

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 6-107: Micro fuel cell power systems – Safety – Indirect water-reactive
(Division 4.3) compounds**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 6-107: Systèmes à micropiles à combustible – Sécurité – Composés
hydroréactifs indirects (Division 4.3)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 6-107: Micro fuel cell power systems – Safety – Indirect water-reactive
(Division 4.3) compounds**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 6-107: Systèmes à micropiles à combustible – Sécurité – Composés
hydroréactifs indirects (Division 4.3)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-8462-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Safety principles	6
5 General safety requirements.....	6
5.1 General.....	6
5.2 Chemical safety requirements	6
5.3 Material requirements	7
5.4 Mechanical design requirements	7
5.4.1 General	7
5.4.2 Micro fuel cell power system	8
5.4.3 Fuel cartridge	8
5.4.4 Fuel valves and connections.....	8
5.5 Electrical requirements	8
5.6 Hazard analysis and risk assessment.....	8
5.7 Functional safety requirements	8
5.8 Small parts	8
6 Abnormal operating and fault conditions testing and requirements.....	8
7 Instructions and warnings for micro fuel cell power systems and fuel cartridges	8
8 Type tests for micro fuel cell power systems and fuel cartridges	9
8.1 General.....	9
8.2 General leakage and gas loss measurement protocols.....	9
8.2.1 General protocols	9
8.2.2 Tests	9
8.3 Type tests.....	10
8.3.1 Pressure differential tests	10
8.3.2 Vibration test	10
8.3.3 Temperature cycling test	10
8.3.4 High-temperature exposure test.....	10
8.3.5 Drop test	11
8.3.6 Compressive loading test.....	11
8.3.7 External short-circuit test.....	11
8.3.8 Surface, component and exhaust gas temperature test.....	11
8.3.9 Long-term storage test.....	11
8.3.10 High-temperature connection test	11
8.3.11 Connection cycling tests	11
8.3.12 Gas loss tests.....	12
Bibliography.....	13
Table 1 – Emission and gas loss limits.....	7

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

**Part 6-107: Micro fuel cell power systems – Safety –
Indirect water-reactive (Division 4.3) compounds**

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62282-6-107 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

This first edition, together with the other parts of the IEC 62282-6-1XX series, cancels and replaces IEC 62282-6-100:2010 and IEC 62282-6-100:2010/AMD1:2012.

This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 62282-6-100:2010 and IEC 62282-6-100:2010/AMD1:2012:

- a) A new structure has been set up: IEC 62282-6-101 covers the general safety requirements common to all fuel types whereas IEC 62282-6-102 and subsequent parts of the IEC 62282-6-1XX series cover particular requirements for individual fuel types.

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

Draft	Report on voting
105/1018/FDIS	105/1033/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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.

This document is to be used in conjunction with IEC 62282-6-101:2024 and is not to be used as a stand-alone document. This document provides additional requirements specific to water-reactive fuel formulations, which apply in addition to the general requirements specified in IEC 62282-6-101:2024. The (sub)clause numbers in this document are aligned with those of IEC 62282-6-101:2024 and are intended to provide additional information and refined requirements, as appropriate.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

NOTE The attention of National Committees is drawn to the fact that equipment manufacturers and testing organizations may need a transitional period following publication of a new, amended or revised IEC publication in which to make products in accordance with the new requirements and to equip themselves for conducting new or revised tests.

It is the recommendation of the committee that the content of this publication be adopted for implementation nationally not earlier than 12 months from the date of publication.

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 6-107: Micro fuel cell power systems – Safety – Indirect water-reactive (Division 4.3) compounds

1 Scope

This part of IEC 62282 covers micro fuel cell power systems, micro fuel cell power units and fuel cartridges using hydrogen produced from water-reactive (UN Division 4.3) compounds as fuel. These systems and units use proton exchange membrane (PEM) fuel cell technologies. The designs can include fuel processing subsystems to derive hydrogen gas from the water-reactive fuel formulation.

This document only applies to water-reactive (UN Division 4.3) solid compounds which solely evolve hydrogen gas upon contact with water (or non-hazardous aqueous solutions). This document does not apply to compounds with a subsidiary hazard risk, or which are not permitted to be transported by air according to the International Civil Aviation Organization (ICAO) Technical Instructions.

IEC 62282-6-101:2024, Figure 1 is applicable.

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 62282-6-101:2024, *Fuel cell technologies – Part 6-101: Micro fuel cell power systems – Safety – General requirements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62282-6-101 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1

fuel

water-reactive (UN Division 4.3) solid formulation of compounds comprising constituents selected from the following groups used as fuel for an indirect PEM micro fuel cell power system: (water reactive) mixtures, metals, alloys, compounds or chemical hydrides of the following materials: sodium, calcium, magnesium, borohydride compounds, silicon, silicon dioxide, iron, nickel, cobalt, aluminium

Note 1 to entry: The formulation may contain a non-hazardous activator to facilitate the production of hydrogen, or a stabilizer to modulate or inhibit the production of hydrogen or both.

