



IEC 62282-3-201

Edition 2.1 2022-02  
CONSOLIDATED VERSION

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Fuel cell technologies –  
Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for  
small fuel cell power systems**

**Technologies des piles à combustible –  
Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d’essai  
des performances pour petits systèmes à piles à combustible**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-5292-5

**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.**

## REDLINE VERSION

## VERSION REDLINE



**Fuel cell technologies –  
Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for  
small fuel cell power systems**

**Technologies des piles à combustible –  
Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d’essai  
des performances pour petits systèmes à piles à combustible**

## CONTENTS

FOREWORD .....	6
INTRODUCTION .....	8
INTRODUCTION to Amendment 1 .....	8
1 Scope .....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	10
4 Symbols .....	15
5 Configuration of small stationary fuel cell power system .....	20
6 Reference conditions .....	20
7 Heating value base .....	20
8 Test preparation .....	21
8.1 General .....	21
8.2 Uncertainty analysis .....	21
8.3 Data acquisition plan .....	21
9 Test set-up .....	21
10 Instruments and measurement methods .....	23
10.1 General .....	23
10.2 Measurement instruments .....	24
10.3 Measurement points .....	24
10.4 Minimum required measurement systematic uncertainty .....	26
11 Test conditions .....	26
11.1 Laboratory conditions .....	26
11.2 Installation and operating conditions of the system .....	27
11.3 Power source conditions .....	27
11.4 Test fuel .....	27
12 Operating process .....	27
13 Test plan .....	29
14 Type tests on electric and thermal performance .....	30
14.1 General .....	30
14.2 Fuel consumption test .....	30
14.2.1 Gaseous fuel consumption test .....	30
14.2.2 Liquid fuel consumption test .....	33
14.3 Electric power output test .....	34
14.3.1 General .....	34
14.3.2 Test method .....	34
14.3.3 Calculation of average net electric power output .....	34
14.4 Heat recovery test .....	34
14.4.1 General .....	34
14.4.2 Test method .....	35
14.4.3 Calculation of average recovered thermal power .....	35
14.5 Start-up test .....	36
14.5.1 General .....	36
14.5.2 Determination of state of charge of the battery .....	36
14.5.3 Test method .....	37

14.5.4	Calculation of results .....	39
14.6	Ramp-up test .....	40
14.6.1	General .....	40
14.6.2	Test method .....	41
14.6.3	Calculation of results .....	41
14.7	Storage state test .....	42
14.7.1	General .....	42
14.7.2	Test method .....	42
14.7.3	Calculation of average electric power input in storage state .....	42
14.8	Electric power output change test .....	42
14.8.1	General .....	42
14.8.2	Test method .....	42
14.8.3	Calculation of electric power output change rate .....	44
14.9	Shutdown test .....	45
14.9.1	General .....	45
14.9.2	Test method .....	45
14.9.3	Calculation of results .....	46
14.10	Computation of efficiency .....	47
14.10.1	General .....	47
14.10.2	Electrical efficiency .....	47
14.10.3	Heat recovery efficiency .....	47
14.10.4	Overall energy efficiency .....	48
14.11	Rated operation cycle efficiency .....	48
14.11.1	General .....	48
14.11.2	Calculation of the operation cycle fuel energy input .....	48
14.11.3	Calculation of the operation cycle net electric energy output .....	49
14.11.4	Calculation of the operation cycle electrical efficiency .....	50
14.12	Electromagnetic compatibility (EMC) test .....	50
14.12.1	General requirement .....	50
14.12.2	Electrostatic discharge immunity test .....	51
14.12.3	Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test .....	51
14.12.4	Electrical fast transient/burst immunity test .....	51
14.12.5	Surge immunity test .....	51
14.12.6	Immunity test of conducted disturbances induced by radio-frequency fields .....	51
14.12.7	Power frequency magnetic field immunity test .....	51
14.12.8	Voltage dips and voltage interruptions .....	51
14.12.9	Radiated disturbance (emission) measurement test .....	52
14.12.10	Conducted disturbance (emission) measurement test .....	52
14.12.11	Power line harmonics emission measurement test .....	52
14.13	Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation .....	52
14.13.1	General .....	52
14.13.2	Test method .....	53
14.13.3	Calculation of estimated electric efficiency .....	54
14.13.4	Calculation of estimated heat recovery efficiency .....	56
14.14	Electric demand-following test .....	56
14.14.1	General .....	56
14.14.2	Electric demand profile .....	56

14.14.3	Test method .....	57
14.14.4	Calculation of results .....	58
14.14.5	Calculation of efficiencies .....	59
15	Type tests on environmental performance .....	59
15.1	General.....	59
15.2	Noise test .....	59
15.2.1	General .....	59
15.2.2	Test conditions .....	59
15.2.3	Test method .....	60
15.2.4	Processing of data.....	61
15.3	Exhaust gas test .....	61
15.3.1	General .....	61
15.3.2	Components to be measured .....	61
15.3.3	Test method .....	61
15.3.4	Processing of data.....	62
15.4	Discharge water test .....	71
15.4.1	General .....	71
15.4.2	Test method .....	71
16	Test reports .....	72
16.1	General.....	72
16.2	Title page.....	72
16.3	Table of contents .....	72
16.4	Summary report .....	72
Annex A	(normative) Heating values for components of natural gases .....	74
Annex B	(informative) Examples of composition for natural gases and propane gases .....	76
Annex C	(informative) Example of a test operation schedule .....	78
Annex D	(informative) Typical exhaust gas components.....	79
Annex E	(informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports .....	80
E.1	General.....	80
E.2	Detailed report .....	80
E.3	Full report .....	80
Annex F	(informative) Selected duration of rated power operation .....	81
Bibliography	.....	82
Figure 1	– Symbol diagram .....	18
Figure 2	– General configuration of small stationary fuel cell power system .....	20
Figure 3	– Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies electricity and useful heat.....	22
Figure 4	– Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies only electricity .....	23
Figure 5	– Operating states of stationary fuel cell power system without battery .....	28
Figure 6	– Operating states of stationary fuel cell power system with battery .....	29
Figure 7	– Example of electric power chart during start-up time for system without battery .....	37
Figure 8	– Example of electric power chart during start-up time for system with battery .....	38
Figure 9	– Example of liquid fuel supply systems .....	39
Figure 10	– Example of electric power chart during ramp-up for system without battery .....	41

