



**Energie**  
Programmes nationaux de recherche 70 et 71

# Projet

## Piles à combustible PEM





## Piles à combustible pour une mobilité durable

Les voitures électriques peuvent tirer leur électricité de batteries, mais l'hydrogène est également une source d'énergie intéressante. Dans les piles à combustible, cette énergie peut être convertie en électricité sans émission de CO<sub>2</sub>. Les chercheurs ont optimisé ce système et en ont commercialisé les résultats sur un site Web.



Piles à combustible en laboratoire : les entreprises suisses espèrent jouer un rôle important sur le marché émergent des piles à combustible et de la technologie de l'hydrogène. *Source : Adobe Stock*





## En un coup d'œil

- L'hydrogène et les piles à combustible permettent de stocker l'électricité pour un usage ultérieur. Actuellement, des chercheurs suisses sont en passe de rendre cette technologie encore plus efficace.
- Un transport plus efficace de l'hydrogène et de l'oxygène à travers les couches poreuses de diffusion gazeuse permettrait de réduire les pertes au sein des cellules.
- Les chercheurs du PSI et de la ZHAW ont donc étudié, à une échelle microscopique, les processus se produisant dans les pores. Les résultats obtenus ont par la suite servi à mettre au point des modèles mathématiques qui sont aujourd'hui commercialisés.

Une part importante des émissions de gaz à effet de serre provient aujourd'hui de la circulation routière. Pour atteindre les objectifs climatiques, voitures et camions doivent donc renoncer aux combustibles fossiles et passer à la propulsion électrique. L'électricité pour les moteurs peut provenir soit de batteries, soit d'hydrogène transporté à bord et transformé en électricité dans des piles dites à combustible. Le seul résidu libéré est de l'eau pure. Il n'y a donc pas d'émissions de dioxyde de carbone, d'oxydes d'azote ou de particules fines. Les piles à combustible à la place de batteries dans les autobus, les camions et les voitures ont l'avantage que le processus de charge est beaucoup plus rapide, puisque le plein d'hydrogène, tout comme le plein d'essence aujourd'hui, se fait en très peu de temps. Les longs temps d'attente pour la recharge d'une batterie sont ainsi supprimés. La haute densité énergétique de l'hydrogène permet en outre aux véhicules de parcourir de longues distances. On observe actuellement l'émergence globale d'une nouvelle chaîne de valeur dans le domaine de l'hydrogène et des piles à combustible, à laquelle contribuent également des chercheurs de la ZHAW à Zurich.

## Des micropores dans la cellule

Plus précisément, ces scientifiques ont étudié les piles à combustible à électrolyte polymère (PEFC). Dans ce système, les substances réactives, à savoir l'oxygène et l'hydrogène, doivent diffuser à travers une couche poreuse de diffusion gazeuse. Cependant, à une performance spécifique élevée, mesurée en fonction du poids, une grande partie de la tension électrique est perdue pendant le transport des substances réactives. Afin d'identifier les conditions dans lesquelles ce phénomène se produit, les chercheurs se sont servis de la tomographie à rayons X pour scruter les couches de diffusion gazeuse des piles à combustible. Ce procédé d'imagerie permet de visualiser des structures même minuscules, et a permis aux scientifiques d'établir un lien entre l'aptitude au transport et les propriétés telles que la distribution des pores, la résistance des pores étroits aux processus de transport et les pores non circulaires. Ils ont ainsi pu quantifier l'aptitude des différentes couches de diffusion gazeuse au transport de gaz. Dans l'étape suivante, les chercheurs ont comparé les mesures effectuées moyennant les rayons X à des simulations informatiques et ont mis au point des modèles mathématiques permettant aux concepteurs de piles à combustible de construire des appareils plus efficaces. Une application potentielle est le développement de nouveaux matériaux avec pores optimisés pour les couches de diffusion gazeuse. Les chercheurs œuvrent maintenant à la mise en place d'une [plateforme Web](#) pour la commercialisation des modèles informatiques, afin que tous puissent à l'avenir bénéficier de ces travaux de recherche.

### Quel est le fonctionnement d'une pile à combustible ?

Une exploitation technique de l'énergie stockée dans l'hydrogène peut se faire moyennant des piles à combustible. Dans ce système, l'hydrogène et l'oxygène sont soumis à une mise en contact contrôlée qui conduit à une réaction chimique produisant de l'électricité et ne libérant que de l'eau en résidu.