3.2

borohydride compound

sodium or potassium borohydride, or a mixture thereof

3.3

liquid fuel component

Class 8 (corrosive), or non-hazardous, aqueous solutions, which may contain activators, inhibitors, or freezing point suppressors

Note 1 to entry: Liquid fuel components are used to react with the water-reactive fuel to produce hydrogen.

3.4

activator

substance that facilitates the production of hydrogen from fuel, such as a catalyst

3.5

stabilizer

substance that modulates or inhibits the production of hydrogen from fuel

4 Safety principles

The safety principles included in IEC 62282-6-101:2024, Clause 4 apply in their entirety to technologies included in this document.

5 General safety requirements

5.1 General

The general safety requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.1 shall apply as written with the following addition.

NOTE The limited quantity exception for cargo transport of fuel cell cartridges containing water-reactive fuel is 500 g of solid fuel according to the UN Model Regulations. For passenger carriage in the aircraft cabin or in checked baggage the maximum quantity of water-reactive fuel permitted inside the cartridge is 200 g of solid fuel according to the 2013 edition of the ICAO Technical Instructions.

5.2 Chemical safety requirements

Consistent with IEC 62282-6-101:2024, Table 4, the following limits given in Table 1 shall apply for the emission and gas loss measurements for micro fuel cell power systems and fuel cartridges tested in accordance with this document.

Table 1 – Emission and gas loss limits

Constituent	Concentration limit ^a (Operating devices)	Gas loss rate limit ^b (Operating devices)	Gas loss rate limit ^c (Non-operating devices)
Non-hazardous aqueous solutions	Unlimited for pH between 3,5 and 10,5	Unlimited for pH between 3,5 and 10,5	Unlimited for pH between 3,5 and 10,5
Hydrogen	0,8 g/m ³	0,8 g/h total 0,016 g/h from single point leak ^d	0,003 2 g/h total (impermissible H ₂ gas loss)
Formaldehyde ^e ^g	0,000 1 g/m ³	0,000 6 g/h	0,000 6 g/h
CO ^g	0,029 g/m ³	0,290 g/h	0,290 g/h
CO ₂ ^g	9 g/m ³	60 g/h ^f	60 g/h ^f
Methyl formate ^g	0,245 g/m ³	2,45 g/h	0,4 g/h

^a The concentration limit for chemical compounds of interest shall be based on internationally recommended values. All toxicity based limits listed in this Table 1 are based on long-term, time-averaged limits, for instance TWA for ICSC's occupational limit. The gas loss rate limit shall be obtained using similar computation as used in this Table 1 to ensure that overall gas loss rates do not exceed time-averaged limits for the constituent of interest. For such constituents, short-term increases in gas loss rate may be permissible, provided that the transient rate does not exceed the short-term exposure limit (STEL) for that constituent and the overall gas loss rate does not exceed the time-averaged rate specified in this Table 1.

^b The "operating" emission rate limit was based on 10 m³ ACH, selected as the product of the reference volume times the air changes per hour (ACH) because it covers the reasonably foreseeable environments where micro fuel cell power systems will be used. The interior space in a small car and the minimum volume per person on a commercial aircraft is at 1 m³. The minimum ACH used on a passenger aircraft is 10 and the lowest ventilation setting in cars is 10 ACH. Homes and offices may have ACH levels as low as 0,5 but the per-person volume is over 20 m³, so a product of 10 is conservative.

^c The non-operating limits have been chosen based on a scenario of devices in an enclosed space with no ventilation. The space chosen has a volume of 0,28 m³, or approximately 10 cubic feet. The criterion has been specified so that a concentration of greater than 25 % of the lower flammability limit (LFL) is not permitted to develop over a twenty-four hour (24 h) period, if three devices are in the enclosed space. For example, this criterion is applied for the determination of a maximum gas-loss rate based on the emission of flammable constituents from non-operating micro fuel cell power systems. Note that the control volume for non-operating systems should not be applied using toxicity limits, as the core principle of this enclosed space is that of a storage space, not one that a person can spend time in. For the determination of non-operating limits for constituents with both flammable and toxic properties, the lower of the flammability based limit for the "non-operating" control volume and the toxicity based limit for the "operating" control volume shall apply.

^d 0,016 g/h reflects an emission rate lower than the limit reported by Swain, et al, (Proceedings of the 2001 DOE Program Review; NREL/CP-570-30535; M.R. Swain and M.N. Swain, Codes and Standards Analysis, 2001 (USA); available at: <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/30535bc.pdf>) wherein "no hole was able to support a hydrogen flame at less than 3.5 cc/min." (3.5 cc/min ≈ 0,018 g/h). This value was chosen in conformance with the guidelines in IEC 62282-6-101:2024, Table 3.

^e The WHO guideline limit is 0,000 1 g/m³. Background levels are 0,000 03 g/m³. The emission limit cannot push the background level above the guideline limit.

^f A seated human adult has a CO₂ emission rate of 30 g/h. The fuel cell plus human adult emission rates are limited such that the CO₂ concentration does not reach the WHO eight-hour concentration limit of 9 g/m³. In an environment with 10 m³ ACH, this limits the contribution from the fuel cell to 60 g/h.

