



## Hydrogène et pile à combustible Les projets de recherche européens et français

Françoise Barbier

### Summary Hydrogen and fuel cell: The European and French projects

The potential of fuel cells has been recognized within the European Community. The Framework Program of the European Union has supported the research, technological development and demonstration on fuel cells since 1988. This support has grown from 8 M € in the period 1988-1992 to 58 M € in 1994-1998. Following the first call for proposals in the Fifth Framework Program (1999-2002), the support already exceeds 59 M €. In addition to these European programs, national programs are developed. In France, the government created the fuel cell technological research and innovation network (PACo network) to contribute for the development of these technologies and to succeed in their industrialization. Since its creation in June 1999, the PACo network labeled 30 projects, representing a R&D budget of about 60 M €. A technological research center (CNRT) dedicated to fuel cell systems for transportation has also been created at Belfort-Montbéliard-Nancy.

**Mots-clés** Pile à combustible, hydrogène, programme européen, programme français, réseau de recherche PACo.

**Key-words** Fuel cell, hydrogen, European program, French program, research network PACo.

Les programmes de recherche de l'Union Européenne sur les piles à combustible jouent un rôle essentiel pour la collaboration et l'échange d'informations entre les différents acteurs du secteur. Dans le cadre de la construction de la navette spatiale Hermès, des actions européennes de recherche avaient été lancées sur les piles alcalines. L'abandon du projet a conduit quasiment à un arrêt des activités dans le domaine. Ce n'est qu'après 1985 que les recherches ont redémarré au sein de l'Union Européenne. La Communauté reconnaît que l'utilisation des piles à combustible représente une solution qui pourrait contribuer au développement durable et à l'aboutissement des objectifs de politiques européennes en matière d'énergie, d'environnement et de transport dans le court, moyen et long terme. Parmi ceux-ci : doubler la part des énergies renouvelables (passer de 6 % en 1998 à 12 % en 2010), respecter les engagements de Kyoto (diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> de 8 % par rapport au niveau de 1990), harmoniser le tissu socio-économique.

En parallèle aux programmes européens, les États membres de l'Union mènent un certain nombre de programmes nationaux liés au développement et à l'application de cette technologie. Comme on l'a vu dans le chapitre consacré aux piles à combustible, seule une petite activité de recherche s'était maintenue en France entre 1980-1990. L'activité a réellement repris en 1992 dans le cadre d'un programme national de recherche sur les transports (programme PREDIT). Malgré cette activité, les recherches françaises dans le domaine des piles à combustible sont restées limitées. Aussi, le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche

et de la Technologie a décidé de créer en juin 1999 le réseau national « Piles à combustible » (réseau PACo) pour organiser et harmoniser la R & D menée en France sur ces technologies afin d'assurer la réussite de leur industrialisation.

Un bref aperçu des programmes de recherche européens et français sur les piles à combustible est présenté dans cet article.

### Le cadre européen

Le programme-cadre de l'Union Européenne (PCRD) supporte l'effort de R & D technologique et de démonstration des piles à combustible depuis 1988. Ce soutien s'est accru de 8 M € entre 1988 et 1992 pour atteindre les 58 M € dans le quatrième PCRD (1994-1998). Ce programme fut mené pour des applications stationnaires et transports dans trois cadres distincts : JOULE (recherche de base et développement du module et du système pour démontrer la faisabilité technique), BRITE-EURAM (matériaux et procédés industriels) et THERMIE (démonstrateurs de faisabilité économique). Dans ces cadres, des travaux de base furent conduits sur les MCFC et SOFC (~ 40 % de l'aide), les démonstrations ont concerné principalement les MCFC et PEMFC (aucune démonstration de SOFC pour cette période). Depuis la mise en œuvre du cinquième PCRD (1999-2002), la contribution européenne excède déjà 59 M € avec environ 39 M € pour la R & D et 20 M € pour les démonstrations (figure 1). Toutefois, cette subvention se partage entre les différents pays et est distribuée sur les différents projets (SOFC : 20,5 %, MCFC : 11 %, PEMFC et stockage hydrogène : 43 %, reformeurs : 13 %, DMFC : 5 %) [1].



