres à air	94
4.24.2	Filtres pour combustibles liquides	94
4.25	Moteurs	95
4.26	Pompes pour combustible	95
5	Instructions	95
5.1	Manuel d'utilisation et d'entretien	95
5.2	Manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.1	Exigences générales relatives au manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.2	Page de couverture du manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.3	Section du manuel d'information pour l'utilisateur concernant la sécurité	98
6	Étiquetage	99
6.1	Exigences générales relatives à l'étiquetage	99
6.2	Marquage	99
6.3	Avertissements	100

7	Essais de type	100
7.1	Exigences générales relatives aux essais de type	100
7.2	Séquence d'essais	100
7.3	Essai de fuite pour les systèmes à combustible liquide	100
7.3.1	Exigences générales relatives aux essais de fuite pour les systèmes à combustible liquide	100
7.3.2	Méthode d'essai	101
7.4	Essai de concentration de gaz combustible inflammable	101
7.4.1	Exigences générales relatives à l'essai de concentration de gaz combustible inflammable	101
7.4.2	Méthode d'essai	102
7.5	Essai de température de surface.....	102
7.6	Essai de température des composants.....	102
7.7	Essai des températures des parois, du sol et du plafond.....	102
7.8	Essai de rigidité diélectrique	103
7.8.1	Exigences générales relatives à la rigidité et aux essais diélectriques	103
7.8.2	Méthode d'essai	103
7.9	Essai d'humidité.....	103
7.10	Courant de fuite à la température de fonctionnement	103
7.10.1	Exigence et durée des essais de courant de fuite	103
7.10.2	Méthode d'essai	103
7.11	Essai de fonctionnement anormal	104
7.11.1	Essai de fonctionnement anormal – Exigences générales.....	104
7.11.2	Essais de fonctionnement anormal – Résultats et exigences d'essais supplémentaires	104
7.11.3	Méthode d'essai de fonctionnement anormal	104
7.12	Essai de protection contre la traction	105
7.13	Essai des matériaux isolants.....	105
7.14	Essai de mise à la terre	105
7.15	Essai de pression du réservoir	105
7.16	Stabilité	106
7.17	Essai d'impact.....	106
7.18	Essai de chute libre	107
7.19	Adhérence et lisibilité des matériels utilisés pour le marquage.....	108
7.20	Accumulation de gaz inflammable	108
7.20.1	Base d'essai et applicabilité de l'accumulation de gaz inflammable.....	108
7.20.2	Montage d'essai	109
7.20.3	Méthode d'essai	109
7.21	Essai d'appauvrissement en oxygène.....	109
7.21.1	Base d'essai et applicabilité de l'essai d'appauvrissement en oxygène	109
7.21.2	Montage d'essai	110
7.21.3	Méthode d'essai	110
7.22	Essais d'émission d'effluents	110
7.22.1	Séquence d'essais d'émission d'effluents	110
7.22.2	Émission d'effluents à l'intérieur	110
7.23	Essai au vent.....	112
7.23.1	Applicabilité de l'essai au vent.....	112
7.23.2	Méthode d'essai	112
7.24	Essai de résistance.....	113

