

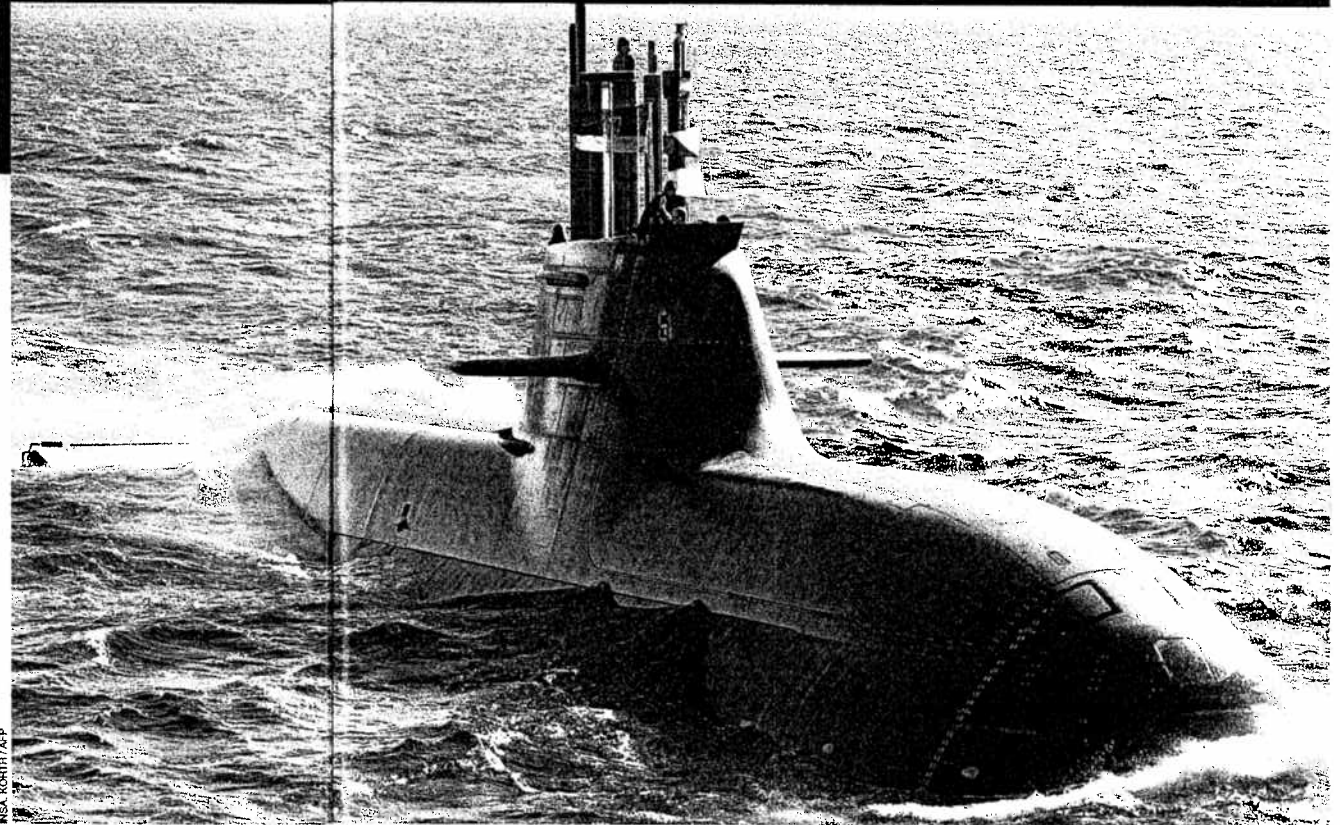
# Hydrogène et pile à combustible : une vieille énergie pour le futur

La pile à combustible n'est pas près de remplacer les énergies traditionnelles. Adaptée pour des appareils de faible puissance, sa durée de vie limitée et son coût prohibitif limitent son usage. Mais demain... ?

Un peu d'hydrogène, un peu d'oxygène, deux électrodes, secouez le tout, et vous obtenez de la chaleur, de l'électricité avec, pour seul rejet, de l'eau. Technologie révolutionnaire ? Non. Une découverte vieille de cent soixante-cinq ans mais qui fait reparler d'elle, dans un contexte où les sources d'énergie fossile tendent à se raréfier et à coûter toujours plus cher. On commence même à envisager la pile à combustible (PAC) comme une alternative aux problèmes d'environnement (gaz à effet de serre) et énergétiques de la planète, notamment pour le transport. Solution crédible ? Pas encore, à en croire Michel Amiet, en charge des programmes de développement de la pile à la Délégation générale pour l'armement (DGA). « La PAC doit résoudre de nombreux défis technologiques [puissance, fiabilité, coût, encombrement] pour remplacer les sources traditionnelles, qu'elles soient à pétrole ou nucléaire. Mais, précise-t-il, la DGA y croit et a participé depuis 1976 à tous les grands programmes. » Elle n'est pas la seule, la société américaine AeroVironment a procédé avec succès, le 28 juin dernier, au premier essai mondial en vol d'un appareil sans pilote alimenté par de l'hydrogène. Le « global observer » est propulsé par huit moteurs électriques mus par une pile à combustible. D'une envergure de cinq mètres et d'un rayon d'action intercontinental, il est capable d'emporter une charge utile de 500 kg à 20 000 mètres d'altitude

