

Fiche R&D n°6 : Développer la fourniture d'électricité au bateau par pile à combustible

A. Présentation technique

1. Domaine d'application

Motorisation	Propulsion	Carène	Equipements embarqués	Carburants	Autres
				X	

2. Description technique

La pile à combustible est une source d'énergie prometteuse. Elle permet de générer de l'énergie électrique par la réaction d'hydrogène et d'oxygène. A priori, les propriétés de la pile à combustible ne sont pas incompatibles avec les exigences à bord des bateaux. Bien que le potentiel de la pile à combustible sur le plan de l'économie d'énergie ait été confirmé par des applications opérationnelles, il ne peut encore être question d'une application à grande échelle.

Cependant, sous l'influence d'une industrie automobile dynamique, la technique de la pile à combustible pourrait connaître une évolution telle qu'une application à grande échelle pourrait être envisageable dans un avenir proche. Les piles à combustibles destinées à la production d'énergie pour les moteurs électriques semblent être essentiellement des unités de moindre puissance. Pour les applications stationnaires, il existe des piles à combustible capables de produire plusieurs mégawatts.

L'origine de l'hydrogène devrait également s'avérer déterminante :

- Production à bord à partir de carburants fossiles, liquides ou gazeux
- Production à grande échelle et distribution pour stockage sur les unités fluviales.

Des applications ciblées peuvent être envisagées dans la perspective du développement de l'activité fluviale.

- A moyen terme : Substitution à l'actuelle installation associant groupe électrogène, batteries et chaudière, une installation d'une APU fonctionnant en cogénération qui permettra une réduction significative de la consommation de gazole destiné à l'électricité et au chauffage du bateau.
- A long terme : La technologie devrait permettre de réaliser la motorisation complète d'un automoteur de gabarit Freycinet (200kW - 350t) ou Canal du Nord (400 kW - 850 t). Des transports tels que celui du méthanol, de l'urée ou de l'ammoniac constitueraient un atout décisif dans la réalisation du projet d'automoteur à pile à combustible, ces produits générant facilement l'hydrogène nécessaire à la propulsion.

Description	Électrolyte	Ions mis en œuvre	Gaz/liquide à l'anode	Gaz à la cathode	Puissance	Température de fonctionnement	Rendement électrique
PEMFC – Pile à combustible à membrane d'échange de protons	Membrane polymère	H ⁺	dihydrogène	dioxygène	0,1 à 500 kW	60 °C à 100 °C	Stack : 50-70 % Système : 30-50 %
PAFC – Pile à combustible acide phosphorique	Acide phosphorique	H ⁺	dihydrogène	dioxygène	jusqu'à 10 MW	environ 200 °C	Stack : 55 % Système : 40 %
MCFC – Pile à combustible carbonate fondu	Carbonate de métaux alcalins	CO ₃ ²⁻	dihydrogène, Méthane, Gaz de synthèse	dioxygène	jusqu'à 100 MW	environ 650 °C	Stack : 55 % Système : 47 %
SOFC – Pile à combustible oxyde solide	Céramique	O ²⁻	dihydrogène, Méthane, Gaz de synthèse	dioxygène	jusqu'à 100 MW	800 °C à 1 050 °C	Stack : 60-65 % Système : 55-60 %

TABLEAU 1 - LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE PILES A COMBUSTIBLE A PRIORI LES PLUS PERTINENTES

3. Horizon d'application⁶⁷

- Long terme pour le 100% électrique
- Moyen terme pour l'alimentation en électricité de bord

4. Développement actuel et disponibilité sur le marché

En cours de développement / Non disponible

B. Application technique

1. Secteur économique concerné

Secteur fluvial	Secteur de la pêche	Autre
X	X	

2. Flotte concernée

Bateau d'occasion	Bateau neuf
X	X

⁶⁷ Actuel, court [<5 ans], moyen [5 à 15 ans] ou long terme [>15 ans]

3. Ampleur de déploiement potentiel sur le marché :

L'étude « des perspectives à moyen terme de l'activité et de la flotte fluviales »⁶⁸, réalisée par Eurotrans pour Entreprendre pour le fluvial évaluée à 500 la nouvelle cale (bateaux neuf et d'occasion) qui sera nécessaire à horizon pour répondre à l'évolution de la demande de transport.