Figure 11 – Electric power output change pattern for system without battery .....	43
Figure 12 – Electric power output change pattern for system with battery .....	44
Figure 13 – Example for electric power change stabilization criteria.....	44
Figure 14 – Electric power chart during shutdown time .....	46
Figure 16 – Example of electric efficiency during ten years of operation .....	53
Figure 17 – Example of the electric demand of a residential application.....	57
Figure 15 – Noise measurement points for small stationary fuel cell power systems .....	60
Table 1 – Symbols and their meanings for electric and thermal performance .....	15
Table 2 – Additional symbols and their meanings for environmental performance .....	18
Table 3 – Compensation of readings against the effect of background noise.....	60
Table A.1 – Heating values for components of natural gases at various combustion reference conditions for ideal gas .....	74
Table B.1 – Example of composition for natural gas (%) .....	76
Table B.2 – Example of composition for propane gas (%) .....	77
Table C.1 – Example of a test operation schedule .....	78
Table D.1 – Typical exhaust gas components to be expected for typical fuels .....	79
Table F.1 – Selected duration of rated power operation .....	81

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### FUEL CELL TECHNOLOGIES –

### Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems

#### 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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.**

**IEC 62282-3-201 edition 2.1 contains the second edition (2017-08) [documents 105/564/CDV and 105/623/RVC] and its amendment 1 (2022-02) [documents 105/839/CDV and 105/866/RVC].**

**In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.**

IEC 62282-3-201:2017+AMD1:2022 CSV – 7 –  
© IEC 2022

International Standard IEC 62282-3-201 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) Revision of definitions
- b) Revision of symbols (Clause 4, in accordance with ISO/IEC 80000 series and ISO/IEC Directives Part 2);
- c) Revision of Figures 2, 5 and 6;
- d) Revision of test set-up (Clause 9);
- e) Revision of measurement instruments (Clause 10);
- f) Introduction of ramp-up test (14.6);
- g) Introduction of rated operation cycle efficiency (14.11);
- h) Introduction of electromagnetic compatibility (EMC) test (14.12);
- i) Revision of exhaust gas test (15.3);
- j) Introduction of typical durations of operation cycles (Annex F).

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 the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under [webstore.iec.ch](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 part of IEC 62282 provides consistent and repeatable test methods for the electrical, thermal and environmental performance of small stationary fuel cell power systems.

This document limits its scope to small stationary fuel cell power systems (electrical power output below 10 kW) and provides test methods specifically designed for them in detail. It is based on IEC 62282-3-200, which generally describes performance test methods that are common to all types of fuel cells.

This document is intended for manufacturers of small stationary fuel cell power systems and/or those who evaluate the performance of their systems for certification purposes.

Users of this document may selectively execute test items that are suitable for their purposes from those described in this document. This document is not intended to exclude any other methods.

### INTRODUCTION to Amendment 1

This amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides a method of estimating the electric and heat recovery efficiency of small stationary fuel cell power systems for a duration of up to ten years of operation. Furthermore, this amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides an evaluation method for electric demand-following small stationary fuel cell power systems, which are operating at changing levels of power output. It has been developed as a reference for the life cycle assessment calculations in IEC TS 62282-9-101.

## FUEL CELL TECHNOLOGIES –

### Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems

#### 1 Scope

This part of IEC 62282 provides test methods for the electrical, thermal and environmental performance of small stationary fuel cell power systems that meet the following criteria:

- output: rated electric power output of less than 10 kW;
- output mode: grid-connected/independent operation or stand-alone operation with single-phase AC output or 3-phase AC output not exceeding 1 000 V, or DC output not exceeding 1 500 V;

NOTE The limit of 1 000 V for alternating current comes from the definition for "low voltage" given in IEC 60050-601:1985, 601-01-26.

- operating pressure: maximum allowable working pressure of less than 0,1 MPa (gauge) for the fuel and oxidant passages;
- fuel: gaseous fuel (natural gas, liquefied petroleum gas, propane, butane, hydrogen, etc.) or liquid fuel (kerosene, methanol, etc.);
- oxidant: air.

This document describes type tests and their test methods only. No routine tests are required or identified, and no performance targets are set in this document.

This document covers fuel cell power systems whose primary purpose is the production of electric power and whose secondary purpose may be the utilization of heat. Accordingly, fuel cell power systems for which the use of heat is primary and the use of electric power is secondary are outside the scope of this document.

All systems with integrated batteries are covered by this document. This includes systems where batteries are recharged internally or recharged from an external source.

This document does not cover additional auxiliary heat generators that produce thermal energy.