# PROJETS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATIONS

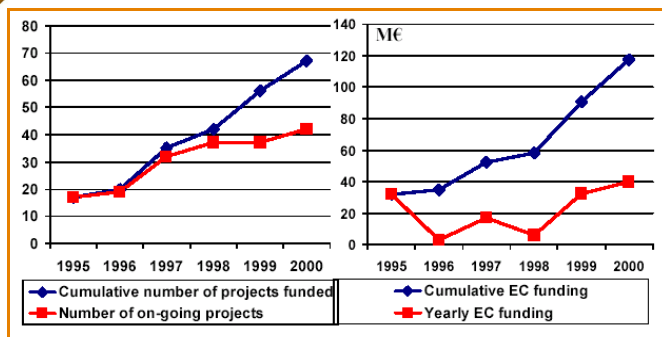


Figure 1 - Aide accordée par l'Union Européenne dans le domaine des piles à combustible depuis 1995 [2].

Un certain nombre de projets de recherche et de démonstrations menés en collaboration avec des industriels et des centres de recherche européens sont donc financés par la Commission (*figure 1*). L'objet de ce document n'est pas d'en dresser une liste exhaustive mais parmi ceux-ci, on peut citer certains programmes de démonstration de bus à pile à combustible [3] :

- Projet de démonstration à Berlin, Copenhague et Lisbonne d'un bus équipé d'une pile PEMFC et alimenté en hydrogène liquide (09/1998-03/2003, coordonné par le Sénat de Berlin, utilisation des bus prévue 6 mois dans chaque ville) ;
- Projet CUTE – clean urban transport for Europe – (prévu jusqu'au 07/2006, coordonné par DaimlerChrysler) : 27 bus Evobus doivent fonctionner pendant 2 ans dans 9 villes pilotes, la pile étant alimentée par de l'hydrogène gazeux ;
- Projet ECTOS – ecological city transport system – (03/2001-02/2005, coordonné par Icelandic New Energy) : des bus doivent fonctionner à Reykjavik avec de l'hydrogène produit par électrolyse à partir de sources d'énergies renouvelables.

Avec ces programmes, ce sont donc au moins 30 bus à pile à combustible alimentée en hydrogène qui fonctionneront vers 2002 dans 13 villes et qui concerneront 9 pays (dont 8 de l'Union Européenne). Ces projets sont très liés à des programmes de R & D complémentaires comme par exemple : FUERO (recherche sur composants des piles, combustibles et systèmes), FEBUSS (synergie entre les piles pour applications stationnaires et transport), EIHP (recherche pré-normative liée au développement de règles et normes pour les véhicules alimentés en hydrogène)...

Concernant les applications stationnaires, on peut citer les démonstrations suivantes [1, 4] :

- Projet FC STAT (1998-2001, coordonné par Air Liquide) : réalisation d'un prototype de 250 kW<sub>e</sub>,

à Waziers dans le nord de la France, pile PEMFC alimentée par des rejets d'hydrogène gazeux ;

- Démonstration d'un système de 1 MW basé sur une pile SOFC couplée à des microturbines (2000-2003, coordonné par Energie Baden-Württemberg).

La coopération dans ce secteur entre les États membres et l'Union a débuté dès 1995 par l'établissement d'une stratégie européenne à dix ans qui fut révisée en 1998. Son objectif est de mieux coordonner la complémentarité entre les programmes nationaux et ceux de l'Union afin d'accroître l'efficacité de l'effort de recherche dans ce secteur. L'augmentation de l'intérêt témoigné par l'industrie, supporté par les milieux académiques, a encouragé la Commission Européenne à choisir le secteur des piles à combustible comme expérience pilote dans le processus de promotion d'un véritable espace européen de la recherche. Le prochain programme-cadre (sixième PCRD 2003-2006) doit donc contribuer à réaliser cet espace européen de la recherche proposé par Philippe Busquin, membre de la Commission Européenne et responsable de la recherche. Dans ce cadre, de nouveaux concepts vont voir le jour comme les réseaux d'excellence qui mettent en œuvre un programme commun d'activités et les projets intégrés qui ont un caractère très finalisé et sont mis en œuvre par des plans d'exécution.

