

L'EPFL choisit les SOFC

(ÉNERGIE)

Il a fallu une dizaine d'années pour que la recherche sur les piles à combustible à l'EPFL passe de néant à une situation enviable au niveau international. Dès le départ, le Laboratoire de photonique et interfaces oriente ses travaux sur les piles à combustible à oxyde solide et sur des solutions compatibles avec les développements industriels, ceux de Sulzer principalement. De la compréhension des procédés de base, la recherche s'élargit actuellement à l'étude du système global sous l'impulsion du Laboratoire d'énergétique industrielle. A partir des solutions novatrices proposées par des doctorants, une start-up s'est créée, HTCeramix.

A l'instigation de l'Agence internationale de l'énergie et de l'Office fédéral de l'énergie, le Laboratoire de protonique et interfaces de l'EPFL (LPI) a lancé, en 1990, ses premières activités sur les piles à combustible. Cette époque coïncide également avec le début des recherches à l'EPFZ et au PSI, avec ABB comme partenaire industriel. Tout était à créer: le laboratoire, les fours et autres installations de test, ce qui fut fait par le truchement d'une succession de thèses. Dès le départ, le choix se porte sur l'étude des piles à oxyde solide (plus précisément des céramiques frittées à base de zircon stabilisée à l'yttrium). L'adoption d'un électrolyte solide autorise des géométries de cellules variées: tubulaire, planaire ou monolithique. Lausanne opte pour les piles planaires, choix motivé par la recherche de solutions techniques peu coûteuses et de production aisée (tableau I). Au début, l'intérêt du LPI se

focalise sur l'étude des procédés en jeu: efficacité de l'échange de charges, étude des contacts et interfaces, analyse de la cinétique des réactions. Les piles de l'époque produisaient 200 mW par cm². C'est principalement avec le soutien financier de l'OFEN, du programme prioritaire en matériaux et de l'OFES que les recherches sont menées. En 1990, Sulzer s'engage dans le programme de recherche, suite à l'abandon de ABB. Par ailleurs, durant ces premières années, le Laboratoire de photonique et interfaces assure la coordination du programme opérationnel de l'Agence internationale de l'énergie consacré aux piles à combustible.

Durant cette période, les premiers jalons de la recherche sont posés par un doctorant: un laboratoire est monté pour la partie expérimentale, quelques repères théoriques sont posés, afin d'élucider les mécanismes de réaction à l'interface entre cathode et électrolyte et de caractériser différents types de matériaux. D'autres thèses suivent. Les Laboratoires d'énergétique industrielle (LENI) et d'électronique industrielle (LEI) viennent étoffer le groupe en apportant leurs compétences en matière de gestion du système entier et de développement de procédés de fabrication (fig. 1). L'objectif visé par le programme est de produire des piles délivrant 1 kW électriques et 2 kW thermiques pour le marché des systèmes domestiques. Plus que jamais, l'accent est à la mise au point de matériaux faciles à mettre en œuvre, fonctionnant à basse température et peu coûteux. A densité de puissance équivalente, l'abaissement de la température va en effet de pair avec une durée de vie prolongée des systèmes et des coûts

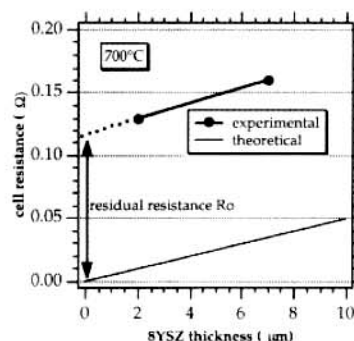
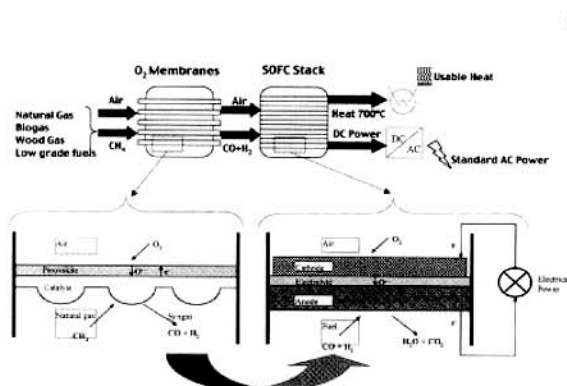


Fig. 1: Schéma de fonctionnement d'une pile à combustible de type SOFC, à partir de différents combustibles comme le gaz naturel ou du biogaz (Schéma HTCeramix)

Fig. 2: La résistance de la cellule baisse linéairement avec la température (Schéma EPFL)

Tableau 1: Atouts des piles à combustible à oxyde solide

Fig. 3: Une cellule obtenue par coulage par bande (Photo EPFL)