#### 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-6-1:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 62282-3-200:2015, *Fuel cell technologies – Part 3-200: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	88
INTRODUCTION.....	90
INTRODUCTION à l'Amendement 1 .....	90
1 Domaine d'application .....	91
2 Références normatives .....	91
3 Termes et définitions .....	92
4 Symboles .....	98
5 Configuration de petit système à pile à combustible stationnaire .....	102
6 Conditions de référence.....	103
7 Base du pouvoir calorifique .....	103
8 Préparation aux essais .....	104
8.1 Généralités .....	104
8.2 Analyse d'incertitude.....	104
8.3 Plan d'acquisition des données .....	104
9 Montage d'essai .....	104
10 Appareils de mesure et méthodes de mesure .....	106
10.1 Généralités .....	106
10.2 Appareils de mesure .....	106
10.3 Points de mesure .....	107
10.4 Incertitude de mesure systématique minimale exigée.....	109
11 Conditions d'essai .....	110
11.1 Conditions de laboratoire .....	110
11.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système.....	110
11.3 Conditions de la source de courant .....	110
11.4 Combustible d'essai.....	110
12 Processus de fonctionnement.....	110
13 Plan d'essai.....	112
14 Essais de type sur les performances électriques et thermiques .....	112
14.1 Généralités .....	112
14.2 Essai de consommation de combustible.....	113
14.2.1 Essai de consommation de combustible gazeux .....	113
14.2.2 Essai de consommation de combustible liquide .....	116
14.3 Essai de puissance électrique de sortie .....	117
14.3.1 Généralités.....	117
14.3.2 Méthode d'essai .....	117
14.3.3 Calcul de la puissance électrique nette moyenne de sortie .....	117
14.4 Essai d'énergie thermique récupérée .....	118
14.4.1 Généralités.....	118
14.4.2 Méthode d'essai .....	118
14.4.3 Calcul de la puissance thermique récupérée moyenne.....	118
14.5 Essai de démarrage.....	120
14.5.1 Généralités.....	120
14.5.2 Détermination de l'état de charge de la batterie.....	120
14.5.3 Méthode d'essai .....	120

14.5.4	Calcul des résultats .....	122
14.6	Essai d'accélération .....	125
14.6.1	Généralités .....	125
14.6.2	Méthode d'essai .....	125
14.6.3	Calcul des résultats .....	125
14.7	Essai d'état de stockage .....	126
14.7.1	Généralités .....	126
14.7.2	Méthode d'essai .....	126
14.7.3	Calcul de la puissance électrique moyenne en entrée à l'état de stockage .....	126
14.8	Essai de variation de puissance électrique de sortie .....	127
14.8.1	Généralités .....	127
14.8.2	Méthode d'essai .....	127
14.8.3	Calcul du taux de variation de puissance électrique de sortie .....	129
14.9	Essai d'arrêt .....	129
14.9.1	Généralités .....	129
14.9.2	Méthode d'essai .....	130
14.9.3	Calcul des résultats .....	131
14.10	Calcul du rendement .....	131
14.10.1	Généralités .....	131
14.10.2	Rendement électrique .....	132
14.10.3	Rendement de l'énergie thermique récupérable .....	132
14.10.4	Rendement énergétique global .....	132
14.11	Rendement du cycle de fonctionnement assigné .....	133
14.11.1	Généralités .....	133
14.11.2	Calcul de l'énergie de combustible d'entrée du cycle de fonctionnement .....	133
14.11.3	Calcul de l'énergie électrique nette de sortie du cycle de fonctionnement .....	134
14.11.4	Calcul du rendement électrique du cycle de fonctionnement .....	135
14.12	Essai de compatibilité électromagnétique (CEM) .....	135
14.12.1	Exigences générales .....	135
14.12.2	Essai d'immunité aux décharges électrostatiques .....	136
14.12.3	Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques .....	136
14.12.4	Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves .....	136
14.12.5	Essai d'immunité aux ondes de choc .....	136
14.12.6	Essai d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques .....	136
14.12.7	Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau .....	136
14.12.8	Essais d'immunité aux creux de tension et coupures de tension .....	136
14.12.9	Essai de mesure des perturbations (émissions) rayonnées .....	137
14.12.10	Essai de mesure des perturbations (émissions) conduites .....	137
14.12.11	Essai de mesure des émissions d'harmoniques de la ligne électrique .....	137
14.13	Estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement .....	137
14.13.1	Généralités .....	137
14.13.2	Méthode d'essai .....	138
14.13.3	Calcul du rendement électrique estimé .....	139
14.13.4	Calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable .....	141
14.14	Essai de suivi de la demande d'électricité .....	141

14.14.1	Généralités .....	141
14.14.2	Profil de demande d'électricité.....	141
14.14.3	Méthode d'essai .....	142
14.14.4	Calcul des résultats .....	143
14.14.5	Calcul des rendements .....	144
15	Essais de type sur les performances environnementales .....	144
15.1	Généralités .....	144
15.2	Essai de bruit.....	144
15.2.1	Généralités .....	144
15.2.2	Conditions d'essai .....	145
15.2.3	Méthode d'essai .....	146
15.2.4	Traitement des données .....	146
15.3	Essai de gaz d'échappement .....	146
15.3.1	Généralités .....	146
15.3.2	Composants à mesurer.....	147
15.3.3	Méthode d'essai .....	147
15.3.4	Traitement des données .....	147
15.4	Essai d'eau d'écoulement .....	158
15.4.1	Généralités .....	158
15.4.2	Méthode d'essai .....	158
16	Rapports d'essai.....	158
16.1	Généralités .....	158
16.2	Page de titre .....	159
16.3	Sommaire .....	159
16.4	Rapport résumé .....	159
Annexe A (normative)	Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels .....	160
Annexe B (informative)	Exemples de composition du gaz naturel et du propane .....	162
Annexe C (informative)	Exemple de programme d'essai de fonctionnement .....	164
Annexe D (informative)	Composants de gaz d'échappement types.....	165
Annexe E (informative)	Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet.....	166
E.1	Généralités .....	166
E.2	Rapport détaillé .....	166
E.3	Rapport complet .....	166
Annexe F (informative)	Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée.....	167
Bibliographie.....		168
Figure 1 – Schéma des symboles .....		100
Figure 2 – Configuration générale d'un petit système à pile à combustible stationnaire.....		103
Figure 3 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit l'électricité et la chaleur utile .....		105
Figure 4 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit uniquement l'électricité.....		106
Figure 5 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire sans batterie.....		111
Figure 6 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire avec batterie.....		112

