



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 4-102: Fuel cell power systems for industrial electric trucks – Performance
test methods**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 4-102: Systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention
électriques – Méthodes d’essai des performances**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-4125-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols	11
5 Reference conditions.....	13
6 Heating value base.....	13
7 Test preparation	14
7.1 General.....	14
7.2 Data acquisition plan	14
8 Test setup	14
9 Instruments and measurement methods	16
9.1 General.....	16
9.2 Measurement instruments.....	16
9.3 Measurement points.....	17
9.4 Minimum required measurement systematic uncertainty.....	18
10 Test conditions	18
10.1 Laboratory conditions.....	18
10.2 Installation and operating conditions of the system	18
10.3 Indication of battery condition	18
10.4 Quality of test fuel.....	18
10.4.1 Hydrogen.....	18
10.4.2 Methanol solution	19
11 Fuel consumption test.....	19
11.1 Hydrogen fuel consumption test.....	19
11.1.1 General	19
11.1.2 Test method	19
11.1.3 Calculation of results	19
11.2 Methanol fuel consumption test.....	21
11.2.1 General	21
11.2.2 Test method	21
11.2.3 Calculation of average methanol fuel power input	21
12 Electrical power output test.....	22
12.1 General.....	22
12.2 Test method.....	22
12.3 Calculation of average electrical power output	22
12.4 Computation of electrical efficiency.....	23
13 Type tests on operational performance	23
13.1 Cold start maximum power output test	23
13.1.1 General	23
13.1.2 Test method	23
13.1.3 Processing of data.....	23
13.2 Power cycling electrical load test	23
13.2.1 General	23

13.2.2	Test method	23
13.2.3	Processing of data	24
13.3	Accessory load voltage spike test	24
13.3.1	General	24
13.3.2	Test method	24
13.3.3	Data processing.....	24
14	Power stability under the operation.....	24
14.1	General.....	24
14.2	Power delivered	24
14.3	Power absorbed.....	25
15	Type tests on environmental performance	25
15.1	General.....	25
15.2	Noise test	25
15.2.1	General	25
15.2.2	Test conditions	26
15.2.3	Test method	27
15.2.4	Processing of data.....	27
15.3	Exhaust gas test	27
15.3.1	General	27
15.3.2	Components to be measured	27
15.3.3	Test method	28
15.3.4	Processing of data.....	28
15.4	Discharge water test.....	30
15.4.1	General	30
15.4.2	Test method	30
16	Test reports	30
16.1	General.....	30
16.2	Title page.....	31
16.3	Table of contents	31
16.4	Summary report	31
Annex A (informative) Heating values for hydrogen and methanol at reference conditions		32
Annex B (informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports		33
B.1	General.....	33
B.2	Detailed report	33
B.3	Full report	33
Bibliography.....		34
Figure 1 – Fuel cell power systems for industrial electric trucks		10
Figure 2 – Example of a test setup for hydrogen fuel		15
Figure 3 – Example of a test setup for methanol fuel.....		16
Figure 4 – Noise measurement points for fuel cell power systems.....		26
Table 1 – Symbols and their meanings for electric/thermal performance		12
Table 2 – Symbols and their meanings for environmental performance		13
Table 3 – Power delivered measurements.....		25
Table 4 – Power absorbed measurements		25

Table 5 – Compensation of readings against the effect of background noise.....	27
Table A.1 – Heating values for hydrogen and methanol at reference conditions	32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 4-102: Fuel cell power systems for industrial electric trucks – Performance test methods

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62282-4-102 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

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

FDIS	Report on voting
105/635/FDIS	105/642/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

This part of IEC 62282-4 provides consistent and repeatable test methods for the electric/thermal and environmental performance of fuel cell power systems for industrial electric trucks.

The IEC 62282-4 series deals with categories such as safety, performance, and interchangeability of fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units (APUs). Among the categories mentioned above, this document (IEC 62282-4-102) focuses on fuel cell power systems for industrial electric trucks because such an application is urgently demanded in the world.

This part of IEC 62282-4 describes type tests and their test methods only. No routine tests are required or identified, and no performance targets are set in this standard.

Fuel cells used in industrial electric trucks, such as forklift trucks, are hybrids and so operate in several different modes. Similarly, forklift trucks operate in different modes. The purpose of this document is to evaluate the fuel cell system in the various combinations of fuel cell modes and forklift truck modes. This document will break down these different modes and provide a framework for designing and evaluating a fuel cell system for use specifically in a forklift truck.

This part of IEC 62282-4 is to be used by manufacturers of fuel cell power systems used for industrial electric trucks and/or those who evaluate the performance of their systems for certification purposes.

Users of this document 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.

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 4-102: Fuel cell power systems for industrial electric trucks – Performance test methods

1 Scope

This document covers performance test methods of fuel cell power systems intended to be used for electrically powered industrial trucks.

