

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Herausgeber:** Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique  
**Band:** - (1995)  
**Heft:** -: Programmes prioritaires

**Artikel:** Une chaudière qui produit de l'électricité  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-971500>

#### 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:** 11.02.2026

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

# Une chaudière qui produit de l'électricité

Malgré leur formidable rendement théorique, les *piles à combustible* sont restées des installations de production électrique marginales, utilisées surtout dans le domaine spatial. De nouveaux modèles sont en vue, simples et destinés à fournir chaleur et électricité à des habitations.

**I**maginez quelque chose qui ressemble comme deux gouttes d'eau à un disque compact. D'un côté, il reçoit de l'air, et de l'autre, du gaz naturel. Et il vous donne en échange autant de chaleur que d'électricité. «C'est ce qu'on appelle une *pile à combustible solide*», explique Kaspar Honegger, chercheur chez Sulzer-Innotec à Winterthur. «Nous avons déjà construit un prototype de démonstration de 1000 watts composé d'un empilement de cinquante de ces disques en céramique montés en série. Et nous en préparons un autre, de cent disques, qui devrait être capable – à la fois – de chauffer un petit immeuble et de produire 7000 watts d'électricité....»

Le principe de la pile à combustible est connu depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Contrairement à une batterie conventionnelle, où la réaction électro-chimique se déroule à huis-clos, une pile de ce type reçoit en continu du combustible gazeux (hydrogène, méthane ou autre) et de l'air (ou de l'oxygène pur), et rejette du gaz carbonique et de la vapeur d'eau – tout comme un moteur à explosion ou une turbine à gaz qui actionnerait une dynamo. Mais la comparaison s'arrête là: une pile à combustible n'a pas de pièces mécaniques en mouvement; elle ne produit ni bruit, ni oxydes d'azote. De plus, son rendement est sans égal: dans le modèle de pile solide que Sulzer-Innotec développe, 75% du combustible peut être théoriquement transformé en électricité. Alors que le rendement d'un moteur-générateur ne dépasse pas 25%. Alors? pourquoi n'avons-nous pas de telles merveilles dans nos installations publiques?

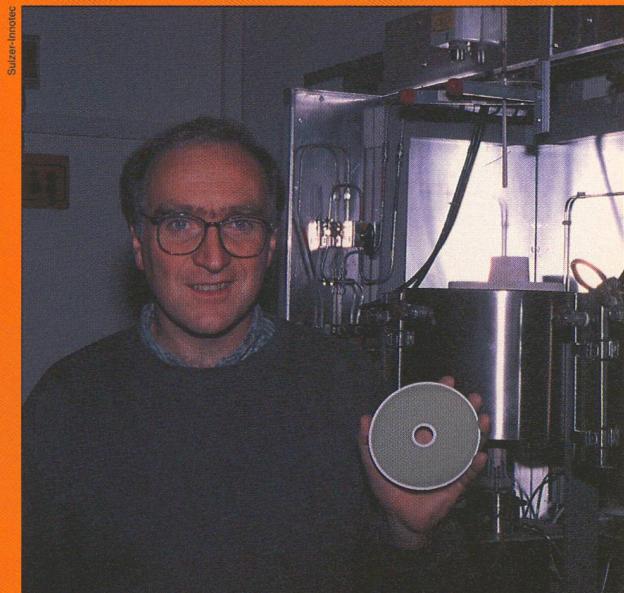
En fait, la recherche sur les piles à combustible a connu un boom dans les années 70, suite à l'augmentation des prix du pétrole. On visait carrément des unités capables de fournir un mégawatt (l'énergie pour une agglomération de 1000 habitants). Puis le nucléaire s'est développé et les prix de l'énergie ont baissé, diminuant d'autant les motivations des industriels. Sauf pour des applications dans le domaine spatial ou militaire, où le prix n'est pas un critère décisif.

Parmi ceux qui n'ont cessé d'y croire, il faut citer le géant américain Westinghouse qui a mis au point des grosses unités de production fonctionnant à l'hydrogène. En Allemagne, au Canada et au Japon sont également apparues des piles à combustible pour les applications civiles. Mais, dans la plupart des cas, l'électrolyte qui assure la réaction électro-chimique est un liquide corrosif, ou une onéreuse feuille catalytique contenant du platine. De plus, il faut souvent un appareillage compliqué d'échanges gazeux pour produire l'hydrogène ou le soutirer du gaz naturel.

«C'est le débat sur l'environnement qui a relancé l'intérêt pour les piles solides en céramique», explique Kaspar Honegger. «Et nous

avons établi que, sur le plan des débouchés commerciaux, elles peuvent s'implanter sur le marché des installations de moins de 100 kW: pour des hôpitaux, de petites usines, des lotissements ou des hôtels.»