Figure 7 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système sans batterie.....	121
Figure 8 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système avec batterie.....	122
Figure 9 – Exemple de systèmes d'alimentation en combustible liquide .....	123
Figure 10 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant l'accélération d'un système sans batterie .....	125
Figure 11 – Schéma de variation de puissance électrique en sortie pour un système sans batterie.....	128
Figure 12 – Schéma de variation de puissance électrique en sortie d'un système avec batterie .....	128
Figure 13 – Exemple de critères de stabilisation de variation de puissance électrique .....	129
Figure 14 – Graphique de la puissance électrique pendant le temps d'arrêt.....	130
Figure 16 – Exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement .....	138
Figure 17 – Exemple de demande d'électricité pour une application résidentielle.....	142
Figure 15 – Points de mesure du bruit pour petits systèmes à piles à combustible stationnaires .....	145
Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques/ et thermiques.....	98
Tableau 2 – Symboles supplémentaires et leurs significations pour les performances environnementales.....	101
Tableau 3 – Compensation des valeurs lues par rapport à l'effet du bruit de fond .....	146
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels dans différentes conditions de référence de combustion pour le gaz parfait.....	160
Tableau B.1 – Exemple de composition du gaz naturel (%).....	162
Tableau B.2 – Exemple de composition du propane (%).....	163
Tableau C.1 – Exemple de programme d'essai de fonctionnement.....	164
Tableau D.1 – Composants de gaz d'échappement types prévus pour les combustibles types .....	165
Tableau F.1 – Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée .....	167

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

#### Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 62282-3-201 édition 2.1 contient la deuxième édition (2017-08) [documents 105/564/CDV et 105/623/RVC] et son amendement 1 (2022-02) [documents 105/839/CDV et 105/866/RVC].**

**Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.**



IEC 62282-3-201:2017+AMD1:2022 CSV – 89 –  
© IEC 2022

La Norme internationale IEC 62282-3-201 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Cette deuxième édition constitue une révision technique.

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

- a) Révision des définitions
- b) Révision des symboles (Article 4, en conformité avec la série ISO/IEC 80000 et les Directives ISO/IEC Partie 2);
- c) Révision des Figures 2, 5 et 6;
- d) Révision du montage d'essai (Article 9);
- e) Révision des appareils de mesure (Article 10);
- f) Introduction de l'essai d'accélération (14.6);
- g) Introduction du rendement du cycle de fonctionnement assigné (14.11);
- h) Introduction de l'essai de compatibilité électromagnétique (CEM) (14.12);
- i) Révision de l'essai de gaz d'échappement (15.3);
- j) Introduction des durées types des cycles de fonctionnement (Annexe F).

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 la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai cohérentes et reproductibles pour les performances électriques, thermiques et environnementales des petits systèmes à piles à combustible stationnaires.

Le domaine d'application du présent document est limité aux petits systèmes à piles à combustible stationnaires (de puissance électrique de sortie inférieure à 10 kW) et fournit des méthodes d'essai détaillées conçues spécifiquement pour eux. Le présent document repose sur l'IEC 62282-3-200, qui donne une description globale des méthodes d'essai des performances communes à tous les types de piles à combustible.

Le présent document est destiné aux fabricants de petits systèmes à piles à combustible stationnaires et/ou aux fabricants qui évaluent les performances de leurs systèmes à des fins de certification.

Dans ce but, les utilisateurs du présent document peuvent choisir d'exécuter des éléments d'essai parmi ceux décrits dans le présent document. Le présent document n'est pas destiné à exclure les autres méthodes.

### INTRODUCTION à l'Amendement 1

Cet amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable des petits systèmes à piles à combustible stationnaires pour une durée de fonctionnement jusqu'à dix ans. En outre, le présent amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'évaluation du suivi de la demande d'électricité des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui fonctionnent à des niveaux variables de puissance de sortie. Cet amendement a été élaboré en tant que référence pour les calculs de l'analyse du cycle de vie de l'IEC TS 62282-9-101.

## TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

### Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai relatives aux performances électriques, thermiques et environnementales des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui satisfont aux critères suivants:

- sortie: la puissance électrique de sortie assignée est inférieure à 10 kW;
- mode de sortie: fonctionnement raccordé au réseau/indépendant ou fonctionnement autonome avec une sortie en courant alternatif monophasé ou une sortie en courant alternatif triphasé ne dépassant pas 1 000 V ou une sortie en courant continu ne dépassant pas 1 500 V;

NOTE La limite de 1 000 V pour le courant alternatif provient de la définition de la "basse tension" donnée dans l'IEC 60050-601:1985, 601-01-26.

- pression de fonctionnement: pression de fonctionnement admissible maximale inférieure à 0,1 MPa (G) pour les passages du combustible et de l'agent oxydant;
- combustible: combustible gazeux (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, propane, butane, hydrogène, etc.) ou combustible liquide (kérosène, méthanol, etc.);
- agent oxydant: air.

Le présent document décrit uniquement les essais de type et leurs méthodes d'essai. Aucun essai individuel de série n'est exigé ou identifié et aucune cible de performance n'est définie dans le présent document.

Le présent document traite des systèmes à piles à combustible dont le but principal est de produire du courant électrique et dont le but secondaire peut être d'utiliser de la chaleur. Par conséquent, les systèmes à piles à combustible dont le but principal est l'utilisation de la chaleur et dont le but secondaire est l'utilisation du courant électrique ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Tous les systèmes incluant des batteries intégrées sont couverts par le présent document. Celui-ci comprend les systèmes dans lesquels les piles sont rechargées de manière interne ou rechargées à partir d'une source externe.

Le présent document ne couvre pas les générateurs de chaleur auxiliaires supplémentaires produisant de l'énergie thermique.

