

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 127 (2001)
Heft: 14

Artikel: Laboratoires et entreprises suisses ensemble pour explorer les potentiels de la pile à combustible
Autor: Kaestli, Françoise
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80056>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Laboratoires et entreprises suisses ensemble pour explorer les potentiels de la pile à combustible

(ÉNERGIE)

Deux axes de recherche se dessinent, en Suisse, dans le domaine des piles à combustible, l'un explore les piles à oxyde solide (SOFC) spécialement bien adaptées à la production de chaleur et d'électricité en mode stationnaire, l'autre s'oriente vers des applications dans le domaine des transports ou du stationnaire, grâce aux piles à polymère (PEFC).

Axe «SOFC»

Pour le premier axe, le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (EMPA), l'EPFZ et l'EPFL mènent actuellement un projet de recherche commun encouragé par l'OFEN. Leur objectif est de perfectionner la cellule à la base du concept et sa fabrication. L'anode est devenue la structure mécanique porteuse afin de réduire substantiellement l'épaisseur de l'électrolyte. Cette configuration diminue en effet la résistance interne et par conséquent la température de fonctionnement, qui se situe autour de 700-800°C, au lieu des 900°C précédemment appliqués: une réduction qui s'avère suffisante pour permettre l'utilisation d'acier ferritique dans les plaques d'interconnexion en lieu et place d'alliages de chrome coûteux. Avec des charges thermiques moins importantes, la durée de vie de la pile est en outre rallongée d'autant. Lancé il y a un an, le projet livre ses premiers résultats: la mise au point de substrats frittés utilisés comme anodes et la construction d'une cellule expérimentale de 35 mm de diamètre.

Les techniques de fabrication diffèrent d'un institut à l'autre et plusieurs voies sont explorées: à l'EPFZ, le groupe «Solid Oxide Fuel Cells» de l'Institut des matériaux non métalliques développe une méthode peu coûteuse pour fabriquer des électrolytes très minces par la méthode dite «spray pyrolysis» (qu'on pourrait rendre par «pulvérisation pyrolytique») (fig. 1 et 2). Les épaisseurs ainsi obtenues sont de l'ordre du micron. Les développements sur les anodes visent aussi à pouvoir utiliser directement du gaz naturel (sans reformage). Cette recherche s'accompagne d'études théoriques pour comprendre les mécanismes détaillés de la réaction et de la mise au point de simulations.

A l'EPFL, trois laboratoires - ceux de photonique et interface, d'énergie industrielle et d'électronique industrielle

- collaborent à la réalisation d'un système complet (voir article suivant). A terme, l'entière maîtrise du processus devrait être maîtrisée, soit la production des poudres céramiques et leur mise en forme (disque) par le procédé dit de coulage en bande (fig. 3), l'empilement de plusieurs cellules (le «stack»), ainsi que la gestion d'un tel système. Cette dernière étape implique le contrôle de l'amenée des gaz et le reformage en amont, puis l'évacuation des produits de réaction et la transformation de l'énergie pour le réseau en aval. Issue du Laboratoire de photonique et interface, une start-up (*HTCeramix*) s'est d'ailleurs créée en 2000, qui a l'ambition de fabriquer des piles à combustible et d'offrir des systèmes sur mesure pour différentes applications.

Quant à l'EMPA - section des céramiques à hautes performances - il est, dans le cadre de ce projet, principalement responsable de la recherche de nouveaux matériaux pour l'anode et de procédés pour leur mise en forme.

Axe «PEFC»

Le second axe de recherche développé en Suisse est l'affaire du PSI, de l'EPFZ - plus spécifiquement de son Département de mécanique - ainsi que de différents partenaires industriels, qui explorent la piste des piles à combustibles à membrane polymère. Le défi principal de ces dispositifs à basse température réside, d'une part, dans l'affranchissement de l'infrastructure volumineuse nécessaire à contenir le combustible (l'hydrogène à la base) et, d'autre part, dans l'abaissement massif du coût des matériaux et de la fabrication.