4. Typologie d'unité fluviale concernée

Automoteur	Pousseur	Barge	Autre
X	X		

5. Adaptabilité de la logistique à quai

Problématique de l'approvisionnement potentiel en hydrogène.

C. Performance environnementale

Gains attendus en émissions de gaz à effet de serre :

- 100% électrique : 100% (Electricité de bord : ND)

D. Bonnes pratiques observées

1. Le programme Pan-H de l'ANR

L'Agence Nationale de la Recherche (ANR) a ouvert, dès sa création en 2005, un champ de recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie. Sur la priorité du développement de procédés énergétiques alternatifs aux énergies fossiles, le financement de la R&D s'est notamment focalisé sur la filière hydrogène. Hpac concerne la production propre d'hydrogène (électrolyse de l'eau à haute et basse températures), le stockage de l'hydrogène (gazeux à très haute pression, solide dans des solides innovants) et son utilisation dans les piles à combustible (principalement PEMFC). Les applications visées concernent essentiellement le stationnaire, les marchés précoces et la gestion des ENR, sans négliger les applications embarquées préparant l'extension au domaine automobile dans la continuité des efforts entrepris au cours des programmes précédents. Site web du programme Hpac :

<http://www-anr-hpac.cea.fr/scripts/home/publigen/content/templates/show.asp?L=FR&P=55>

2. Projet de sous-marin

Les partenaires de ce projet (2007-2010) sont : l'IFREMER, Cybernetix, ECA, l'Ecole de Mines, Hélicon, SNPE (développe une solution pour les hydrures). Une des contraintes est la mise en place d'une PAC en milieu anaérobie, sans rejets (milieu confiné). Des tests sont prévus en novembre

⁶⁸ Source : Etude des perspectives à moyen terme de l'activité et de la flotte fluviales – Eurotrans/EPF- 2009

2009 avec la plongée d'un AUV (Autonomous Underwater Vehicle) jusqu'à Barcelone. L'autonomie est ici multipliée par 2 ou 3 par rapport aux batteries Li-ion (environ 200 à 300 km d'autonomie). Un des autres avantages de la PAC est la possibilité d'une recharge rapide (de l'ordre de 10 minutes pour des « petits » réservoirs).

3. Projet APACHE (2008)

Mise en place d'une technologie de PAC de 10 KW (sur la base du concept PAC-SM) dans le naval puis l'aéronautique. Dans les deux cas, les conditions demandent une PAC H₂/O₂ car dans le cas du naval, l'air salin dégrade irréversiblement la membrane, et dans le cas de l'aéronautique, il faut pouvoir fonctionner dans des conditions de relative anoxie. Le projet, réalisé par la société Héliion, est défini sur la période 2009 – 2011, financé dans le cadre du FUI et porté par les pôles de compétitivité CapEnergies, Pegase et mer PACA. Une expérience de type APU sera lancée au printemps 2010. Une expérience permettra également d'utiliser la PAC pour la propulsion d'un petit bateau (10 – 15 KW).

4. Projet ZEMSHIPS

L'objectif était de développer et de rendre opérationnel un bateau à passagers Aster alimenté par une pile à combustible et une station de réapprovisionnement en hydrogène pour un impact environnemental nul concernant les émissions et une rupture dans l'usage des énergies fossiles. Le bateau est opérationnel depuis août 2008 sur le lac d'Alster en Allemagne et sera testé jusqu'en 2010.

5. Contrat de partenariat VNF/INRETS

Un accord-cadre a été établi en 2009 entre VNF et l'INRETS afin de développer en commun des actions de recherche, d'expertise, d'essais dans les principales thématiques liées à l'infrastructure.

Un de ces actions de recherche se rapportent au thème « *Environnement/Energie* » : optimisation énergétique de la propulsion des bateaux (propulsion hybride, PAC...), gestion de l'énergie, impacts environnementaux (bruit, pollution atmosphérique, qualité de l'air), impact du changement climatique (gestion des déchets, des boues de dragage...);

E. Entreprise / Organisme

Organisme		Téléphone	Fax	Adresse	Site Internet
HELION Power	Hydrogen	04.42.90.81.53	04 42 90 71 97	Domaine du Petit Arbois - Bâtiment Jules Verne - BP 71 13545 Aix en Provence Cedex 04	www.helion-hydrogen.com
INRETS		04 72 14 26 34	ND	25, avenue François Mitterrand - Case 24 F- 69675 BRON Cedex	www.inrets.fr