Les ingénieurs de Sulzer-Innotec ont choisi de fabriquer des piles à combustible qui consomment du gaz naturel standard et de l'*«air du bon Dieu»*, comme le fait



Kaspar Honegger, un disque de céramique à la main: c'est la pièce maîtresse de la conversion directe du gaz naturel en électricité.

un banal brûleur de chaudière. De plus, ils ont opté pour un système de construction fort simple (baptisé HEXIS) à la maintenance et aux réparations aisées. Leurs disques se manipulent facilement; ils s'enfilent sur le tube distributeur de gaz naturel, en alternance avec un «interconnecteur» – un disque perforé conducteur d'air et un autre disque collecteur d'électricité.

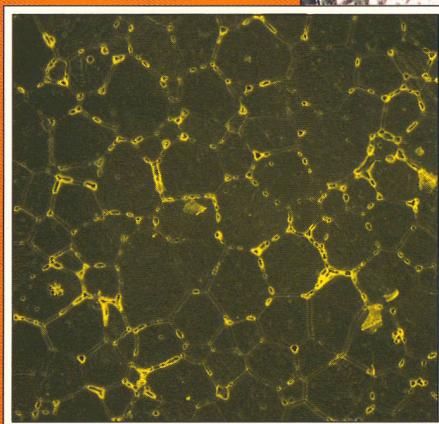
Le premier prototype de Sulzer a fonctionné en 1993 pendant mille heures avec un rendement électrique de 50%. C'est un beau résultat pour un instrument de laboratoire, mais les chercheurs savent que personne ne voudrait d'un appareil qui tombe en panne après un mois et demi. D'autant que les disques sont chers: ils sont constitués principalement d'une céramique au zirconium, l'un des rares matériaux conducteurs d'ions oxygène qui puisse résister – sans se déformer – à la température de 900°C nécessaire au bon rendement de la réaction électro-chimique. Les interconnecteurs, quant à eux, doivent être moulés dans un coûteux alliage au chrome, sinon ils fondraient...

C'est à partir de là qu'intervient le PROGRAMME PRIORITAIRE «RECHERCHE SUR LES MATERIAUX», et plus particulièrement son *sous-module 1C*. «Afin de réduire les coûts, nous devions abaisser la température de réaction entre 600 et 800°C pour pouvoir utiliser des matériaux moins chers», explique le chercheur de Sulzer. «Mais nous avions besoin de la recherche fondamentale pour les mettre au point...»

## Un excellent «mauvais» matériau

C'est ainsi que deux laboratoires des Ecoles polytechniques fédérales se sont joints à l'aventure: l'Institut de chimie-physique (équipe d'Augustin McEvoy) et le Laboratoire pour les matériaux non-métalliques de Zurich (équipe du Prof. Ludwig Gauckler). Comme la palette des matériaux de remplacement n'était pas très vaste, le choix du groupe s'est porté vers une céramique d'*oxyde de cerium-gadolinium* ( $GdCeO_3$ ), connue depuis longtemps en électronique mais jugée peu propice à ce type de réaction. En effet, ce matériau génère un petit courant de perte s'élevant à 5%. Ce défaut l'avait exclu a priori du monde des piles à combustible solides. Pour leurs expériences, les chercheurs du module 1C ont commencé par fabriquer des petits disques de la taille d'une pièce de cinq francs, faciles à étudier en laboratoire dans des conditions réelles de combustion. A leur surprise

EPFL



Sulzer-Inotec

En haut: Montage d'un prototype de pile à combustible de 1000 watts, composé d'un empilement de 50 disques.

A gauche: surface d'un disque agrandie 500 fois.

– mais à leur bonheur – l'*oxyde de cerium-gadolinium* s'est avéré dépasser tous les espoirs: son rendement à 700°C est aussi bon que celui des cellules au zirconium à 900°C. Et l'on peut utiliser des interconnecteurs en acier inoxydable qui sont dix fois meilleur marché que les alliages au chrome.

«Il faudra encore de gros efforts de recherche pour fabriquer des disques grandeur nature», commente Kaspar Honegger. Mais, si tout se passe bien, nous devrions débuter la phase de développement commercial dès 1997. Sur le plan écologique et économique, les piles à combustible constituent la meilleure solution pour transformer du gaz naturel en électricité – et réaliser ce fameux couple «chaleur-force». De plus, elles sont très souples d'utilisation, et permettent de doser la production d'énergie en fonction des besoins.»

**Le PP Matériaux** se compose de 6 modules: matériaux pour les systèmes avancés de génération d'énergie; matériaux pour la construction légère; matériaux pour les applications électroniques; matériaux pour les applications biomédicales; technologies de fabrication; technologie des surfaces et d'interfaces.

Gestion: Conseil des Ecoles polytechniques fédérales  
Direction: Prof. Bernhard Ilschner, DMX, EPFL, CH-1015 Lausanne