Au PSI, un groupe pluridisciplinaire «Piles à combustible» a été établi en 1990 déjà. Il réunit chimistes, physiciens, ingénieurs en matériaux et en mécanique autour de projets sur les piles à polymères. L'approche est, là aussi, globale: recherches sur de nouvelles membranes conductrices de protons et caractérisation de l'interface électrolyte/polymère/gaz qui conditionne la diffusion du gaz dans la pile, étude des problèmes liés à l'empilement de cellules et à la gestion de tout le système (fig. 4).

Le PSI met au point un procédé de fabrication faisant appel au greffage par irradiation, grâce auquel on obtient une membrane conductrice d'ions à partir d'un matériau vendu dans le commerce.

Fig. 1: Coupe à travers les différentes couches de matériaux formant la cellule (cathode, électrolyte, anode) obtenues par la méthode de pulvérisation pyrolytique («spray pyrolysis») (Photo EPFZ, Institut de matériaux non métalliques)

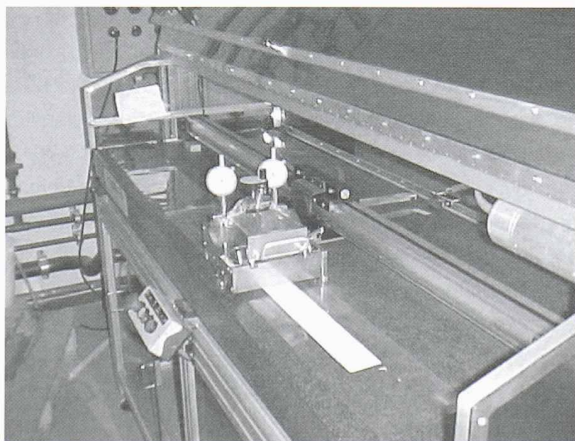
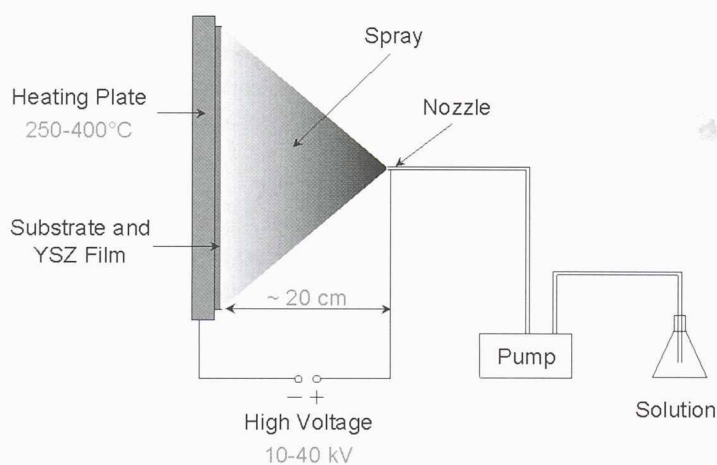
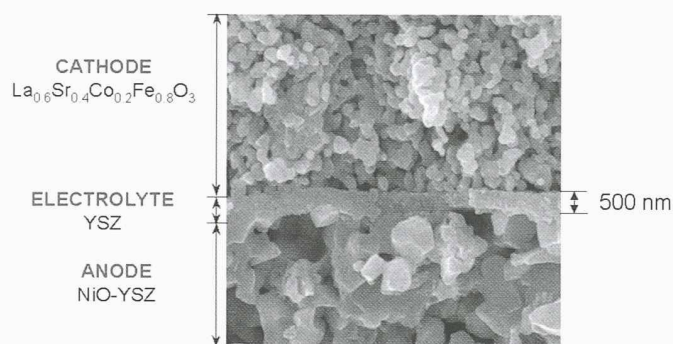
Fig. 2: Schéma du dispositif utilisé pour la pulvérisation pyrolytique à l'EPFZ (Schéma EPFZ, Institut de matériaux non métalliques)

Fig. 3: Dispositif de coulage en bande réalisé à l'EPFL (Photo EPFL, Institut de photonique et interfaces)

Fig. 4: Le système complet, monté au PSI, permettant de délivrer 2 kW avec des membranes polymères (Photo PSI)

Fig. 5 :Un empilement délivrant 300 kW, version commerciale (Photo Sulzer Hexis)

