

NORME 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**

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION.....	7
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions	9
4 Symboles	15
5 Configuration de petits systèmes à pile à combustible stationnaires	21
6 Conditions de référence.....	22
7 Base du pouvoir calorifique	22
8 Préparation aux essais	23
8.1 Généralités	23
8.2 Analyse d'incertitude.....	23
8.3 Plan d'acquisition des données.....	23
9 Montage d'essai	24
10 Appareils de mesure et méthodes de mesure	26
10.1 Généralités	26
10.2 Appareils de mesure	26
10.3 Points de mesure.....	27
10.4 Incertitude de mesure systématique minimale exigée.....	29
11 Conditions d'essai	30
11.1 Conditions de laboratoire	30
11.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système	30
11.3 Conditions de la source de courant.....	30
11.4 Combustible d'essai.....	30
12 Processus de fonctionnement.....	30
13 Plan d'essai.....	32
14 Essais de type sur les performances électriques et thermiques	33
14.1 Généralités	33
14.2 Essai de consommation de combustible.....	33
14.2.1 Essai de consommation de combustible gazeux	33
14.2.2 Essai de consommation de combustible liquide	36
14.3 Essai de puissance électrique de sortie	38
14.3.1 Généralités.....	38
14.3.2 Méthode d'essai	38
14.3.3 Calcul de la puissance électrique nette moyenne de sortie	39
14.4 Essai d'énergie thermique récupérée	39
14.4.1 Généralités.....	39
14.4.2 Méthode d'essai	39
14.4.3 Calcul de la puissance thermique récupérée moyenne.....	40
14.5 Essai de démarrage.....	41
14.5.1 Généralités.....	41
14.5.2 Détermination de l'état de charge nominal de la batterie.....	41
14.5.3 Méthode d'essai	42
14.5.4 Calcul des résultats	44
14.6 Essai d'accélération.....	46

14.6.1	Généralités	46
14.6.2	Méthode d'essai	46
14.6.3	Calcul des résultats	47
14.7	Essai d'état de stockage	48
14.7.1	Généralités	48
14.7.2	Méthode d'essai	48
14.7.3	Calcul de la puissance électrique moyenne en entrée à l'état de stockage	48
14.8	Essai de variation de puissance électrique de sortie	48
14.8.1	Généralités	48
14.8.2	Méthode d'essai	49
14.8.3	Calcul du taux de variation de puissance électrique de sortie	51
14.9	Essai d'arrêt	52
14.9.1	Généralités	52
14.9.2	Méthode d'essai	52
14.9.3	Calcul des résultats	53
14.10	Calcul du rendement	54
14.10.1	Généralités	54
14.10.2	Rendement électrique	54
14.10.3	Rendement de l'énergie thermique récupérable	55
14.10.4	Rendement énergétique global	55
14.11	Rendement du cycle de fonctionnement assigné	55
14.11.1	Généralités	55
14.11.2	Calcul de l'énergie de combustible d'entrée du cycle de fonctionnement	56
14.11.3	Calcul de l'énergie électrique nette de sortie du cycle de fonctionnement	57
14.11.4	Calcul du rendement électrique du cycle de fonctionnement	58
14.12	Essai de compatibilité électromagnétique (CEM)	58
14.12.1	Exigences générales	58
14.12.2	Essai d'immunité aux décharges électrostatiques	59
14.12.3	Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques	59
14.12.4	Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves	59
14.12.5	Essai d'immunité aux ondes de choc	59
14.12.6	Essai d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques	59
14.12.7	Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau	59
14.12.8	Essais d'immunité aux creux de tension et coupures de tension	59
14.12.9	Essai de mesure des perturbations (émissions) rayonnées	59
14.12.10	Essai de mesure des perturbations (émissions) conduites	60
14.12.11	Essai de mesure des émissions d'harmoniques de la ligne électrique	60
14.13	Estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement	60
14.13.1	Généralités	60
14.13.2	Méthode d'essai	62
14.13.3	Calcul du rendement électrique estimé	63
14.13.4	Calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable	64
14.14	Essai de suivi de la demande d'électricité	65
14.14.1	Généralités	65
14.14.2	Profil de demande électrique	65