^g Testing for the presence of these constituents may be omitted for micro fuel cell power systems and fuel cartridges that do not contain, or have the potential to evolve, carbon-based compounds. In such cases, the rationale for such omission shall be documented in the hazard analysis and risk assessment.

5.3 Material requirements

The requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.3 shall apply as written.

5.4 Mechanical design requirements

5.4.1 General

The requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.4.1 shall apply as written.

5.4.2 Micro fuel cell power system

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.4.2.1 and 5.4.2.2 shall apply as written.

5.4.3 Fuel cartridge

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.4.3 shall apply as written with the following additions.

In addition, the following fuel specific requirements shall apply:

- In cases where materials (either solid or liquid) are present and are incompatible with either the water-reactive fuel or liquid fuel component, the design of the fuel cartridge and micro fuel cell power system shall provide a means for preventing inadvertent or uncontrolled mixing of these materials.
- Two independent means for preventing inadvertent or uncontrolled mixing of these materials shall be provided during transportation and storage prior to use. Illustrative examples of these means include but are not limited to: positive activation by the control system; physical removal of an impermeable barrier preventing contact; opening of a normally closed manually controlled valve preventing contact. At least one of these means for preventing uncontrolled mixing shall require the user to take positive action to remove or deactivate it prior to use.
- At least one means for preventing uncontrolled mixing of these materials shall be provided during use and storage after use. This means may include active control by system electronics, subject to the required hazard analysis and risk assessment.

5.4.4 Fuel valves and connections

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.4.4.1 and 5.4.4.2 shall apply as written.

5.5 Electrical requirements

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.5 shall apply as written.

5.6 Hazard analysis and risk assessment

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.6 shall apply as written.

5.7 Functional safety requirements

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.7 shall apply as written.

5.8 Small parts

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 5.8 shall apply as written.

6 Abnormal operating and fault conditions testing and requirements

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, Clause 6 shall apply as written.

7 Instructions and warnings for micro fuel cell power systems and fuel cartridges

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, Clause 7 shall apply as written with the following addition.

In addition, both fuel cartridges and micro fuel cell power systems shall also include the following marking:

"MAY CONTAIN FLAMMABLE GAS."

8 Type tests for micro fuel cell power systems and fuel cartridges

8.1 General

The general requirements of IEC 62282-6-101:2024, 8.1 shall apply as written.

8.2 General leakage and gas loss measurement protocols

8.2.1 General protocols

The general requirements and principles of IEC 62282-6-101:2024, 8.2 shall be applied as appropriate for each of the type tests required in IEC 62282-6-101:2024, 8.3.1 through 8.3.8 with the following addition.

For fuel cartridges and micro fuel cell power systems tested in accordance with this document, in general, concentration-based measurements are recommended over mass-based measurements. It is possible that mass-based measurements will not be appropriate for fuel cartridges containing water-reactive fuel, as leakage can be indicated by an increase in overall mass (e.g. absorption of water) rather than mass loss. If mass-based measurements are utilized for any type test, the test method shall be verified and validated prior to use for assessing compliance.

8.2.2 Tests

8.2.2.1 General

Following each type test, all test samples shall be checked for leakage and gas loss in accordance with the following procedures.

8.2.2.2 Leakage and gas loss test procedures for fuel cartridges

- 1) Perform a visual inspection of all possible leak locations for leakage as follows:

The method for the detection of accessible hazardous liquids given in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.8 or an equivalent method, shall be used to detect any hazardous liquid leakage.

- 2) Perform a water immersion test following each type test using the protocol described in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.6, or an equivalent method to check for leakage.
- 3) Check for hydrogen gas loss using a liquid leak detector on possible leak locations of fuel cartridges using the protocol described in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.5, or an equivalent method. For fuel cartridges, the check for hydrogen gas loss may be performed simultaneously with the check for leakage in Step 2).

If the fuel cartridge is of the type that is refillable by the manufacturer (automated or by trained technicians), it shall be filled to its rated capacity prior to testing. If the fuel cartridge is not refillable, it shall be tested in the condition in which it completed the type test in question. The fuel cartridge shall be tested for leaks at laboratory temperature. There shall be no leakage or gas loss from any point on the fuel cartridge.

8.2.2.3 Leakage and gas loss test procedures for micro fuel cell power systems

- 1) Perform a visual inspection of all possible leak locations for leakage as follows:

The method for the detection of accessible hazardous liquids given in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.8 or an equivalent method, shall be used to detect any hazardous liquid leakage.