Fig. 6 & 7: Dessin CAD d'une cellule polymère pour pile à combustible (plaque en graphite, électrodes, membrane et étanchéité) et d'un empilement de 150 éléments (Schémas EPFZ, centre de développement de produits)



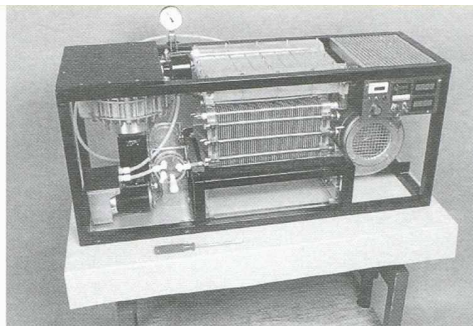
Demeure que la membrane polymère est encore un élément fragile, qui craint le dessèchement dû à des apports irréguliers de gaz ou la condensation d'eau qui peut se former, ce qui implique actuellement des appareils auxiliaires de traitement. L'EPFZ s'est penchée sur le développement de la plaque bipolaire, un des principaux éléments constitutifs du «stack» (empilement de plusieurs cellules). Celle-ci se trouve à l'interface de deux cellules; elle doit conduire les électrons en garantissant l'étanchéité aux gaz, et résister à la corrosion. L'optimisation de la construction de cet élément ainsi que des matériaux qui le composent est importante (fig. 6 et 7). Une pile de cent cellules, refroidie à l'eau, a été testée dans une installation expérimentale qui a fourni une puissance nominale de 6,4 kW. Un nouvel empilement de 8,5 kW, conçu pour une application mobile, est également en phase expérimentale. Pour les électrolytes, la déposition de parties de platine (excellent catalyseur, mais qui a le désavantage d'être cher) sur des particules de graphite a été étudiée. Afin de s'affranchir de l'alimentation en hydrogène, un autre type de piles à combustible utilisant directement le méthanol est à l'étude (Direct Methanol Fuel Cell). Pour les problèmes de circulation des gaz à l'interface méthanol/membrane, le PSI dispose d'un appareillage unique, la source de neutrons SINQ, qui permet une visualisation directe de la circulation des gaz dans les canaux.

Enfin, parmi les applications réalisées dans une Haute école spécialisée, citons la propulsion d'un bateau électrique avec un empilement de cinquante cellules délivrant 2 kW, qui est présentée dans la suite de ce dossier.

Trois installations pilotes

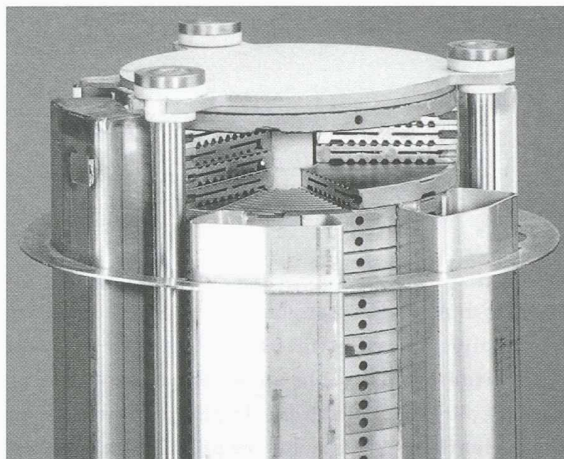
Trois projets pilotes mettant en œuvre des technologies différentes sont actuellement en cours dans la région bâloise. Ces expériences confirment que, plus que les Etats-Unis, l'Europe s'intéresse à la production simultanée d'électricité et de chaleur et privilégie des systèmes conçus pour un l'approvisionnement décentralisé, proche du consommateur-client.

- Depuis l'année dernière, la société *Alternativ-Energie Birsfelden (AEB)* a installé une pile à combustible à électrolyte d'acide phosphorique (PAFC) dans un quartier d'habitation. La pile est dimensionnée pour 200 kW_{el} et 220 kW_{th}. La température de sortie se situe aux alentours de 75°C et même de 120°C en cas de prélèvement à haute température. L'hydrogène nécessaire est produit dans un réformeur à partir du gaz naturel. Les expériences faites confirment que la PAFC convient comme centrale CCF (couplage chaleur-force) modulaire.