L'électricité est produite par la réaction de l'hydrogène avec l'oxygène. La réaction dite du gaz détonant est bien connue. De manière à ce que cette réaction chimique puisse se dérouler sous des conditions contrôlées plutôt que de façon explosive, l'hydrogène et l'oxygène sont acheminés séparément vers la pile à combustible. Des couches de diffusion de gaz assurent une distribution uniforme des gaz sur les surfaces électrochimiquement actives. Dans les électrodes dites à diffusion gazeuse, l'hydrogène, du côté de l'anode, est dissocié en un  $H^+$  et un électron, de charge négative. Du côté de la cathode, l'oxygène est également réduit. Seules les particules de charge positive sont à même de passer à travers une membrane conductrice de protons située entre les deux éléments de la cellule. Les électrons, générés à partir de l'hydrogène et chargés négativement, doivent donc trouver un autre moyen pour rejoindre l'oxygène de l'autre côté de la barrière et former de l'eau. Cette voie alternative est un conducteur électrique, dans lequel le flux d'électrons génère du courant pouvant ensuite servir à actionner des appareils.

## Produkte aus diesem Projekt

- Microstructure-property relationships in a gas diffusion layer (GDL) for Polymer Electrolyte Fuel Cells, Part I : effect of compression and anisotropy of dry GDL  
Date de publication: 01.01.18
- Microstructure-property relationships in a gas diffusion layer (GDL) for Polymer Electrolyte Fuel Cells, Part II : pressure-induced water injection and liquid permeability  
Date de publication: 01.01.18
- Modeling the Effects of Using Gas Diffusion Layers With Patterned Wettability for Advanced Water Management in Proton Exchange Membrane Fuel Cells  
Date de publication: 01.01.18
- An ensemble Monte Carlo simulation study of water distribution in porous gas diffusion layers for proton exchange membrane fuel cells  
Date de publication: 01.01.18
- Predicting effective conductivities
- Numerical simulation of liquid water saturation in cathode side gas diffusion layers of PEFCs  
Date de publication: 01.01.18
- From pore-scale material properties to macro-homogeneous PEFC modeling  
Date de publication: 01.01.18
- Numerical modeling of patterned porous materials for thermo-neutral fuel cells  
Date de publication: 01.01.18
- Analysis and Extension of a PEMFC Model  
Date de publication: 01.01.18
- An open implementation of a two-phase PEMFC model in MATLAB  
Date de publication: 01.01.18
- A new open-source PEMFC simulation tool for easy assessment of material parameterizations  
Date de publication: 01.01.18
- Investigation of liquid water transport in GDLs using X-ray



- based on geometric microstructure characteristics  
Date de publication: 01.01.18
- Characterization of Liquid Water Saturation in Gas Diffusion Layers by X-Ray Tomographic Microscopy  
Date de publication: 01.01.18
  - Free open reference implementation of a two-phase PEM fuel cell model  
Date de publication: 01.01.18
  - Improvements of gas transport characterization in GDL based on XTM imaging  
Date de publication: 01.01.18
  - Ensemble-based study of equilibrium liquid water distribution in PEFC gas diffusion layers  
Date de publication: 01.01.18
  - A novel Monte Carlo technique for simulating liquid water distribution in gas diffusion layers of PEFCs  
Date de publication: 01.01.18
  - Voxel-based modelling of water distribution in PEFC porous media  
Date de publication: 01.01.18
  - Parameterisation of macrohomogeneous models of proton exchange membrane fuel cells  
Date de publication: 01.01.18
  - Toward predictive PEFC simulation : The importance of thermal and electrical contact resistance  
Date de publication: 01.01.18
  - Advances in Multi-Scale Modeling of PEFCs  
Date de publication: 01.01.18
  - Influence of pore scale material properties on the performance of proton exchange membrane fuel cells
- tomographic microscopy  
Date de publication: 01.01.18
- Characterization of liquid water invasion in GDLs using X-ray Tomographic Microscopy  
Date de publication: 01.01.18
  - Characterization of liquid water invasion in GDLs using X-ray Tomographic Microscopy  
Date de publication: 01.01.18
  - Improvements of gas transport characterization in GDL based on XTM imaging  
Date de publication: 01.01.18
  - Segmentation of Low Quality Gas Diffusion Layer X-ray Tomographic Microscopy Images  
Date de publication: 01.01.18
  - Hydrogen for Electromobility : A Promising Energy Carrier  
Date de publication: 01.01.18
  - Elektromobilität mit Brennstoffzellen  
Date de publication: 01.01.18
  - Approaches and Challenges of Multi-Scale Modeling of Polymer Electrolyte Fuel Cells  
Date de publication: 01.01.18
  - Web page on modeling and simulation of electrochemical cells  
Date de publication: 01.01.18



## **Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Date de publication: 01.01.18

- Current Challenges in Two-Phase PEMFC Modeling

Date de publication: 01.01.18



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

## Team & Kontakt

Prof. Jürgen Schumacher  
ZHAW School of Engineering  
Forschungsschwerpunkt Electrochemical Cells & Energy Systems  
Wildbachstrasse 21  
8400 Winterthur  
  
+41 58 934 69 89  
[juergen.schumacher@zhaw.ch](mailto:juergen.schumacher@zhaw.ch)

Jürgen Schumacher  
Projektleiter

Felix Büchi

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au  
12.06.2019.