- 2) If the micro fuel cell power system includes a fuel management system or an internal reservoir that contains hydrogen gas above ambient pressure, or both, a check for hydrogen gas loss shall be done following each type test using a liquid leak detector (bubble forming) solution as described in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.5 or other equivalent means on all possible leak locations of the fuel management system or internal reservoir, as appropriate. The fuel management system and internal reservoir shall be tested for leaks at laboratory temperature. There shall be no gas loss from any point on the fuel management system or the internal reservoir. If checking for gas loss from the fuel management system or an internal reservoir, or both, requires the disassembly of the micro fuel cell power system, this check may be performed following all other gas loss testing.
- 3) Perform gas loss testing in accordance with the protocol for performing concentration based measurements in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.3 with the micro fuel cell power system turned off ("DEVICE – OFF") to check for hydrogen gas loss. Hydrogen gas loss shall be less than the gas loss rate limit for non-operating devices specified in 5.2 of this document ($< 0,003\ 2\ \text{g/h}$). If transient gas loss rates greater than $0,016\ \text{g/h}$ are observed during hydrogen gas loss testing, hydrogen point-source gas loss detection testing in accordance with IEC 62282-6-101:2024, 8.2.4, or an equivalent test for ensuring compliance with the safety principles expressed in IEC 62282-6-101:2024, 4.2, shall be performed.
- 4) Turn on the micro fuel cell power system and run for $10\ \text{min} \pm 30\ \text{s}$. Check whether fire or explosion occurs.
- 5) Perform gas loss testing in accordance with the protocol for performing concentration based measurements in IEC 62282-6-101:2024, 8.2.3 to check for hydrogen gas loss, with the micro fuel cell power system turned on ("DEVICE – ON"), regardless of whether or not the micro fuel cell power system is operational. Hydrogen gas loss shall be less than the applicable gas loss rate limits specified in 5.2 of this document. If the device is not operational, the gas loss rate limit for non-operating devices shall be met. If transient gas loss rates greater than $0,016\ \text{g/h}$ are observed during hydrogen gas loss testing, hydrogen point-source gas loss detection testing in accordance with IEC 62282-6-101:2024, 8.2.4, or an equivalent test for ensuring compliance with the safety principles expressed in IEC 62282-6-101:2024, 4.2, shall be performed.

8.3 Type tests

8.3.1 Pressure differential tests

The pressure differential tests of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.1 shall be performed as written with the following addition.

Division 4.3 water-reactive fuels will chemically react with water; therefore, water or water-containing substances should not be used as the fluid test medium. Division 4.3 water-reactive fuels have the potential to react with substances other than water, therefore, the chemical reactivity and stability of the particular Division 4.3 water-reactive fuel being tested should be used to guide the selection of a suitable liquid test medium for purposes of the fuel cartridge internal pressurization test specified in IEC 62282-6-101:2024, 8.3.1.2.

8.3.2 Vibration test

The vibration test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.2 shall be performed as written.

8.3.3 Temperature cycling test

The temperature cycling test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.3 shall be performed as written.

8.3.4 High-temperature exposure test

The high-temperature exposure test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.4 shall be performed as written.

8.3.5 Drop test

The drop test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.5 shall be performed as written.

8.3.6 Compressive loading test

The compressive loading test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.6 shall be performed as written.

8.3.7 External short-circuit test

The external short-circuit test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.7 shall be performed as written.

8.3.8 Surface, component and exhaust gas temperature test

The surface, component and exhaust gas temperature test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.8 shall be performed as written.

8.3.9 Long-term storage test

The long-term storage test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.9 shall be performed as written.

8.3.10 High-temperature connection test

The high-temperature connection test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.10 shall be performed as written.

8.3.11 Connection cycling tests

The connection cycling tests of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.11 shall be performed as written.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-6-107:2024

8.3.12 Gas loss tests

8.3.12.1 General gas loss test

The general gas loss test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.12.1 shall be performed as written to check for gas loss from operating systems for the constituents listed in 5.2 of this document with the following passing criteria:

a) Passing criteria:

During gas loss testing, hydrogen gas loss shall be less than the applicable gas loss rate limits specified in 5.2 of this document. If the device is not operational, the gas loss rate limit for non-operating devices shall be met. If transient gas loss rates greater than 0,016 g/h are observed during hydrogen gas loss testing, hydrogen point-source gas loss detection testing in accordance with IEC 62282-6-101:2024, 8.2.4, or an equivalent test for ensuring compliance with the safety principles expressed in IEC 62282-6-101:2024, 4.2, shall be performed.

Gas loss rates from all other measured constituents shall not exceed the gas loss rate limits as specified in 5.2 of this document, or shall meet an equivalent level of safety to the principles expressed in IEC 62282-6-101:2024, 4.2.

8.3.12.2 Gas loss test for devices to be used in close proximity to consumer's mouth or nose

The gas loss test of IEC 62282-6-101:2024, 8.3.12.2 shall be performed only if the hazard analysis and risk assessment indicates that constituents with toxicity hazards can be emitted from the micro fuel cell power system during operation and the device is intended to be used in close proximity to a consumer's mouth or nose. This test is only required for micro fuel cell power systems that are intended to be used in close proximity (10 cm or less) to a consumer's mouth or nose. In such cases, the gas loss test shall be performed as written.