14.14.3	Méthode d'essai	66
14.14.4	Calcul des résultats	66
14.14.5	Calcul des rendements	68
15	Essais de type sur les performances environnementales	68
15.1	Généralités	68
15.2	Essai de bruit.....	68
15.2.1	Généralités	68
15.2.2	Conditions d'essai	68
15.2.3	Méthode d'essai	69
15.2.4	Traitement des données	70
15.3	Essai de gaz d'échappement	70
15.3.1	Généralités	70
15.3.2	Composants à mesurer	70
15.3.3	Méthode d'essai	71
15.3.4	Traitement des données	73
15.4	Essai d'eau d'écoulement	85
15.4.1	Généralités	85
15.4.2	Méthode d'essai	85
16	Rapports d'essai.....	86
16.1	Généralités	86
16.2	Page de titre	86
16.3	Sommaire	86
16.4	Rapport résumé	87
Annexe A (normative)	Pouvoirs calorifiques des composants du gaz naturel.....	88
Annexe B (informative)	Exemples de compositions du gaz naturel et du propane.....	90
Annexe C (informative)	Exemple de programme d'essai de fonctionnement	92
Annexe D (informative)	Composants de gaz d'échappement types.....	94
Annexe E (informative)	Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet.....	95
E.1	Généralités	95
E.2	Rapport détaillé	95
E.3	Rapport complet	95
Annexe F (informative)	Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée.....	96
Bibliographie.....		97
Figure 1 – Schéma des symboles		19
Figure 2 – Configuration générale d'un petit système à pile à combustible stationnaire.....		22
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		25
Figure 4 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit uniquement l'électricité.....		26
Figure 5 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire sans batterie.....		31
Figure 6 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire avec batterie.....		32
Figure 7 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système sans batterie.....		42

Figure 8 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système avec batterie	43
Figure 9 – Exemple de systèmes d'alimentation en combustible liquide	44
Figure 10 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps d'accélération d'un système sans batterie	47
Figure 11 – Schéma de variation de puissance électrique de sortie d'un système sans batterie	50
Figure 12 – Schéma de variation de puissance électrique de sortie d'un système avec batterie	50
Figure 13 – Ligne directrice pour atteindre l'état d'équilibre	51
Figure 14 – Graphique de la puissance électrique	53
Figure 15 – Exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement	61
Figure 16 – Exemple de demande d'électricité pour une application résidentielle	65
Figure 17 – Points de mesure du bruit pour petits systèmes à piles à combustible stationnaires	69
Figure 18 – Exemple de collecteurs de gaz d'échappement de combustion et d'emplacements de collecte	72
 Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques et thermiques	 16
Tableau 2 – Symboles supplémentaires et leurs significations pour les performances environnementales	19
Tableau 3 – Compensation des lectures par rapport à l'effet du bruit de fond	69
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques des composants du gaz naturel à la température de référence (288,15 K), base molaire et base massique pour un gaz parfait	88
Tableau B.1 – Exemple de composition du gaz naturel (%)	90
Tableau B.2 – Exemple de composition du gaz propane (%)	91
Tableau C.1 – Exemple de programme d'essai de fonctionnement	92
Tableau D.1 – Composants de gaz d'échappement types prévus pour les combustibles types	94
Tableau F.1 – Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée	96

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 Électrotechnique 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

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

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2017 et son Amendement 1:2022. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) révision de l'Introduction,
- b) révision des termes et définitions,
- c) révision du Tableau 1,
- d) révision de la Figure 1, Figure 2, Figure 3 et Figure 4;
- e) révision des appareils de mesure (10.2),
- f) révision de l'incertitude de mesure systématique minimale exigée (10.4),
- g) révision des conditions d'essai (Article 11),
- h) révision du processus de fonctionnement (Article 12),
- i) révision de l'essai de consommation de combustible (14.2),
- j) révision de l'essai d'énergie thermique récupérée (14.4),
- k) révision de la Figure 13 et de la Figure 14,
- l) révision du calcul des résultats (14.14.4),
- m) révision de l'Annexe A et de l'Annexe B.

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

Projet	Rapport de vote
105/1114/FDIS	105/1128/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62282, publiée 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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, ce qui est typique pour les applications résidentielles, les petites applications commerciales et les applications hors réseau). Il fournit des méthodes d'essai détaillées conçues spécifiquement pour eux. Le présent document repose sur la dernière édition de 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 ou aux fabricants qui évaluent les performances de leurs systèmes à des fins de certification, ou aux deux.

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 ne prétend pas exclure d'autres méthodes.

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:

- puissance de 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 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 fournit des méthodes d'essai à appliquer dans des conditions de laboratoire.

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 batteries 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 sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 ≤ 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 aux fréquences 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 pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

IEC 61000-6-1:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-1: Normes génériques - Normes d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*