The scope of this document is limited to electrically powered industrial trucks. Hybrid trucks that include an internal combustion engine are not included in the scope. The scope of this standard will be applicable to material-handling equipment, e.g. forklifts.

This document applies to gaseous hydrogen-fuelled fuel cell power systems and direct methanol fuel cell power systems for electrically powered industrial trucks.

The following fuels are considered within the scope of this standard:

- gaseous hydrogen, and
- methanol.

This document does not apply to reformer-equipped fuel cell power systems.

This document covers fuel cell power systems whose fuel source container is permanently attached to either the industrial truck or the fuel cell power system. A fuel source container of the detachable type is not permitted.

This document applies to DC type fuel cell power systems, with a rated output voltage not exceeding 150 V DC for indoor and outdoor use.

Fuel cell power systems intended for operation in potentially explosive atmospheres are excluded from the scope of this document.

This document does not cover the fuel storage systems using liquid hydrogen.

All systems with integrated energy storage systems are covered by this document. This includes systems, for example, batteries for internal recharges or recharged from an external source.

2 Normative references

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

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

IEC 62282-3-201, *Fuel cell technologies – Part 3-201: Small stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems*

IEC 62282-6-300, *Fuel cell technologies – Part 6-300: Micro fuel cell power systems – Fuel cartridge interchangeability*

ISO 9000, *Quality management series of standards*

ISO 14687-2, *Hydrogen fuel – Product Specification – Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
INTRODUCTION.....	41
1 Domaine d'application	42
2 Références normatives	42
3 Termes et définitions	43
4 Symboles	46
5 Conditions de référence.....	48
6 Base du pouvoir calorifique	48
7 Préparation aux essais	49
7.1 Généralités	49
7.2 Plan d'acquisition des données	49
8 Montage d'essai	49
9 Appareils de mesure et méthodes de mesure	51
9.1 Généralités	51
9.2 Appareils de mesure	51
9.3 Points de mesure	52
9.4 Incertitudes de mesure systématiques minimales exigées.....	53
10 Conditions d'essai	53
10.1 Conditions de laboratoire	53
10.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système.....	53
10.3 Indication de l'état des batteries	53
10.4 Qualité du combustible d'essai.....	54
10.4.1 Hydrogène.....	54
10.4.2 Solution de méthanol	54
11 Essai de consommation de combustible	54
11.1 Essai de consommation du combustible hydrogène	54
11.1.1 Généralités.....	54
11.1.2 Méthode d'essai	54
11.1.3 Calcul des résultats	54
11.2 Essai de consommation du combustible méthanol.....	56
11.2.1 Généralités.....	56
11.2.2 Méthode d'essai	56
11.2.3 Calcul de la puissance moyenne du combustible méthanol en entrée	57
12 Essai de puissance électrique de sortie	57
12.1 Généralités	57
12.2 Méthode d'essai.....	58
12.3 Calcul de la puissance électrique moyenne de sortie	58
12.4 Calcul du rendement électrique.....	58
13 Essais de type sur les performances opérationnelles.....	58
13.1 Essai de puissance de sortie maximale au démarrage à froid	58
13.1.1 Généralités.....	58
13.1.2 Méthode d'essai	59
13.1.3 Traitement des données	59
13.2 Essai de cycle de charge électrique d'alimentation	59

13.2.1	Généralités	59
13.2.2	Méthode d'essai	59
13.2.3	Traitement des données	59
13.3	Essai de pointe de tension des charges accessoires	59
13.3.1	Généralités	59
13.3.2	Méthode d'essai	59
13.3.3	Traitement des données	60
14	Stabilité de puissance pendant le fonctionnement.....	60
14.1	Généralités	60
14.2	Puissance délivrée.....	60
14.3	Puissance absorbée.....	61
15	Essais de type sur les performances environnementales	61
15.1	Généralités	61
15.2	Essai de bruit.....	61
15.2.1	Généralités	61
15.2.2	Conditions d'essai	61
15.2.3	Méthode d'essai	62
15.2.4	Traitement des données	63
15.3	Essai de gaz d'échappement	63
15.3.1	Généralités	63
15.3.2	Composants à mesurer.....	63
15.3.3	Méthode d'essai	63
15.3.4	Traitement des données	64
15.4	Essai d'eau d'écoulement	66
15.4.1	Généralités	66
15.4.2	Méthode d'essai	66
16	Rapports d'essai.....	67
16.1	Généralités	67
16.2	Page de titre	67
16.3	Sommaire	67
16.4	Rapport résumé	67
Annexe A (informative) Pouvoirs calorifiques de l'hydrogène et du méthanol aux conditions de référence.....		68
Annexe B (informative) Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet.....		69
B.1	Généralités	69
B.2	Rapport détaillé	69
B.3	Rapport complet	69
Bibliographie.....		70
Figure 1 – Systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques		45
Figure 2 – Exemple de montage d'essai pour combustible hydrogène.....		50
Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour combustible méthanol.....		51
Figure 4 – Points de mesure du bruit pour systèmes à piles à combustible		62
Tableau 1 – Symboles et signification correspondante pour les performances électriques/thermiques.....		47