Cette nouvelle approche est déjà suggérée pour les deux dernières années du cinquième PCRD. Elle intègre une action ciblée sur le court, moyen et long terme portant sur les systèmes de piles à combustible et les technologies liées à l'hydrogène (PEMFC, SOFC, DMFC, reformeurs, stockage). Elle doit contribuer à réduire le coût de ces technologies et à résoudre les problèmes du choix du combustible et de son infrastructure. Les priorités se concentrent sur des applications stationnaires, mobiles et portables et incluent des activités de recherche socio-économiques et pré-normatives liées au développement de règles en matière de sécurité, normalisation et formation.

## Le cadre national

### Le réseau « PACo »

Les réseaux de recherche et d'innovation technologiques (RRIT) sont un nouveau type d'action de soutien à l'innovation lancé par le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie dans le cadre de la politique de l'innovation. La création des réseaux a été annoncée en juin 1999 par le Comité interministériel de la recherche scientifique et technologique (CIRST).

# PROJETS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATIONS



Ils ont pour but de favoriser le couplage entre la recherche publique et les entreprises sur des domaines jugés prioritaires par le gouvernement. Ils doivent ainsi répondre à la demande économique et à la croissance d'entreprises.

Les principales fonctions des réseaux sont :

- d'être à l'écoute de la demande socio-économique à moyen et à long terme,
- d'identifier les problèmes technologiques à résoudre,
- de rassembler des compétences scientifiques et technologiques,
- de développer des projets à partir de ces compétences,
- de susciter la mise en place des équipements nécessaires à la collaboration des partenaires,
- de définir et de faire partager une pratique satisfaisante de la propriété intellectuelle et industrielle,
- d'encourager le transfert vers le marché, notamment par la création de PME innovantes.

Dans le contexte général de la politique gouvernementale de diversification énergétique, les piles à combustible apparaissent comme une technologie très prometteuse. Le réseau « Piles à combustible » (réseau PACo) s'inscrit dans ce cadre. Cette structure a pour mission de travailler à la préparation d'une technologie « piles à combustible » qui soit commercialement viable. Le réseau aborde la filière dans sa globalité, en partant du carburant nécessaire à l'alimentation de la pile à combustible pour aller jusqu'à l'utilisation de l'énergie fournie par la pile. Il s'organise autour d'équipes de R & D issues du monde industriel et de leurs directions scientifiques et techniques (grands groupes, PME/PMI, ingénieries) ou du secteur public (universités, organismes de recherche, écoles d'ingénieurs).

Les efforts engagés par le réseau doivent répondre à des besoins bien identifiés. C'est le rôle du comité d'orientation, composé d'une vingtaine de personnes unissant industriels et chercheurs et présidé par R. Ballay (EDF), d'assurer cette cohérence. Le financement est organisé par un bureau composé de quelques membres du comité d'orientation et de représentants des organismes financeurs : le ministère de la Recherche, le ministère chargé de l'Industrie, l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et l'Anvar (Agence de valorisation de la recherche). Enfin, une cellule d'animation composée de représentants de l'Ademe et du CEA assure le fonctionnement et l'animation scientifique du réseau.

Au niveau fonctionnement, les équipes de recherche ayant un projet dont la teneur est conforme aux objectifs stratégiques du réseau

peuvent le présenter à tout moment. Le projet est ensuite expertisé puis examiné par le comité d'orientation qui en évalue la pertinence et décide de le sélectionner ou non (procédure de labellisation).

Depuis sa création et le lancement du premier appel d'offres (20/07/1999), le réseau a labellisé 30 projets qui se répartissent en trois thèmes :

- Hydrogène et autres combustibles (production et stockage d'hydrogène, reformage) : 27 %.
- Composants de pile, stacks, systèmes et démonstrateurs : 53 %. Parmi ces projets, trois sont relatifs aux piles SOFC, un aux piles AFC, les autres concernent les piles PEMFC.
- Actions transverses (sûreté, veille et analyses technico-économiques, plate-formes de tests) : 20 %.

Le montant global des projets acceptés correspond à environ 60 M €, dont environ 20 M€ de demandes d'aides publiques. Cette structure, ayant comme mission de créer des liens entre les équipes françaises concernées par les piles à combustible, il est intéressant de constater qu'environ une centaine d'équipes de recherche sont à l'origine de ces projets, provenant pour moitié de l'industrie et pour moitié des organismes publics de recherche. Enfin, la constitution du réseau a permis d'identifier environ 500 personnes comme concernées en France par l'activité piles à combustible.