#### 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).

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

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

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-6-1:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Normes d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 62282-3-200:2015, *Technologies des piles à combustible – Partie 3-200: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances*

# FINAL VERSION

# VERSION FINALE



**Fuel cell technologies –  
Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for  
small fuel cell power systems**

**Technologies des piles à combustible –  
Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d’essai  
des performances pour petits systèmes à piles à combustible**

## CONTENTS

FOREWORD .....	6
INTRODUCTION .....	8
INTRODUCTION to Amendment 1 .....	8
1 Scope .....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	10
4 Symbols .....	15
5 Configuration of small stationary fuel cell power system .....	20
6 Reference conditions .....	20
7 Heating value base .....	20
8 Test preparation .....	21
8.1 General .....	21
8.2 Uncertainty analysis .....	21
8.3 Data acquisition plan .....	21
9 Test set-up .....	21
10 Instruments and measurement methods .....	23
10.1 General .....	23
10.2 Measurement instruments .....	24
10.3 Measurement points .....	24
10.4 Minimum required measurement systematic uncertainty .....	26
11 Test conditions .....	26
11.1 Laboratory conditions .....	26
11.2 Installation and operating conditions of the system .....	27
11.3 Power source conditions .....	27
11.4 Test fuel .....	27
12 Operating process .....	27
13 Test plan .....	29
14 Type tests on electric and thermal performance .....	30
14.1 General .....	30
14.2 Fuel consumption test .....	30
14.2.1 Gaseous fuel consumption test .....	30
14.2.2 Liquid fuel consumption test .....	33
14.3 Electric power output test .....	34
14.3.1 General .....	34
14.3.2 Test method .....	34
14.3.3 Calculation of average net electric power output .....	34
14.4 Heat recovery test .....	34
14.4.1 General .....	34
14.4.2 Test method .....	35
14.4.3 Calculation of average recovered thermal power .....	35
14.5 Start-up test .....	36
14.5.1 General .....	36
14.5.2 Determination of state of charge of the battery .....	36
14.5.3 Test method .....	37

14.5.4	Calculation of results .....	39
14.6	Ramp-up test .....	40
14.6.1	General .....	40
14.6.2	Test method .....	41
14.6.3	Calculation of results .....	41
14.7	Storage state test .....	42
14.7.1	General .....	42
14.7.2	Test method .....	42
14.7.3	Calculation of average electric power input in storage state .....	42
14.8	Electric power output change test .....	42
14.8.1	General .....	42
14.8.2	Test method .....	42
14.8.3	Calculation of electric power output change rate .....	44
14.9	Shutdown test .....	45
14.9.1	General .....	45
14.9.2	Test method .....	45
14.9.3	Calculation of results .....	46
14.10	Computation of efficiency .....	47
14.10.1	General .....	47
14.10.2	Electrical efficiency .....	47
14.10.3	Heat recovery efficiency .....	47
14.10.4	Overall energy efficiency .....	48
14.11	Rated operation cycle efficiency .....	48
14.11.1	General .....	48
14.11.2	Calculation of the operation cycle fuel energy input .....	48
14.11.3	Calculation of the operation cycle net electric energy output .....	49
14.11.4	Calculation of the operation cycle electrical efficiency .....	50
14.12	Electromagnetic compatibility (EMC) test .....	50
14.12.1	General requirement .....	50
14.12.2	Electrostatic discharge immunity test .....	51
14.12.3	Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test .....	51
14.12.4	Electrical fast transient/burst immunity test .....	51
14.12.5	Surge immunity test .....	51
14.12.6	Immunity test of conducted disturbances induced by radio-frequency fields .....	51
14.12.7	Power frequency magnetic field immunity test .....	51
14.12.8	Voltage dips and voltage interruptions .....	51
14.12.9	Radiated disturbance (emission) measurement test .....	52
14.12.10	Conducted disturbance (emission) measurement test .....	52
14.12.11	Power line harmonics emission measurement test .....	52
14.13	Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation .....	52
14.13.1	General .....	52
14.13.2	Test method .....	53
14.13.3	Calculation of estimated electric efficiency .....	54
14.13.4	Calculation of estimated heat recovery efficiency .....	56
14.14	Electric demand-following test .....	56
14.14.1	General .....	56
14.14.2	Electric demand profile .....	56

14.14.3	Test method .....	57
14.14.4	Calculation of results .....	58
14.14.5	Calculation of efficiencies .....	59
15	Type tests on environmental performance .....	59
15.1	General.....	59
15.2	Noise test .....	59
15.2.1	General .....	59
15.2.2	Test conditions .....	59
15.2.3	Test method .....	60
15.2.4	Processing of data.....	61
15.3	Exhaust gas test .....	61
15.3.1	General .....	61
15.3.2	Components to be measured .....	61
15.3.3	Test method .....	61
15.3.4	Processing of data.....	62
15.4	Discharge water test .....	71
15.4.1	General .....	71
15.4.2	Test method .....	71
16	Test reports .....	72
16.1	General.....	72
16.2	Title page.....	72
16.3	Table of contents .....	72
16.4	Summary report .....	72
Annex A	(normative) Heating values for components of natural gases .....	74
Annex B	(informative) Examples of composition for natural gases and propane gases .....	76
Annex C	(informative) Example of a test operation schedule .....	78
Annex D	(informative) Typical exhaust gas components.....	79
Annex E	(informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports .....	80
E.1	General.....	80
E.2	Detailed report .....	80
E.3	Full report .....	80
Annex F	(informative) Selected duration of rated power operation .....	81
Bibliography	.....	82
Figure 1	– Symbol diagram .....	18
Figure 2	– General configuration of small stationary fuel cell power system .....	20
Figure 3	– Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies electricity and useful heat.....	22
Figure 4	– Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies only electricity .....	23
Figure 5	– Operating states of stationary fuel cell power system without battery .....	28
Figure 6	– Operating states of stationary fuel cell power system with battery .....	29
Figure 7	– Example of electric power chart during start-up time for system without battery .....	37
Figure 8	– Example of electric power chart during start-up time for system with battery .....	38
Figure 9	– Example of liquid fuel supply systems .....	39
Figure 10	– Example of electric power chart during ramp-up for system without battery .....	41