7.24.1	Séquencement de l'essai de résistance et méthodes de conformité alternatives.....	113
7.24.2	Méthode d'essai (liquide).....	113
7.24.3	Méthode d'essai (gaz).....	114
7.24.4	Critères d'acceptation.....	114
7.25	Essai de relaxation des contraintes.....	114
7.26	Essai de fixation de la fourniture du combustible.....	114
7.27	Paramètres d'arrêt.....	115
7.28	Essai de conductivité des tuyaux non métalliques.....	115
7.28.1	Critères d'acceptation.....	115
7.28.2	Méthode d'essai.....	115
7.29	Essai d'accumulation d'électricité statique des tuyaux non métalliques.....	115
7.29.1	Critères d'acceptation.....	115
7.29.2	Méthode d'essai.....	115
8	Essais individuels de série.....	116
8.1	Exigences relatives aux essais individuels de série.....	116
8.2	Essai de fuite de liquide.....	116
8.3	Essai de fuite de gaz.....	116
8.4	Essai de rigidité diélectrique.....	116
8.5	Enregistrements des essais individuels de série.....	116
Annexe A (normative)	Débits de ventilation pour les batteries.....	117
A.1	Débit de ventilation pour les batteries étanches à soupapes.....	117
A.2	Débit de ventilation pour les éléments de piles liquides ouverts.....	117
Annexe B (informative)	Limites de choc et de vibration applicables aux environnements à fort risque de choc.....	118
B.1	Domaine d'application.....	118
B.2	Essai sur axe vertical.....	118
B.3	Essais sur les axes longitudinal et latéral.....	118
Annexe C (normative)	Incertitude de mesure.....	120
Bibliographie.....		121
Figure 1 – Systèmes à piles à combustible portables.....		67
Figure 2 – Calibre articulé.....		108
Tableau 1 – Limites d'émission sur la base de la STEL.....		112
Tableau B.1 – Régime vibratoire sur l'axe vertical.....		118
Tableau B.2 – Régime vibratoire sur les axes longitudinal et latéral.....		119
Tableau C.1 – Mesurages et leurs incertitudes maximales.....		120

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité

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 62282-5-100 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Cette édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 62282-5-1, parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 62282-5-1:

- modification des exigences et de la méthode de vérification de l'appauvrissement en oxygène en 4.13 et 7.21;
- modification des exigences et de la méthode de vérification des émissions d'effluents en 4.14 et 7.22;

- ajout de nouvelles exigences de sécurité et de nouvelles méthodes d'essai concernant les systèmes à piles à combustible à générateurs à gaz inflammable basés sur des technologies réactives à l'eau, en 4.21 et 7.20.3;
- mise à jour du 7.11.1 e); ajout d'une nouvelle méthode d'essai concernant la sécurité pour un essai de surintensité en fonctionnement anormal.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
105/649/CDV	105/670/RVC

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62282, publiées sous le titre général *Technologies des piles à combustible*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 couvre les exigences de construction, de marquage et d'essai des systèmes à piles à combustible portables. Ces systèmes à piles à combustible sont mobiles et ne sont ni attachés ni fixés par un autre moyen à un emplacement spécifique. Un système à pile à combustible portable est destiné à produire une puissance électrique.

Le présent document s'applique aux systèmes à piles à combustible portables à courant alternatif et à courant continu dont la tension de sortie assignée ne dépasse pas 600 V en courant alternatif ou 850 V en courant continu et qui sont destinés à un usage à l'intérieur et à l'extérieur. Ces systèmes à piles à combustible portables ne peuvent pas être utilisés dans des emplacements dangereux tels que définis dans l'IEC 60050-426:2008, 426-03-01, sauf en cas de mesures de protection supplémentaires conformes à l'IEC 60079-0[5]¹⁾.

Le présent document ne s'applique pas aux systèmes à piles à combustible portables qui:

- 1) sont raccordés de façon permanente (câblés) au réseau de distribution de l'énergie électrique,
- 2) sont raccordés de façon permanente à un réseau de distribution de combustible,
- 3) exportent de l'énergie vers le réseau électrique,
- 4) sont utilisés pour la propulsion des véhicules routiers,
- 5) sont destinés à être utilisés à bord d'aéronefs de passagers.