En 2001, le réseau PACo a consolidé ses actions en les adossant à une stratégie clairement exprimée. A cette fin, il a consulté différents acteurs du domaine (organismes de recherche, industriels) qui se sont exprimés par le biais d'une enquête, d'interviews individuels et d'un atelier de travail. Cette analyse stratégique a révélé qu'un certain nombre d'axes technologiques méritent un approfondissement. Le comité a donc décidé de lancer un second appel à propositions (29/06/01) avec des objectifs ciblés correspondant aux besoins affirmés.

Parallèlement, le réseau assure la diffusion d'informations utiles à la communauté française travaillant dans le domaine. Pour cela, il a mis en place sur son site web ([www.reseaupaco.org](http://www.reseaupaco.org)) une plate forme d'animation dédiée à la veille technologique, scientifique et économique sur les piles à combustible. Cette recherche d'informations technico-économiques pertinentes est destinée à l'ensemble des personnes intéressées par le développement des piles. Plus généralement, cet outil diffuse des informations sur l'organisation et la vie du réseau. L'appel d'offres récemment lancé peut y être consulté.

La dynamique du réseau est enclenchée. Il faut maintenant passer d'une obligation de moyens à



## PROJETS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATIONS

une logique de résultats. Ce sont les objectifs de l'année 2002 au cours de laquelle un certain nombre de projets arriveront en phase finale.

### Le CNRT « Piles à combustible, interfaces pour les transports terrestres »

Le Centre National de Recherche Technologique (CNRT) permet de mettre en commun des compétences et des moyens, publics et privés, sur une thématique ciblée et centrée sur un territoire. Les objectifs principaux sont :

- d'accroître la capacité d'innovation et la compétitivité de l'industrie nationale,
- d'accompagner le développement industriel local,
- de coordonner les efforts de recherche publique et privée,
- de créer un pôle de compétences reconnu à l'échelle nationale.

En juillet 2000, le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie a lancé le CNRT Belfort-Montbéliard-Nancy sur l'activité « Systèmes piles à combustible, interfaces pour les transports terrestres ». Il s'appuie sur les compétences locales en matière de recherche, sur la présence de groupes industriels et sur les partenariats existants.

Une plate-forme nationale d'essais ouverte aux industriels intéressés par les piles à combustible embarquées dans des véhicules sera créée, en vue

d'optimiser le fonctionnement des piles et d'étudier leur intégration dans les transports. Cette plate-forme disposera de trois cellules d'essais. Les charges électriques connectées permettront en particulier de simuler le comportement d'un véhicule. La pose de la première pierre de la plate-forme est prévue en 2001. Le site web de l'UTBM ([www.utbm.fr](http://www.utbm.fr)) peut être consulté pour en savoir plus.

### Références

- [1] Lequeux G., Status of the European SOFC programme, *Proceedings of the Seventh International Symposium: Solid Oxide Fuel Cells VII*, Ed. H. Yokokawa and S.C. Singhal, The Electrochemical Society Inc, États-Unis, PV **2001**-16, p. 14.
- [2] Lequeux G., European perspectives for fuel cells in the EU/US, Second Solid State Energy Conversion Alliance Workshop, 29-30 mars **2001**, Arlington, Virginia, États-Unis.
- [3] Ponthieu E., The European Fuel Cell Demonstration Programme, *Proceedings of the Seventh Grove Fuel Cell Symposium*, 11-13 septembre **2001**, Londres, Royaume-Uni.
- [4] Ereat P., European Commission Activities in Stationary Fuel Cells, Conference on Fuel Cells for stationary Applications, 1-2 mars **2001**, Londres, Royaume-Uni.



#### Françoise Barbier

est assistante à la Direction des Nouvelles Technologies de l'Énergie du CEA-DRT\* et co-animatrice du réseau Piles à combustible PACo.

\* Direction des Nouvelles Technologies de l'Énergie, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses.  
Tél. : 01 46 54 93 90. Fax : 01 46 54 82 32  
E-mail : francoise.barbier@cea.fr