Bibliography

The bibliographical references listed in the Bibliography of IEC 62282-6-101 apply.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-6-107:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Principes de sécurité	18
5 Exigences générales de sécurité	18
5.1 Généralités	18
5.2 Exigences de sécurité chimique	18
5.3 Exigences relatives aux matières et matériaux	20
5.4 Exigences de conception mécanique	20
5.4.1 Généralités	20
5.4.2 Système à micro pile à combustible	20
5.4.3 Cartouche de combustible	20
5.4.4 Vannes de combustible et connexions	20
5.5 Exigences électriques	20
5.6 Analyse des dangers et évaluation des risques	20
5.7 Exigences de sécurité fonctionnelle	20
5.8 Petites pièces	20
6 Essais et exigences des conditions anormales de fonctionnement et de défaut	21
7 Instructions et avertissements pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible	21
8 Essais de type pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible	21
8.1 Généralités	21
8.2 Protocoles généraux de mesurage des fuites et des pertes de gaz	21
8.2.1 Protocoles généraux	21
8.2.2 Essais	21
8.3 Essais de type	23
8.3.1 Essais de pression différentielle	23
8.3.2 Essai de vibrations	23
8.3.3 Essai de cycles de températures	23
8.3.4 Essai d'exposition à température élevée	23
8.3.5 Essai de chute	23
8.3.6 Essai de charge de compression	23
8.3.7 Essai de court-circuit externe	23
8.3.8 Essai de température de surface, de composant et de gaz d'échappement	23
8.3.9 Essai de stockage de longue durée	24
8.3.10 Essai de connexion à température élevée	24
8.3.11 Essais de cycles de connexion	24
8.3.12 Essais de perte de gaz	24
Bibliographie	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

**Partie 6-107: Systèmes à micropiles à combustible – Sécurité –
Composés hydroréactifs indirects (Division 4.3)**

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'a 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 tout ou partie de tels droits de propriété.

L'IEC 62282-6-107 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible. Il s'agit d'une Norme internationale.

La présente première édition, avec les autres parties de la série IEC 62282-6-1XX, annule et remplace l'IEC 62282-6-100:2010 et l'IEC 62282-6-100:2010/AMD1:2012.

Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 62282-6-100:2010 et l'IEC 62282-6-100:2010/AMD1:2012:

- a) une nouvelle structure a été mise en place: l'IEC 62282-6-101 couvre les exigences générales de sécurité communes à tous les types de combustibles alors que l'IEC 6228-6-102 et les autres parties de la série IEC 62282-6-1XX couvrent des exigences particulières pour les types individuels de combustibles.

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

Projet	Rapport de vote
105/1018/FDIS	105/1033/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.

Le présent 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, publiées sous le titre général *Technologies des piles à combustible*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le présent document doit être utilisé conjointement avec l'IEC 62282-6-101:2024 et n'est pas utilisé comme un document autonome. Le présent document donne des exigences supplémentaires spécifiques aux formulations hydroréactives de combustibles qui s'appliquent en plus des exigences générales spécifiées dans l'IEC 62282-6-101:2024. Les numéros des Articles et des paragraphes du présent document sont alignés sur ceux de l'IEC 62282-6-101:2024 et sont destinés à fournir des informations supplémentaires et des exigences affinées, le cas échéant.

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.

NOTE L'attention des Comités nationaux est attirée sur le fait que les fabricants d'appareils et les organismes d'essai peuvent avoir besoin d'une période transitoire après la publication d'une nouvelle publication IEC, ou d'une publication amendée ou révisée, pour fabriquer des produits conformes aux nouvelles exigences et pour adapter leurs équipements aux nouveaux essais ou aux essais révisés.

Le comité recommande que le contenu de cette publication soit adopté pour application nationale (obligatoire) au plus tôt 12 mois après la date de publication.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 6-107: Systèmes à micropiles à combustible – Sécurité – Composés hydroréactifs indirects (Division 4.3)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 traite des systèmes à micropiles à combustible, des unités d'alimentation électrique des micropiles à combustible et des cartouches de combustible qui utilisent comme combustible l'hydrogène produit à partir de composés hydroréactifs (division 4.3 des Nations Unies). Ces systèmes et unités d'alimentation utilisent des technologies de piles à combustible à membrane à échange de protons (PEM, Proton Exchange Membrane). Les conceptions peuvent inclure des sous-systèmes de traitement de combustibles pour obtenir un gaz hydrogène à partir de la formulation hydroréactive d'un combustible.

Le présent document ne s'applique qu'aux composés solides hydroréactifs (division 4.3 des Nations Unies) qui dégagent uniquement du gaz hydrogène au contact de l'eau (ou de solutions aqueuses non dangereuses). Le présent document ne s'applique pas aux composés présentant un risque de danger subsidiaire ou dont le transport aérien n'est pas autorisé conformément aux Instructions techniques de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

L'IEC 62282-6-101:2024, Figure 1 s'applique.

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).

IEC 62282-6-101:2024, *Technologies des piles à combustible – Partie 6-101: Systèmes à micropiles à combustible – Sécurité – Exigences générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 62282-6-101, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

combustible

formulation solide hydroréactive (division 4.3 des Nations Unies) de composés comprenant des constituants choisis dans les groupes suivants, utilisée comme combustible pour un système à micropile à combustible indirect de type PEM: mélanges, métaux, alliages, composés ou hydrures chimiques (hydroréactifs) des matières et matériaux suivants: sodium, calcium, magnésium, composés à borohydrure, silicium, dioxyde de silicium, fer, nickel, cobalt, aluminium

Note 1 à l'article: La formulation peut contenir un activateur non dangereux pour faciliter la production d'hydrogène, et/ou un stabilisateur pour moduler ou inhiber la production d'hydrogène.