4

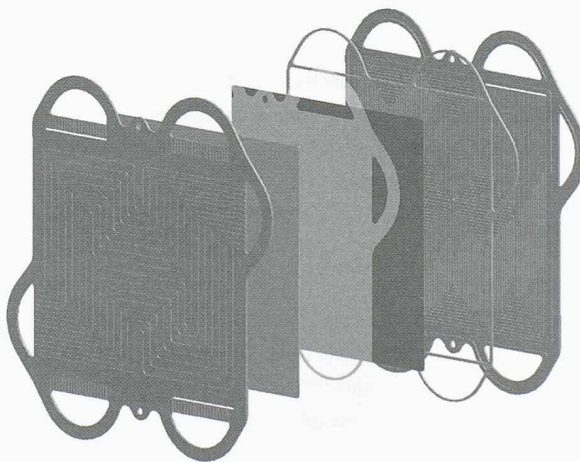
- La compagnie *Elektra Birseck (EBM)* à Münchenstein exploite, depuis octobre 2000, une pile à combustible à membrane polymère (PEFC) de 250 kW. Alimentée avec de l'hydrogène extrait de gaz naturel, cette pile est installée au siège de la compagnie pour délivrer électricité et chaleur. La puissance de la nouvelle PEFC est de 212 kW_{el} et de 240 kW_{th}; sa température de fonctionnement est de 80°C.
- *Sulzer Hexis* a installé au Gymnase économique de Bâle, une unité SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). Cette technologie à haute température, mettant en jeu un électrolyte de zircone, utilise le gaz naturel (fig. 5). Avec approximativement 8000 heures d'exploitation, une puissance maximale de 1120 W_{el} et un rendement électrique moyen de 30% ont été atteints. Un nouveau modèle *HXS 1000*, conçu pour des habitations individuelles, annoncé pour cet automne, permettra des essais à grande échelle. *Sulzer Hexis* se fixe comme objectifs une durée de vie accrue de l'empilement (40 000 heures), une baisse de la température de fonctionnement et une réduction des coûts de fabrication. Dans le cadre des activités de recherche en cours, une installation exploitant du biogaz sera testée dans un site agricole près de Lully, avec le soutien de l'OFEN et la collaboration de l'EPFL.



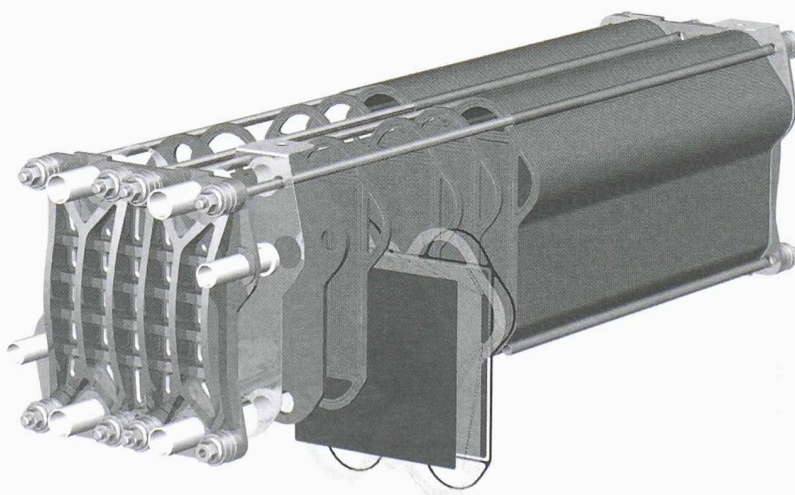
5

- Références :
- ENET-News*, «Nouvelles de la recherche énergétique», N° 48, juin 2001:
- «La technologie des piles à combustible en Suisse», p. 19;
 - «L'OFEN ne se fait aucune illusion», p.22;
 - «PSI: à la pointe grâce aux choix opérés» p.24;
 - «En trio, ça sonne beaucoup mieux», p. 27

<www.energieforschung.ch>



6



7