Figure 11 – Electric power output change pattern for system without battery .....	43
Figure 12 – Electric power output change pattern for system with battery .....	44
Figure 13 – Example for electric power change stabilization criteria.....	44
Figure 14 – Electric power chart during shutdown time .....	46
Figure 16 – Example of electric efficiency during ten years of operation .....	53
Figure 17 – Example of the electric demand of a residential application.....	57
Figure 15 – Noise measurement points for small stationary fuel cell power systems .....	60
Table 1 – Symbols and their meanings for electric and thermal performance .....	15
Table 2 – Additional symbols and their meanings for environmental performance .....	18
Table 3 – Compensation of readings against the effect of background noise.....	60
Table A.1 – Heating values for components of natural gases at various combustion reference conditions for ideal gas .....	74
Table B.1 – Example of composition for natural gas (%) .....	76
Table B.2 – Example of composition for propane gas (%) .....	77
Table C.1 – Example of a test operation schedule .....	78
Table D.1 – Typical exhaust gas components to be expected for typical fuels .....	79
Table F.1 – Selected duration of rated power operation .....	81

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### FUEL CELL TECHNOLOGIES –

### Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems

#### 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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.**

**IEC 62282-3-201 edition 2.1 contains the second edition (2017-08) [documents 105/564/CDV and 105/623/RVC] and its amendment 1 (2022-02) [documents 105/839/CDV and 105/866/RVC].**

**This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.**

IEC 62282-3-201:2017+AMD1:2022 CSV – 7 –  
© IEC 2022

International Standard IEC 62282-3-201 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) Revision of definitions
- b) Revision of symbols (Clause 4, in accordance with ISO/IEC 80000 series and ISO/IEC Directives Part 2);
- c) Revision of Figures 2, 5 and 6;
- d) Revision of test set-up (Clause 9);
- e) Revision of measurement instruments (Clause 10);
- f) Introduction of ramp-up test (14.6);
- g) Introduction of rated operation cycle efficiency (14.11);
- h) Introduction of electromagnetic compatibility (EMC) test (14.12);
- i) Revision of exhaust gas test (15.3);
- j) Introduction of typical durations of operation cycles (Annex F).

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 the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under [webstore.iec.ch](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 part of IEC 62282 provides consistent and repeatable test methods for the electrical, thermal and environmental performance of small stationary fuel cell power systems.

This document limits its scope to small stationary fuel cell power systems (electrical power output below 10 kW) and provides test methods specifically designed for them in detail. It is based on IEC 62282-3-200, which generally describes performance test methods that are common to all types of fuel cells.

This document is intended for manufacturers of small stationary fuel cell power systems and/or those who evaluate the performance of their systems for certification purposes.

Users of this document may selectively execute test items that are suitable for their purposes from those described in this document. This document is not intended to exclude any other methods.

### INTRODUCTION to Amendment 1

This amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides a method of estimating the electric and heat recovery efficiency of small stationary fuel cell power systems for a duration of up to ten years of operation. Furthermore, this amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides an evaluation method for electric demand-following small stationary fuel cell power systems, which are operating at changing levels of power output. It has been developed as a reference for the life cycle assessment calculations in IEC TS 62282-9-101.

## FUEL CELL TECHNOLOGIES –

### Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems

#### 1 Scope

This part of IEC 62282 provides test methods for the electrical, thermal and environmental performance of small stationary fuel cell power systems that meet the following criteria:

- output: rated electric power output of less than 10 kW;
- output mode: grid-connected/independent operation or stand-alone operation with single-phase AC output or 3-phase AC output not exceeding 1 000 V, or DC output not exceeding 1 500 V;

NOTE The limit of 1 000 V for alternating current comes from the definition for "low voltage" given in IEC 60050-601:1985, 601-01-26.

- operating pressure: maximum allowable working pressure of less than 0,1 MPa (gauge) for the fuel and oxidant passages;
- fuel: gaseous fuel (natural gas, liquefied petroleum gas, propane, butane, hydrogen, etc.) or liquid fuel (kerosene, methanol, etc.);
- oxidant: air.

This document describes type tests and their test methods only. No routine tests are required or identified, and no performance targets are set in this document.

This document covers fuel cell power systems whose primary purpose is the production of electric power and whose secondary purpose may be the utilization of heat. Accordingly, fuel cell power systems for which the use of heat is primary and the use of electric power is secondary are outside the scope of this document.

All systems with integrated batteries are covered by this document. This includes systems where batteries are recharged internally or recharged from an external source.

This document does not cover additional auxiliary heat generators that produce thermal energy.