3.2

composé à borohydrure

borohydrure de sodium ou de potassium, ou mélange des deux

3.3

composant de combustible liquide

solutions aqueuses de classe 8 (corrosives), ou non dangereuses, qui peuvent contenir des activateurs, des inhibiteurs ou des supprimeurs de point de congélation

Note 1 à l'article: Les composants de combustible liquide sont utilisés pour réagir avec le combustible hydroréactif pour produire de l'hydrogène.

3.4

activateur

substance, telle qu'un catalyseur, qui facilite la production d'hydrogène à partir d'un combustible

3.5

stabilisateur

substance qui module ou inhibe la production d'hydrogène à partir d'un combustible

4 Principes de sécurité

Les principes de sécurité inclus dans l'IEC 62282-6-101:2024, Article 4 s'appliquent dans leur intégralité aux technologies traitées dans le présent document.

5 Exigences générales de sécurité

5.1 Généralités

Les exigences générales de sécurité de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.1 doivent s'appliquer comme indiqué avec l'ajout suivant.

NOTE L'exception de quantité limitée pour le transport par cargo de cartouches de piles à combustible contenant du combustible hydroréactif est de 500 g de combustible solide conformément au Règlement type des Nations Unies. Pour le transport par un passager dans la cabine d'un aéronef ou dans un bagage contrôlé, la quantité maximale de combustible hydroréactif admise à l'intérieur de la cartouche est de 200 g de combustible solide conformément à l'édition 2013 des Instructions techniques de l'OACI.

5.2 Exigences de sécurité chimique

Conformément à l'IEC 62282-6-101:2024, Tableau 4, les limites suivantes données dans le Tableau 1 doivent s'appliquer pour les mesurages des émissions et des pertes de gaz pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible soumis à essai en vertu du présent document.

Tableau 1 – Limites d'émission et de pertes de gaz

Constituant	Limite de concentration ^a (Dispositifs en fonctionnement)	Limite de taux de perte de gaz ^b (Dispositifs en fonctionnement)	Limite de taux de perte de gaz ^c (Dispositifs en non-fonctionnement)
Solutions aqueuses non dangereuses	Illimitée pour un pH entre 3,5 et 10,5	Illimitée pour un pH entre 3,5 et 10,5	Illimitée pour un pH entre 3,5 et 10,5
Hydrogène	0,8 g/m ³	0,8 g/h total 0,016 g/h à partir d'une fuite localisée ^d	0,003 2 g/h total (Perte de gaz H ₂ non admissible)
Formaldéhyde ^e	0,000 1 g/m ³	0,000 6 g/h	0,000 6 g/h
CO ^g	0,029 g/m ³	0,290 g/h	0,290 g/h
CO ₂ ^g	9 g/m ³	60 g/hf	60 g/hf
Formiate de méthyle ^g	0,245 g/m ³	2,45 g/h	0,4 g/h

^a La limite de concentration pour les composés chimiques concernés doit être basée sur des valeurs recommandées au niveau international. Toutes les limites fondées sur la toxicité énumérées dans le présent Tableau 1 sont basées sur des limites à long terme moyennes, pondérées dans le temps par exemple, TWA pour la limite d'exposition professionnelle de l'ICSC. La limite de taux de perte de gaz doit être obtenue en utilisant un calcul similaire à celui utilisé dans le Tableau 1 pour s'assurer que les taux globaux de perte de gaz ne dépassent pas les limites moyennes pondérées dans le temps pour le constituant concerné. Pour de tels constituants, des augmentations à court terme du taux de perte de gaz peuvent être admises, sous réserve que le taux transitoire ne dépasse pas la limite d'exposition à court terme (short-term exposure limit, STEL) pour ce constituant et que le taux global de perte de gaz ne dépasse pas le taux moyen pondéré dans le temps spécifié dans le présent Tableau 1.

^b La limite du taux d'émission "en fonctionnement" était basée sur la valeur 10 m³ ACH, choisie comme le produit du volume de référence par les renouvellements d'air par heure (ACH, air changes per hour), parce qu'elle couvre les environnements raisonnablement prévisibles dans lesquels les systèmes à micropiles à combustible sont utilisés. L'espace intérieur d'une petite voiture et le volume minimal par personne sur les avions commerciaux sont à 1 m³. L'ACH minimal utilisé à bord d'un aéronef de passagers est de 10 et le réglage de ventilation le plus faible dans les voitures est de 10 ACH. Les maisons et les bureaux peuvent présenter des niveaux d'ACH aussi bas que 0,5, mais le volume par personne est supérieur à 20 m³, et donc un produit de 10 est satisfaisant.