Tableau 2 – Symboles et signification correspondante pour les performances environnementales.....	48
Tableau 3 – Mesurages de la puissance délivrée	60
Tableau 4 – Mesurages de la puissance absorbée.....	61
Tableau 5 – Correction des valeurs lues par rapport à l’effet du bruit de fond	62
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques de l’hydrogène et du méthanol aux conditions de référence	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 4-102: Systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques – Méthodes d'essai des performances

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62282-4-102 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
105/635/FDIS	105/642/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 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 cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62282-4 fournit des méthodes d'essai cohérentes et reproductibles pour les performances électriques/thermiques et environnementales des systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques.

La série IEC 62282-4 traite d'aspects tels que la sécurité, les performances et l'interchangeabilité des systèmes à piles à combustible utilisés pour la propulsion autres que les véhicules routiers et les groupes auxiliaires de puissance (GAP). Parmi les catégories mentionnées ci-dessus, le présent document (IEC 62282-4-102) porte sur les systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques car de telles applications font l'objet d'une très forte demande au niveau mondial.

La présente partie de l'IEC 62282-4 ne décrit que les essais de type et leurs méthodes d'essai. Elle ne spécifie aucune exigence pour les essais individuels de série et n'établit aucun objectif de performance.

Les piles à combustible utilisées sur les chariots de manutention électriques tels que les chariots élévateurs à fourche sont hybrides et fonctionnent par conséquent dans plusieurs modes différents. De même, les chariots élévateurs à fourche fonctionnent dans plusieurs modes différents. Le présent document a pour objet d'évaluer le système à piles à combustible dans les différentes combinaisons de modes de fonctionnement des piles à combustible et des chariots élévateurs à fourche. Le présent document décompose ces différents modes et propose un cadre de conception et d'évaluation d'un système à piles à combustible destiné spécifiquement aux chariots élévateurs à fourche.

La présente partie de l'IEC 62282-4 doit être utilisée par les fabricants de systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques et/ou par les responsables chargés de l'évaluation des performances de leurs systèmes à des fins de certification.

Les utilisateurs du présent document exécutent de manière sélective, parmi les éléments d'essai décrits dans le présent document, ceux qui sont adaptés à leurs objectifs. Le présent document n'a pas pour objet d'exclure toute autre méthode d'essai.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 4-102: Systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques – Méthodes d'essai des performances

1 Domaine d'application

Le présent document concerne les méthodes d'essai des performances des systèmes à piles à combustible destinés à être utilisés sur des chariots de manutention électriques.

Le domaine d'application du présent document se limite aux chariots de manutention électriques. Les chariots hybrides qui comportent un moteur à combustion interne ne relèvent pas du domaine d'application. Le domaine d'application de la présente norme couvre les matériels de manutention, par exemple les chariots élévateurs à fourche.

Le présent document s'applique aux systèmes à piles à combustible utilisant de l'hydrogène gazeux et à ceux utilisant du méthanol direct pour les chariots de manutention électriques. Les combustibles suivants relèvent du domaine d'application de la présente norme:

- hydrogène gazeux, et
- méthanol

Le présent document ne s'applique pas aux systèmes à piles à combustible équipés de reformeurs.

Le présent document concerne les systèmes à piles à combustible dont le conteneur de source de combustible est fixé à demeure, soit au chariot de manutention, soit au système à piles à combustible. Un conteneur de source de combustible de type amovible n'est pas autorisé.

Le présent document s'applique aux systèmes à piles à combustible de type à courant continu, d'une tension de sortie assignée maximale de 150 V en courant continu pour utilisation à l'intérieur et à l'extérieur.

Les systèmes à piles à combustible prévus pour être utilisés dans des atmosphères explosibles sont exclus du domaine d'application du présent document.

Le présent document ne concerne pas les systèmes de stockage de combustible utilisant de l'hydrogène liquide.

Le présent document s'applique à tous les systèmes équipés de systèmes de stockage d'énergie intégrés. Ces derniers comprennent des systèmes, par exemple des batteries pour recharge interne ou rechargés par une source externe.

2 Références normatives

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

IEC 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

IEC 62282-3-201, *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*

IEC 62282-6-300, *Technologies des piles à combustible – Partie 6-300: Systèmes à micro-piles à combustible – Interchangeabilité de la cartouche de combustible*

ISO 9000, *Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire*

ISO 14687-2, *Carburant hydrogène – Spécification de produit – Partie 2: applications des piles à combustible à membrane d'échange de protons (MEP) pour les véhicules routiers*