pour une durée de vol de plus d'une semaine. Les grands groupes de l'industrie automobile développent des prototypes. L'allemand DaimlerChrysler ou le japonais Honda, par exemple, qui a mis au point la Fuel Cell FCX, dont cinq exemplaires roulent actuellement dans la région de Tokyo exclusivement grâce à une PAC canadienne Ballard de 78 kW. Le véhicule est toutefois si cher et si difficile à entretenir que la firme nipponne ne le vend pas mais le loue 8 000 euros par mois ! « Il ne faut pas compter voir rouler la voiture de M. tout le monde avec une PAC avant 2020 ou 2030 », assure Michel Amiet « En revanche, s'il s'agit de fournir une énergie de faible puissance, des applications à court terme sont prêtes pour un usage nomade. Par exemple, et au niveau militaire des mini-PAC sont dès à présent envisagées dans le cadre du programme Félin [fantassin du futur à équipements et liaisons intégrés] serviront de recharges portatives pour les appareils électroniques du combattant. »

Pourquoi alors les piles à combustibles sont-elles souvent présentées comme la solution du futur dans le domaine de la production d'énergie électrique ? Leur attrait s'explique par plusieurs atouts : rendements élevés, faible émission du niveau sonore, peu ou pas d'émission polluante. Des avantages qu'il faut évaluer à leur juste mesure. « Pour qu'une pile fonctionne bien, il faut que l'hydrogène qui l'alimente soit le plus pur possible », précise Arnaud Deschamps, de la Compagnie euro-



Les neuf piles à combustible (de 30 à 50 kW) du U31 allemand, lui procurant assez d'énergie pour effectuer des plongées d'une vingtaine de jours.

peenne de production d'hydrogène, basée à Marcoussis (Essonne). « Or certains systèmes de production d'hydrogène fonctionnent à partir du gazole. En plus de la molécule d'hydrogène, ce carburant est composé de centaines de molécules qui, elles, sont polluantes. » En outre, la pile à combustible nécessite un grand nombre d'auxiliaires pour son fonctionnement. « Ces pièces sont indispensables pour une bonne performance de la pile, détaille Arnaud Des-

champs. Or, pour l'instant, on n'a pas trouvé le moyen d'en concevoir qui soient fiables, peu coûteuses et possédant une bonne durée de vie. » En France, relever les défis technologiques que pose le développement de la pile à combustible et de son carburant, l'hydrogène, incombe à l'Agence nationale de la recherche (ANR). Rattaché au ministère de la recherche, cet organisme soutient le Plan d'action nationale sur l'hydro-

gène et les piles à combustible (PAN-H - Site : [www.gip-anr.fr](http://www.gip-anr.fr)) piloté par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Pour créer une filière française autour de l'hydrogène et de la pile à combustible, ce plan fixe cinq champs d'action prioritaires : les systèmes eux-mêmes, le stockage et les problèmes de sécurité liés à l'hydrogène, son transport et sa distribution, la production d'hydrogène ainsi que la formation et le développement des activités des chercheurs et des tech- ▶

► niciens. Cette année, l'ANR a ainsi investi 100 millions d'euros (dont 32 millions pour la seule PAC) pour le développement des nouvelles technologies de l'énergie. Elle les a attribués à 150 projets impliquant 900 équipes de recherche (dont 270 entreprises).