^c Les limites de non-fonctionnement ont été choisies sur la base d'un scénario de dispositifs dans un espace clos non ventilé. L'espace choisi a un volume de 0,28 m³ (ou environ 10 pieds cubes). Le critère a été spécifié de telle sorte qu'une concentration supérieure à 25 % de la limite inférieure d'inflammabilité (LII) n'est pas autorisée à se développer sur une période de vingt-quatre heures (24 h), si trois dispositifs sont dans l'espace clos. Par exemple, ce critère s'applique pour la détermination d'un taux maximal de perte de gaz basé sur l'émission de constituants inflammables provenant de systèmes à micropiles à combustible en non-fonctionnement. À noter qu'il convient de ne pas appliquer le volume de contrôle pour les systèmes en non-fonctionnement en utilisant des limites de toxicité, car le principe de base de cet espace clos est celui d'un espace de stockage, et non d'un espace dans lequel une personne peut passer du temps. Pour déterminer les limites en non-fonctionnement pour les constituants présentant des propriétés inflammables et toxiques, les valeurs les plus basses de limite d'inflammabilité pour le volume de contrôle "en non-fonctionnement" et de limite de toxicité pour le volume de contrôle "en fonctionnement" doivent s'appliquer.

^d 0,016 g/h reflète un taux d'émission inférieur à la limite déclarée par Swain et al (Proceedings of the 2001 DOE Program Review; NREL/CP-570-30535; M.R. Swain and M.N. Wain, Codes and Standards Analysis, 2001 (États-Unis), disponible à l'adresse <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/30535bc.pdf>) où "aucun trou n'a pu supporter une flamme d'hydrogène à moins de 3,5 cc/min." (3,5 cc/min ≈ 0,018 g/h). Cette valeur a été choisie conformément aux lignes directrices de l'IEC 62282-6-101:2024, Tableau 3.

^e La limite fixée par l'OMS est de 0,000 1 g/m³, 0,000 03 g/m³. Les niveaux de fond sont de 0,000 03 g/m³. La limite d'émission ne peut pas faire passer le niveau de fond au-dessus de la limite fixée.

^f Un être humain adulte assis a un taux d'émission de CO₂ de 30 g/h. Les taux d'émission des piles à combustible, mais aussi des adultes, sont limités, de telle sorte que la concentration de CO₂ n'atteigne pas la limite de concentration sur 8 h fixée par l'OMS de 9 g/m³. Dans un environnement avec 10 m³ ACH, ceci limite la contribution de la pile à 60 g/h.

^g Les essais destinés à vérifier la présence de ces constituants peuvent être omis pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible qui ne contiennent pas de composés à base de carbone ou n'ont pas le potentiel d'en dégager. Dans ce cas, la justification d'une telle omission doit être documentée dans l'analyse des dangers et l'évaluation des risques exigée.

5.3 Exigences relatives aux matières et matériaux

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.3 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.4 Exigences de conception mécanique

5.4.1 Généralités

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.4.1 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.4.2 Système à micro pile à combustible

Les exigences générales de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.4.2.1 et 5.4.2.2 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.4.3 Cartouche de combustible

Les exigences générales de sécurité de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.4.3 doivent s'appliquer comme indiqué avec les ajouts suivants.

En outre, les exigences spécifiques aux combustibles ci-dessous doivent s'appliquer:

- dans les cas où il existe des matières et matériaux (solides ou liquides) incompatibles avec le combustible hydroréactif ou avec le composant de combustible liquide, la conception de la cartouche de combustible et du système à micropile à combustible doit prévoir un moyen pour empêcher un mélange involontaire ou non contrôlé de ces matières ou matériaux;
- deux moyens indépendants pour empêcher un mélange involontaire ou non contrôlé de ces matières ou matériaux doivent être prévus au cours du transport et du stockage avant utilisation. Des exemples représentatifs de ces moyens incluent, entre autres: une activation positive par le système de commande; le retrait physique d'une barrière étanche, empêchant tout contact; l'ouverture d'une vanne à commande manuelle normalement fermée, empêchant tout contact. Au moins un de ces moyens visant à empêcher un mélange non contrôlé doit exiger de l'utilisateur qu'il agisse de manière positive pour le ou les retirer ou désactiver avant utilisation;
- au moins un moyen pour empêcher un mélange non contrôlé de ces matières ou matériaux doit être prévu au cours de l'utilisation et du stockage après utilisation. Ce moyen peut comprendre la commande active par des systèmes électroniques, soumis à l'analyse des dangers et l'évaluation des risques exigée.

5.4.4 Vannes de combustible et connexions

Les exigences générales de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.4.4.1 et 5.4.4.2 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.5 Exigences électriques

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.5 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.6 Analyse des dangers et évaluation des risques

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.6 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.7 Exigences de sécurité fonctionnelle

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.7 doivent s'appliquer comme indiqué.

5.8 Petites pièces

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 5.8 doivent s'appliquer comme indiqué.

6 Essais et exigences des conditions anormales de fonctionnement et de défaut

Les exigences générales de l'IEC 62282-6-101:2024, Article 6 doivent s'appliquer comme indiqué.

7 Instructions et avertissements pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible

Les exigences générales de sécurité de l'IEC 62282-6-101:2024, Article 7 doivent s'appliquer comme indiqué avec l'ajout suivant.

De plus, les cartouches de combustible et les systèmes à micropiles à combustible doivent également porter le marquage suivant:

"PEUT CONTENIR DES GAZ INFLAMMABLES."

8 Essais de type pour les systèmes à micropiles à combustible et les cartouches de combustible

8.1 Généralités

Les exigences de l'IEC 62282-6-101:2024, 8.1 doivent s'appliquer comme indiqué.