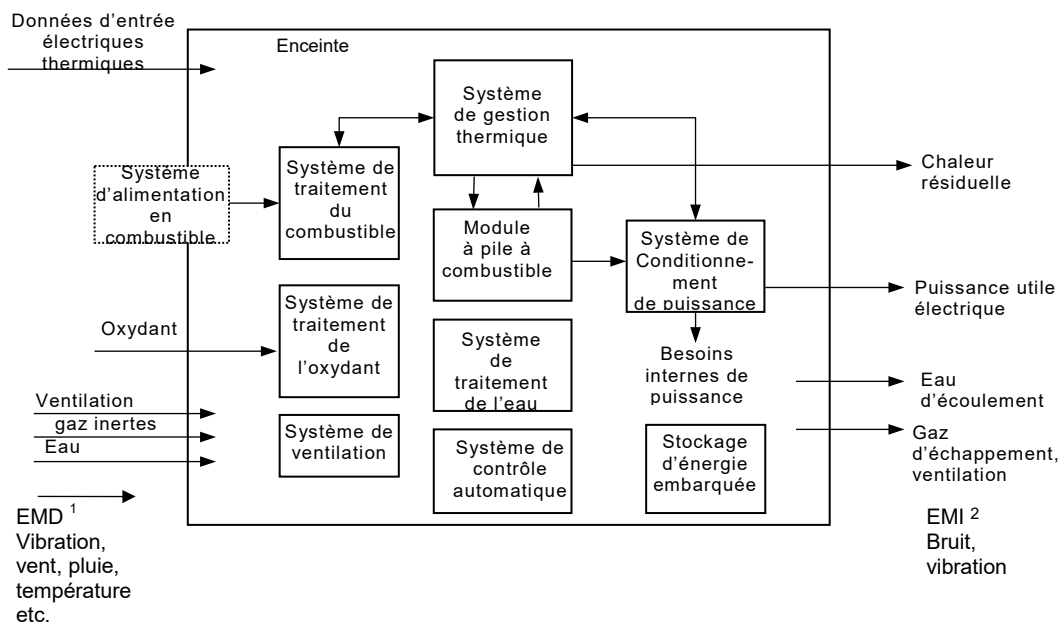
Les piles à combustible qui assurent le chargement de la batterie des véhicules hybrides dans lesquels la batterie fournit l'électricité et l'énergie nécessaires à la propulsion du véhicule ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les combustibles et matières de base combustibles suivants relèvent du domaine d'application du présent document:

- gaz naturel,
- gaz de pétrole liquéfiés comme le propane et le butane,
- alcools liquides comme le méthanol et l'éthanol,
- essence,
- diesel,
- kérosène,
- hydrogène,
- hydrures chimiques.

Le présent document n'exclut pas l'utilisation de combustibles similaires ou d'oxydants issus de sources autres que l'air, sous réserve que les dangers qui leur sont propres soient couverts par des exigences complémentaires.

1) Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.



Légende

- 1 EMD perturbation électromagnétique
- 2 EMI brouillage électromagnétique

Figure 1 – Systèmes à piles à combustible portables

La conception globale d'un système à pile à combustible portable qui est présenté dans le présent document constitue un assemblage de tout ou partie des systèmes suivants (voir Figure 1), intégrés, si nécessaire, pour assurer les fonctions désignées, à savoir:

Système de traitement du combustible – équipement de traitement chimique incluant tous les échangeurs de chaleur et commandes associés exigés pour convertir le combustible entrant en une composition adaptée pour le stock de piles à combustible.

Système de traitement de l'oxydant – sous-système qui mesure, conditionne, traite et peut pressuriser l'alimentation en oxydant entrant, destiné à être utilisé à l'intérieur du système à pile à combustible.

Système de gestion thermique – sous-système destiné à assurer le refroidissement et le rejet de chaleur pour maintenir l'équilibre thermique à l'intérieur du système à pile à combustible, et, si nécessaire, pour permettre de récupérer et d'utiliser l'excès de chaleur produite par la pile, ainsi que pour chauffer les systèmes à piles à combustible en période de démarrage.

Système de conditionnement de l'électricité – équipement qui est utilisé pour modifier l'amplitude ou la forme d'onde de la tension, ou sinon modifier ou réguler la sortie d'une source d'alimentation.

Système de contrôle automatique – ensemble de capteurs, servomoteurs, vannes, commutateurs et composants logiques (incluant les régulateurs de processus) qui maintiennent, dans les limites définies par les fabricants et sans intervention manuelle, les paramètres de fonctionnement du système à pile à combustible.

Module à pile à combustible – assemblage incluant une ou plusieurs piles à combustible qui convertit par un procédé électrochimique l'énergie chimique en énergie électrique et en énergie thermique, et destiné à être intégré dans un système de production de puissance.

Système d'alimentation en combustible – il est soit intégré au système à pile à combustible portable, soit alimenté par un assemblage de conteneur amovible et à remplissages multiples.