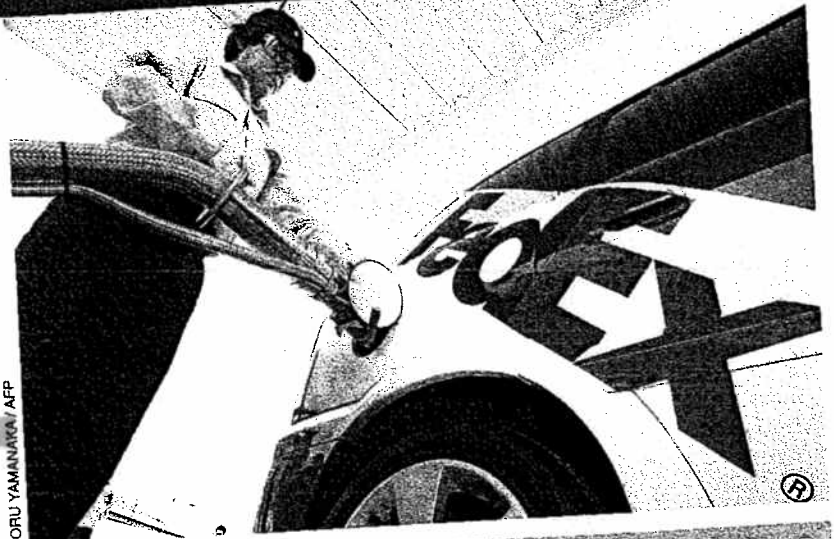
Dans ce cadre, la Délégation générale pour l'armement (DGA) est maître d'œuvre du programme fédérateur SPACT 80 (système de pile à combustible terrestre de 80 kilowatts). Ce projet rassemble entre autres, le CEA, Hélion (fabricant français de pile à combustible), Air Liquide, le CNRS et la SNCF en tant qu'utilisateur. Son objectif : la mise au point d'une PAC de 80 kW (puissance représentative des besoins à bord des engins militaires lourds).

D'ici trois ans, elle sera testée au Centre national de la recherche et de la technologie (CNRT) sur les piles à combustible de Belfort, puis sur un locotracteur de la SNCF, et enfin sur un prototype de véhicule tout-terrain de la défense ECCE (sorte de plate-forme modulaire géante de 13 tonnes servant à expérimenter d'autres systèmes de propulsion).

« L'enjeu est le développement d'une PAC de forte puissance qui nous placera dans le peloton de tête des pays innovant dans ce domaine », déclare Michel Amiet.

### Une longueur d'avance pour l'industrie allemande

« Nous avons pris un certain retard dans l'expérimentation, il faut le reconnaître, notamment par rapport à l'Allemagne, qui a déjà mis au point des PAC capables d'alimenter en énergie certains de ses sous-marins ». Siemens a en effet lancé, en partenariat avec le groupe de construction navale HDW, un sous-marin destiné à la marine allemande et à l'exportation. Son nom : U31. Il comprend neuf PAC d'une puissance de 30 à 50 kW capable de produire assez d'énergie pour des plongées d'une vingtaine de jours (contre trois mois pour un sous-marin nucléaire). Deux exemplaires équipent depuis octobre dernier la marine allemande. D'autres, en construction, équiperont les marines grecque, portugaise, italienne et sud-coréenne. « La France a opté pour une solution différente pour ses sous-marins destinés à l'export,



TORU YAMANAKA / AFP

Ils font le plein ! Du téléphone portable à la voiture, les piles à combustible risquent de changer nos habitudes.



YOSHIKAZU TSUNO / AFP

confie Michel Amiet, la propulsion est assurée par un nouveau procédé : le Module énergie sous-marin autonome [MESMA], qui est un moteur révolutionnaire à cycle fermé de faible encombrement et dont l'export est déjà assuré. »

Après de longues années de latence, la révolution énergétique « hydrogène » se met en marche. Ce gaz remplacera-t-il les carburants fossiles et sera-t-il capable de fournir une énergie abondante, propre et bon marché ? On peut en rêver, à l'image de l'expérience menée à Paris, dans le XV<sup>e</sup> arrondissement, où 283 logements sociaux seront prochainement chauffés et alimentés en électricité par une pile à combustible. ■

E. Derville et S. Froidure

### Comment ça marche ?

La pile à combustible (PAC) est un générateur produisant de l'électricité, de la chaleur et... de l'eau, à partir d'une réaction électrochimique combinant de l'hydrogène et de l'oxygène. Elle est constituée de cellules composées de deux électrodes séparées par une membrane en platine. Au cours de la réaction, l'hydrogène (H<sub>2</sub>) perd ses deux électrons, qui passent dans le circuit électrique, tandis que ses deux protons vont s'accrocher à ceux d'un atome d'oxygène. La réaction produit le célèbre H<sub>2</sub>O : de l'eau ! De part et d'autre des électrodes, des plaques bipolaires collectent le courant. Plus le nombre de cellules et leur surface sont importants plus la puissance de la pile augmente de quelques watts (piles pour appareil photo) à plusieurs dizaines de kW (PAC équipant des bus). Pour fonctionner utilement la pile doit être intégrée à un ensemble comprenant : compresseur, pompes, onduleurs, échangeurs de chaleur, systèmes de commandes, stockage, de préparation du carburant de sûreté de fonctionnement.

site pédagogique d'informations générales et vulgarisation des travaux Commissariat à l'énergie atomique site t complet et très bien conçu, animé Anne-Sophie Corbeau (Ecole Central Paris, promotion 2000).