8.2 Protocoles généraux de mesurage des fuites et des pertes de gaz

8.2.1 Protocoles généraux

Les exigences générales et les principes de l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2 doivent s'appliquer, suivant le cas, pour chacun des essais de type exigés dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.3.1 à 8.3.8 avec l'ajout suivant.

Pour les cartouches de combustible et les systèmes à micropiles à combustible soumis à essai en vertu du présent document, des mesurages basés sur la concentration sont généralement recommandés au lieu des mesurages basés sur la masse. Il est possible que les mesurages basés sur la masse ne soient pas adaptés pour les cartouches de combustible contenant du combustible hydroréactif, car une fuite peut être indiquée par une augmentation de la masse totale (par exemple, absorption de l'eau) plutôt que par une perte de masse. Si des mesurages basés sur la masse sont utilisés pour un essai de type, la méthode d'essai doit être vérifiée et validée avant utilisation pour en évaluer la conformité.

8.2.2 Essais

8.2.2.1 Généralités

Après chaque essai de type, l'absence de fuites et de pertes de gaz dans tous les échantillons d'essai doit être vérifiée conformément aux procédures suivantes.

8.2.2.2 Procédures d'essai de fuite et de perte de gaz pour les cartouches de combustible

- 1) Effectuer un examen visuel de tous les emplacements de fuite éventuels pour vérifier l'absence de fuite, comme suit:

La méthode de détection des liquides dangereux accessibles donnée dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.8 ou une méthode équivalente, doit être utilisée pour détecter toute fuite liquide dangereuse.

- 2) Effectuer un essai d'immersion dans l'eau après chaque essai de type en utilisant le protocole décrit dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.6, ou une méthode équivalente pour détecter l'absence de fuites.
- 3) Vérifier l'absence de perte de gaz hydrogène à l'aide d'un détecteur de fuite liquide sur les emplacements de fuite éventuels des cartouches de combustible en utilisant le protocole décrit dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.5, ou une méthode équivalente. Pour les cartouches de combustible, la vérification d'absence de perte de gaz hydrogène peut être effectuée simultanément avec la vérification d'absence de fuites à l'étape 2.

Si la cartouche de combustible est du type rechargeable par le fabricant (de façon automatisée ou par des techniciens formés), elle doit être remplie jusqu'à sa capacité assignée avant les essais. Si la cartouche de combustible n'est pas rechargeable, elle doit être soumise à l'essai dans l'état dans lequel elle a terminé l'essai de type en question. La cartouche de combustible doit être soumise à l'essai pour détecter des fuites éventuelles à la température de laboratoire. Aucun point de la cartouche de combustible ne doit subir de fuite ou de perte de gaz.

8.2.2.3 Procédures d'essai de fuite et de perte de gaz pour les systèmes à micropiles à combustible

- 1) Effectuer un examen visuel de tous les emplacements de fuite éventuels pour vérifier l'absence de fuite, comme suit:

La méthode de détection des liquides dangereux accessibles donnée dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.8 ou une méthode équivalente, doit être utilisée pour détecter toute fuite liquide dangereuse.

- 2) Si le système à micropile à combustible inclut un système de gestion du combustible ou un réservoir interne contenant du gaz hydrogène au-dessus de la pression ambiante, ou les deux, une vérification d'absence de perte de gaz hydrogène doit être effectuée après chaque essai de type en utilisant une solution de détection de fuite liquide (formation de bulles) comme décrit dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.5 ou d'autres dispositifs équivalents sur tous les emplacements de fuite éventuels du système de gestion du combustible ou du réservoir interne, suivant le cas. Le système de gestion du combustible et le réservoir interne doivent être soumis à essai pour détecter des fuites à la température de laboratoire. Aucun point du système de gestion du combustible ou du réservoir interne ne doit subir de perte de gaz. Si la vérification de perte de gaz du système de gestion du combustible ou d'un réservoir interne, ou les deux, exige un démontage du système à micropile à combustible, cette vérification peut être effectuée après tous les autres essais de perte de gaz.
- 3) Effectuer des essais de perte de gaz conformément au protocole de réalisation de mesurages basés sur la concentration décrit dans l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.3 en mettant hors tension le système à micropile à combustible ("DISPOSITIF EN POSITION OFF") pour vérifier l'absence de perte de gaz hydrogène. La perte de gaz hydrogène doit être inférieure à la limite de taux de perte de gaz pour les dispositifs en non-fonctionnement spécifiée au 5.2 du présent document ($< 0,003\ 2\ \text{g/h}$). Si des taux de perte de gaz transitoires supérieurs à $0,016\ \text{g/h}$ sont observés pendant les essais de perte de gaz hydrogène, des essais de détection de perte de gaz hydrogène depuis une source ponctuelle conformément à l'IEC 62282-6-101:2024, 8.2.4, ou un essai équivalent pour assurer la conformité aux principes de sécurité exprimés dans l'IEC 62282-6-101:2024, 4.2, doivent être effectués.
- 4) Mettre le système à micropile à combustible sous tension et le faire fonctionner pendant $10\ \text{min} \pm 30\ \text{s}$. Vérifier l'absence de feu ou d'explosion.