Fig. 4: Après coulage, la cellule doit être frittée (Photo HTCeramix)

Avantages	Inconvénients
Fournit une chaleur de haute qualité (piles travaillant à 800-1000°C)	Matériaux des électrodes et électrolytes soumis à forte contrainte thermique
Excellent rendement global, électricité et chaleur combinées	Résistance interne de la cellule élevée
Électrolyte relativement stable	Étanchéité entre les gaz difficile à assurer (pour la structure planaire)
Monoxyde de carbone utilisable directement comme combustible	Fragilité des matériaux
Hydrocarbure utilisable sans reformage extérieur à la pile	Les céramiques ne supportent pas des cycles thermiques trop rapides
Encombrement faible, haute densité énergétique	Technologie éloignée de la culture mécanique dominant les procédés de fabrication traditionnels et coût de fabrication encore élevé

plus avantageux. Grâce à sa maîtrise de l'ensemble du processus - de la fabrication de la poudre à celle de la cellule elle-même - l'EPFL possède des atouts qui l'amènent à chercher de nouvelles solutions par le transfert de la structure porteuse de l'électrolyte à l'anode. Cette orientation permet une réduction considérable de l'épaisseur de l'électrolyte, et donc de la résistance interne et de la température de fonctionnement (fig. 2). Les chercheurs lausannois se tournent vers un procédé classique de production de l'anode et de l'électrolyte, appelé coulage en bande, mais l'améliorent en mettant au point un solvant aqueux. L'opération consiste à couler une pâte liquide (barbotine) sur une plaque de verre: l'ensemble anode/électrolyte ainsi obtenu est fritté, puis la cathode est déposée par sérigraphie. Par ce procédé, on atteint 5 microns d'épaisseur pour l'électrolyte, qui est en zircon, et 200 pour l'anode, composée de zircon et de nickel (ou cermet, pour «céramique-métal») (fig. 3). Quant à la cathode, en lanthanum-strontium-manganite, elle continue à faire l'objet de recherches. Globalement, les techniques mises en œuvre visent à minimiser les problèmes liés à l'apparition d'interfaces isolantes non désirées.

Actuellement, l'EPFL focalise sa recherche, d'une part, sur l'amélioration de l'anode, la préparation d'interfaces et la compréhension des mécanismes qui y siègent, ainsi que sur l'étude de combustibles variés et de leur circulation dans un empilement, en collaboration avec *Sulzer Hexis*. D'autre part, elle participe au développement du système complet mené par *HTCeramix*.

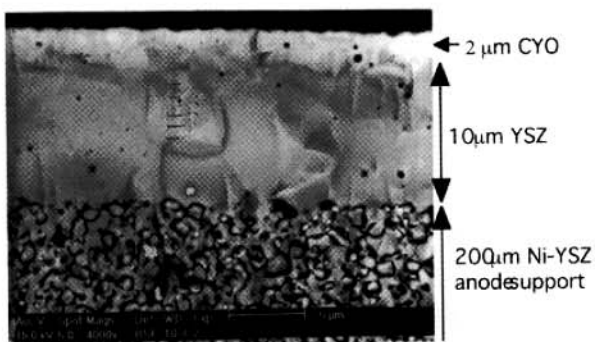
Création d'une start-up

En 1999, sous l'impulsion d'Alexandre Closset, ingénieur physicien EPFL, ancien étudiant au Laboratoire de photonique et interfaces, une start-up démarre sur le procédé de coulage en bande, suivie par la création en mai 2000 de *HTCeramix SA*. Dans une première phase, l'entreprise est passée de la production d'une cellule de laboratoire (de 35 mm de diamètre) à une cellule industrielle de 12 cm de diamètre (fig. 4), similaire à celle utilisée par *Sulzer Hexis*. Actuellement, dans le cadre d'un nouveau projet co-financé par la CTI, la mise en série de plusieurs cellules est envisagée. Un module de pré-traitement du combustible devrait aussi autoriser l'utilisation de biogaz, à faible pouvoir calorifique. L'industrie gazière suit de près ces développements et encourage un projet sur des membranes céramiques séparatrices d'oxygène. Pour ces développements *HTCeramix* collabore étroitement avec le LENI.

A terme, la jeune entreprise espère offrir une plate-forme intégrée: systèmes sur mesure développés pour différents types d'applications (comprenant empilement, alimentation, gestion thermique et énergétique du système). Elle emploie, en collaboration avec l'EPFL, dix personnes chargées des développements techniques et de la recherche de partenaires.

Plutôt qu'un énième système énergétique, c'est une nouvelle approche de l'énergie que défend *HTCeramix*: une production modulaire décentralisée et une gestion intelligente. La start-up se donne jusqu'en 2003 pour réaliser un premier prototype de laboratoire convaincant.

3



4