#### 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-6-1:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 62282-3-200:2015, *Fuel cell technologies – Part 3-200: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	88
INTRODUCTION.....	90
INTRODUCTION à l'Amendement 1 .....	90
1 Domaine d'application .....	91
2 Références normatives .....	91
3 Termes et définitions .....	92
4 Symboles .....	98
5 Configuration de petit système à pile à combustible stationnaire .....	102
6 Conditions de référence.....	103
7 Base du pouvoir calorifique .....	103
8 Préparation aux essais .....	104
8.1 Généralités .....	104
8.2 Analyse d'incertitude.....	104
8.3 Plan d'acquisition des données .....	104
9 Montage d'essai .....	104
10 Appareils de mesure et méthodes de mesure .....	106
10.1 Généralités .....	106
10.2 Appareils de mesure .....	106
10.3 Points de mesure .....	107
10.4 Incertitude de mesure systématique minimale exigée.....	109
11 Conditions d'essai .....	110
11.1 Conditions de laboratoire .....	110
11.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système.....	110
11.3 Conditions de la source de courant .....	110
11.4 Combustible d'essai.....	110
12 Processus de fonctionnement.....	110
13 Plan d'essai.....	112
14 Essais de type sur les performances électriques et thermiques .....	112
14.1 Généralités .....	112
14.2 Essai de consommation de combustible.....	113
14.2.1 Essai de consommation de combustible gazeux .....	113
14.2.2 Essai de consommation de combustible liquide .....	116
14.3 Essai de puissance électrique de sortie .....	117
14.3.1 Généralités.....	117
14.3.2 Méthode d'essai .....	117
14.3.3 Calcul de la puissance électrique nette moyenne de sortie .....	117
14.4 Essai d'énergie thermique récupérée .....	118
14.4.1 Généralités.....	118
14.4.2 Méthode d'essai .....	118
14.4.3 Calcul de la puissance thermique récupérée moyenne.....	118
14.5 Essai de démarrage.....	120
14.5.1 Généralités.....	120
14.5.2 Détermination de l'état de charge de la batterie.....	120
14.5.3 Méthode d'essai .....	120

14.5.4	Calcul des résultats .....	122
14.6	Essai d'accélération .....	125
14.6.1	Généralités .....	125
14.6.2	Méthode d'essai .....	125
14.6.3	Calcul des résultats .....	125
14.7	Essai d'état de stockage .....	126
14.7.1	Généralités .....	126
14.7.2	Méthode d'essai .....	126
14.7.3	Calcul de la puissance électrique moyenne en entrée à l'état de stockage .....	126
14.8	Essai de variation de puissance électrique de sortie .....	127
14.8.1	Généralités .....	127
14.8.2	Méthode d'essai .....	127
14.8.3	Calcul du taux de variation de puissance électrique de sortie .....	129
14.9	Essai d'arrêt .....	129
14.9.1	Généralités .....	129
14.9.2	Méthode d'essai .....	130
14.9.3	Calcul des résultats .....	131
14.10	Calcul du rendement .....	131
14.10.1	Généralités .....	131
14.10.2	Rendement électrique .....	132
14.10.3	Rendement de l'énergie thermique récupérable .....	132
14.10.4	Rendement énergétique global .....	132
14.11	Rendement du cycle de fonctionnement assigné .....	133
14.11.1	Généralités .....	133
14.11.2	Calcul de l'énergie de combustible d'entrée du cycle de fonctionnement .....	133
14.11.3	Calcul de l'énergie électrique nette de sortie du cycle de fonctionnement .....	134
14.11.4	Calcul du rendement électrique du cycle de fonctionnement .....	135
14.12	Essai de compatibilité électromagnétique (CEM) .....	135
14.12.1	Exigences générales .....	135
14.12.2	Essai d'immunité aux décharges électrostatiques .....	136
14.12.3	Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques .....	136
14.12.4	Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves .....	136
14.12.5	Essai d'immunité aux ondes de choc .....	136
14.12.6	Essai d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques .....	136
14.12.7	Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau .....	136
14.12.8	Essais d'immunité aux creux de tension et coupures de tension .....	136
14.12.9	Essai de mesure des perturbations (émissions) rayonnées .....	137
14.12.10	Essai de mesure des perturbations (émissions) conduites .....	137
14.12.11	Essai de mesure des émissions d'harmoniques de la ligne électrique .....	137
14.13	Estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement .....	137
14.13.1	Généralités .....	137
14.13.2	Méthode d'essai .....	138
14.13.3	Calcul du rendement électrique estimé .....	139
14.13.4	Calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable .....	141
14.14	Essai de suivi de la demande d'électricité .....	141



14.14.1	Généralités .....	141
14.14.2	Profil de demande d'électricité.....	141
14.14.3	Méthode d'essai .....	142
14.14.4	Calcul des résultats .....	143
14.14.5	Calcul des rendements .....	144
15	Essais de type sur les performances environnementales .....	144
15.1	Généralités .....	144
15.2	Essai de bruit.....	144
15.2.1	Généralités.....	144
15.2.2	Conditions d'essai .....	145
15.2.3	Méthode d'essai .....	146
15.2.4	Traitement des données .....	146
15.3	Essai de gaz d'échappement .....	146
15.3.1	Généralités.....	146
15.3.2	Composants à mesurer.....	147
15.3.3	Méthode d'essai .....	147
15.3.4	Traitement des données .....	147
15.4	Essai d'eau d'écoulement .....	158
15.4.1	Généralités.....	158
15.4.2	Méthode d'essai .....	158
16	Rapports d'essai.....	158
16.1	Généralités .....	158
16.2	Page de titre .....	159
16.3	Sommaire .....	159
16.4	Rapport résumé .....	159
Annexe A (normative)	Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels .....	160
Annexe B (informative)	Exemples de composition du gaz naturel et du propane .....	162
Annexe C (informative)	Exemple de programme d'essai de fonctionnement .....	164
Annexe D (informative)	Composants de gaz d'échappement types.....	165
Annexe E (informative)	Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet.....	166
E.1	Généralités .....	166
E.2	Rapport détaillé .....	166
E.3	Rapport complet .....	166
Annexe F (informative)	Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée.....	167
Bibliographie.....		168
Figure 1 – Schéma des symboles .....		100
Figure 2 – Configuration générale d'un petit système à pile à combustible stationnaire.....		103
Figure 3 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit l'électricité et la chaleur utile .....		105
Figure 4 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit uniquement l'électricité.....		106
Figure 5 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire sans batterie.....		111
Figure 6 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire avec batterie.....		112