Système de stockage d'énergie embarqué – source interne d'énergie dont le but est d'aider ou renforcer le module à pile à combustible à fournir la puissance aux charges internes ou externes.

Systèmes de ventilation – sous-système d'un système à pile à combustible qui fournit, par des moyens mécaniques, de l'air dans l'enceinte.

Systèmes de traitement d'eau – système pour traiter et purifier de l'eau récupérée ou ajoutée pour qu'elle puisse être utilisée dans le système à pile à combustible portable.

Ces exigences ne sont pas destinées à empêcher la conception et la construction d'un système à pile à combustible portable qui n'est pas spécifiquement décrit dans le présent document dans la mesure où de telles alternatives ont été envisagées, et que des essais équivalents fournissent une performance de sécurité équivalente à celle spécifiée dans le présent document. Lors de l'examen des alternatives en matière de conception ou de construction, le présent document peut être utilisé pour évaluer les autres matériaux ou méthodes à utiliser pour ce qui est de leur aptitude à fournir une performance équivalente à celle spécifiée dans le présent document.

Le présent document ne couvre pas les exigences applicables aux conteneurs d'alimentation en combustibles pressurisés ou non pressurisés qui sont en amont de la liaison d'alimentation en combustible liquide ou gazeux de l'appareil, et qui ne font pas partie intégrante du système à pile à combustible portable.

Sauf spécification contraire, toutes les pressions indiquées dans le présent document sont considérées comme étant des pressions manométriques.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034 (toutes les parties), *Machines électriques tournantes*

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais au marteau*

IEC 60079-2, *Atmosphères explosives – Partie 2: Protection du matériel par enveloppe à surpression interne "p"*

IEC 60079-10 (toutes les parties), *Atmosphères explosives – Partie 10: Classement des emplacements*

IEC 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection du matériel par mode de protection "n"*

IEC 60079-29 (toutes les parties), *Atmosphères explosives – Partie 29: Détecteurs de gaz*

IEC 60086-4, *Piles électriques – Partie 4: Sécurité des piles au lithium*

IEC 60204-1:2016, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais seulement)

IEC 60335-1:2010, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-1:2010/AMD2:2016

IEC 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60695-2-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

IEC 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthode d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60730-1:2013, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-2-5, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 2-5: Exigences particulières pour les systèmes de commande électrique automatiques des brûleurs*

IEC 60730-2-17, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-17: Règles particulières pour les électrovannes de gaz, y compris les prescriptions mécaniques²⁾*

IEC 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité du système – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

IEC 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

IEC 60934, *Disjoncteurs pour équipement (DPE)*

IEC 60950-1:2005, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60950-1:2005/AMD1:2009

IEC 60950-1:2005/AMD2:2013

2) Supprimée.

IEC 60990:2016, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

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 inférieur ou égal 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

IEC 61032, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61508-1, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61511-1, *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation – Partie 1: Cadre, définitions, exigences pour le système, le matériel et la programmation d'application*

IEC 61511-3, *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation – Partie 3: Conseils pour la détermination des niveaux exigés d'intégrité de sécurité*

IEC 61882, *Études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application*

IEC 62040-1, *Alimentations sans interruption (ASI) – Partie 1: Exigences de sécurité*

IEC 62040-2, *Alimentations sans interruption (ASI) – Partie 2: Exigences pour la compatibilité électromagnétique (CEM)*

IEC 62133 (toutes les parties), *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables*

IEC 62282-2, *Technologies des piles à combustible – Partie 2: Modules à piles à combustible*

ISO 3864 (toutes les parties), *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 15649, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Tuyauterie*

ISO 16000-3, *Air intérieur – Partie 3: Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif*

ISO 16000-6, *Air intérieur – Partie 6: Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et chambres d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA®, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS ou MS-FID*

ISO 16017-1:2000, *Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail – Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Partie 1: Échantillonnage par pompage*

ISO 16111, *Appareils de stockage de gaz transportables – Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible*

ISO 16528 (toutes les parties), *Chaudières et récipients sous pression*