Figure 7 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système sans batterie.....	121
Figure 8 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système avec batterie.....	122
Figure 9 – Exemple de systèmes d'alimentation en combustible liquide .....	123
Figure 10 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant l'accélération d'un système sans batterie .....	125
Figure 11 – Schéma de variation de puissance électrique en sortie pour un système sans batterie.....	128
Figure 12 – Schéma de variation de puissance électrique en sortie d'un système avec batterie .....	128
Figure 13 – Exemple de critères de stabilisation de variation de puissance électrique .....	129
Figure 14 – Graphique de la puissance électrique pendant le temps d'arrêt.....	130
Figure 16 – Exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement.....	138
Figure 17 – Exemple de demande d'électricité pour une application résidentielle.....	142
Figure 15 – Points de mesure du bruit pour petits systèmes à piles à combustible stationnaires .....	145
Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques et thermiques.....	98
Tableau 2 – Symboles supplémentaires et leurs significations pour les performances environnementales.....	101
Tableau 3 – Compensation des valeurs lues par rapport à l'effet du bruit de fond .....	146
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels dans différentes conditions de référence de combustion pour le gaz parfait.....	160
Tableau B.1 – Exemple de composition du gaz naturel (%).....	162
Tableau B.2 – Exemple de composition du propane (%).....	163
Tableau C.1 – Exemple de programme d'essai de fonctionnement.....	164
Tableau D.1 – Composants de gaz d'échappement types prévus pour les combustibles types .....	165
Tableau F.1 – Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée .....	167

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

#### **Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible**

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 62282-3-201 édition 2.1 contient la deuxième édition (2017-08) [documents 105/564/CDV et 105/623/RVC] et son amendement 1 (2022-02) [documents 105/839/CDV et 105/866/RVC].**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

IEC 62282-3-201:2017+AMD1:2022 CSV – 89 –  
© IEC 2022

La Norme internationale IEC 62282-3-201 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Cette deuxième édition constitue une révision technique.

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

- a) Révision des définitions
- b) Révision des symboles (Article 4, en conformité avec la série ISO/IEC 80000 et les Directives ISO/IEC Partie 2);
- c) Révision des Figures 2, 5 et 6;
- d) Révision du montage d'essai (Article 9);
- e) Révision des appareils de mesure (Article 10);
- f) Introduction de l'essai d'accélération (14.6);
- g) Introduction du rendement du cycle de fonctionnement assigné (14.11);
- h) Introduction de l'essai de compatibilité électromagnétique (CEM) (14.12);
- i) Révision de l'essai de gaz d'échappement (15.3);
- j) Introduction des durées types des cycles de fonctionnement (Annexe F).

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 la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai cohérentes et reproductibles pour les performances électriques, thermiques et environnementales des petits systèmes à piles à combustible stationnaires.

Le domaine d'application du présent document est limité aux petits systèmes à piles à combustible stationnaires (de puissance électrique de sortie inférieure à 10 kW) et fournit des méthodes d'essai détaillées conçues spécifiquement pour eux. Le présent document repose sur l'IEC 62282-3-200, qui donne une description globale des méthodes d'essai des performances communes à tous les types de piles à combustible.

Le présent document est destiné aux fabricants de petits systèmes à piles à combustible stationnaires et/ou aux fabricants qui évaluent les performances de leurs systèmes à des fins de certification.

Dans ce but, les utilisateurs du présent document peuvent choisir d'exécuter des éléments d'essai parmi ceux décrits dans le présent document. Le présent document n'est pas destiné à exclure les autres méthodes.

### INTRODUCTION à l'Amendement 1

Cet amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable des petits systèmes à piles à combustible stationnaires pour une durée de fonctionnement jusqu'à dix ans. En outre, le présent amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'évaluation du suivi de la demande d'électricité des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui fonctionnent à des niveaux variables de puissance de sortie. Cet amendement a été élaboré en tant que référence pour les calculs de l'analyse du cycle de vie de l'IEC TS 62282-9-101.

## TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

### Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai relatives aux performances électriques, thermiques et environnementales des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui satisfont aux critères suivants:

- sortie: la puissance électrique de sortie assignée est inférieure à 10 kW;
- mode de sortie: fonctionnement raccordé au réseau/indépendant ou fonctionnement autonome avec une sortie en courant alternatif monophasé ou une sortie en courant alternatif triphasé ne dépassant pas 1 000 V ou une sortie en courant continu ne dépassant pas 1 500 V;

NOTE La limite de 1 000 V pour le courant alternatif provient de la définition de la "basse tension" donnée dans l'IEC 60050-601:1985, 601-01-26.

- pression de fonctionnement: pression de fonctionnement admissible maximale inférieure à 0,1 MPa (G) pour les passages du combustible et de l'agent oxydant;
- combustible: combustible gazeux (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, propane, butane, hydrogène, etc.) ou combustible liquide (kérosène, méthanol, etc.);
- agent oxydant: air.

Le présent document décrit uniquement les essais de type et leurs méthodes d'essai. Aucun essai individuel de série n'est exigé ou identifié et aucune cible de performance n'est définie dans le présent document.

Le présent document traite des systèmes à piles à combustible dont le but principal est de produire du courant électrique et dont le but secondaire peut être d'utiliser de la chaleur. Par conséquent, les systèmes à piles à combustible dont le but principal est l'utilisation de la chaleur et dont le but secondaire est l'utilisation du courant électrique ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Tous les systèmes incluant des batteries intégrées sont couverts par le présent document. Celui-ci comprend les systèmes dans lesquels les piles sont rechargées de manière interne ou rechargées à partir d'une source externe.

Le présent document ne couvre pas les générateurs de chaleur auxiliaires supplémentaires produisant de l'énergie thermique.

#### 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).

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

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

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-6-1:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Normes d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 62282-3-200:2015, *Technologies des piles à combustible – Partie 3-200: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances*