



Bulletin n° 42 Juin 2006

Une économie basée sur l'hydrogène ?

Editorial

L'hydrogène, constituant de l'eau H_2O , est un gaz léger qui brûle en produisant de la chaleur. Il peut donc remplacer le gaz naturel dans des moteurs ou brûleurs, avec l'avantage que sa combustion ne produit pas de gaz carbonique CO_2 , mais seulement de la vapeur d'eau. Utilisé dans une pile à combustible, il permet de produire de l'électricité sans émission de CO_2 . Il constitue donc un carburant idéalement écologique !

Il ne faut pourtant pas oublier que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie, mais seulement un vecteur, comme l'électricité. Pour pouvoir l'utiliser, il faut d'abord le produire. Nous avons déjà évoqué la question dans les numéros 21 et 25 (mars 2001 et mars 2002) de notre bulletin.

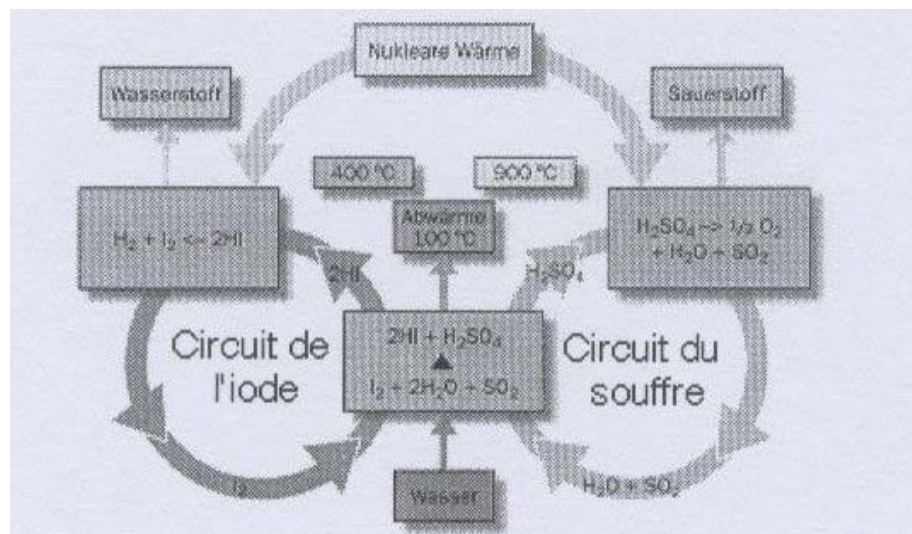
Les récents développements de véhicules fonctionnant à l'hydrogène, soit utilisé directement dans un moteur conventionnel à combustion interne, soit par l'intermédiaire de piles à combustible alimentant un moteur électrique, nous incite à revenir sur ce thème. D'autre part, le programme de recherche "Génération IV" dans le domaine de nouveaux réacteurs nucléaires, que nous avons abordé dans le dernier numéro ([No 41, mars 2006](#)), permet d'envisager une production abondante et économique d'hydrogène sans émission de CO_2 .

Comment produit-on l'hydrogène ?

L'hydrogène peut être produit selon trois procédés bien distincts :

- par électrolyse de l'eau, à partir d'électricité. Le procédé est bien connu, mais coûteux. Or cette électricité, qui n'est pas non plus une source primaire, il faut la produire d'abord. Et si cette électricité doit être générée à partir de combustibles fossiles, il vaut mieux alors utiliser directement ces derniers dans nos moteurs ou nos brûleurs,
- par thermochimie, à condition de disposer de températures très élevées,
- par reformage chimique, en cassant les molécules de matières premières riches en hydrogène, comme les combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon, matières organiques tels que la biomasse ou les déchets ménagers). C'est actuellement la méthode la plus utilisée, parce que la plus économique ; mais elle a l'inconvénient de dégager du CO_2 .

Dans notre numéro 25, nous avons décrit un procédé thermochimique, développé par l'Institut [Paul Scherrer \(PSI à Villigen \(AG\)\)](#), permettant de produire de l'hydrogène à partir de la chaleur du soleil. Le projet est basé sur un four solaire où l'on peut atteindre une température de l'ordre de 2000 °C, et utilisant un cycle fermé d'oxyde de zinc. Le zinc sortant du four, combiné avec de l'eau dégage de l'hydrogène, et l'oxyde résiduel est réintroduit dans le four. Par adjonction de charbon ou de coke, on peut abaisser la température de fonctionnement du four à 1200 °C. Une première installation pilote de ce type est actuellement en cours de mise en service en Israël.



D'autres cycles fermés peuvent être envisagés, fonctionnant à partir de températures moins

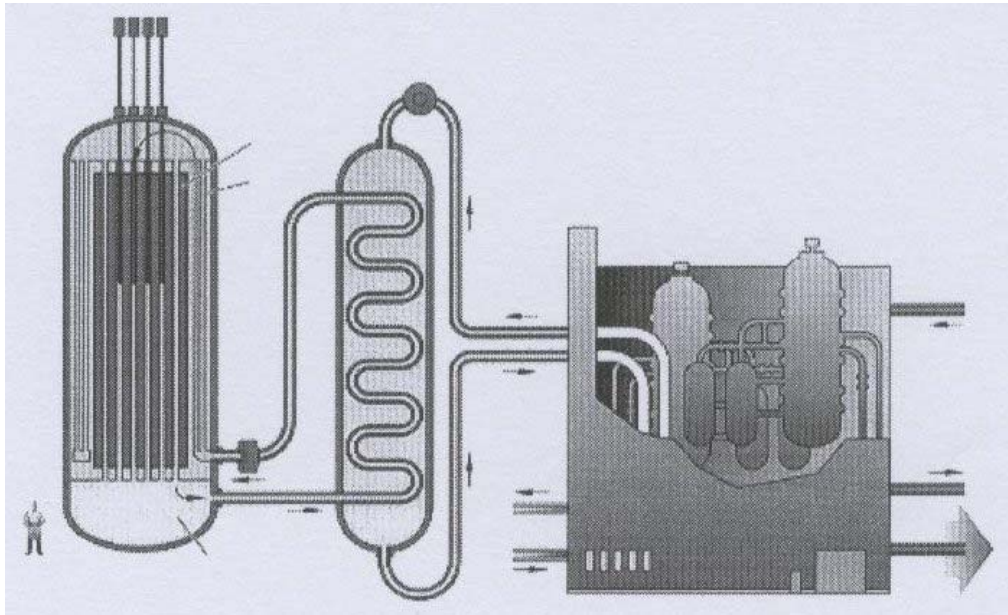
élevées. On étudie en particulier un système basé sur une double boucle :

- une boucle basée sur le soufre, fonctionnant à 900 °C.
De l'acide sulfurique (H_2SO_4) chauffé à 900 °C se décompose en $SO_2 + H_2O$ en dégageant de l'oxygène. Ce résidu, recombinaison avec de l'eau, redonne du H_2SO_4 .
- une boucle basée sur l'iode, fonctionnant à 400 °C.
De l'acide iodhydrique (HI) chauffé à 400 °C se décompose en iode (I) en dégageant de l'hydrogène. L'iode, en présence d'acide sulfurique et d'eau régénère l'acide iodhydrique.

Ce procédé ne produit aucun déchet, les réactions chimiques ayant lieu en cycle fermé. Il en résulte seulement une chaleur résiduelle, à 100 °C, qui peut être utilisée pour le chauffage.

Le recours à la chaleur nucléaire

Les températures désirées peuvent être obtenues à partir d'un réacteur nucléaire, alimentant directement l'installation de production d'hydrogène. Le groupement "Génération IV" dont nous avons parlé dans [notre précédent numéro](#), aborde la question, et l'un des projets mis en route concerne un réacteur à gaz à très haute température destiné à une telle utilisation, projet auquel le PSI participe par l'étude de matériaux spécifiques.



Le réacteur envisagé est du type graphite-gaz : le caloporteur est de l'hélium, et le modérateur du graphite. Le combustible est conditionné sous forme de boulets, résistants à une température de 1'800 °C. L'hélium, chauffé à 1'000 °C, passe par un échangeur de chaleur, qui alimente l'installation de production d'hydrogène. Les études du groupement « Génération IV » envisagent un module de 600 MW thermiques. Le principe d'un tel réacteur n'est d'ailleurs pas nouveau (réacteur "Dragon" des années 60), mais trouve aujourd'hui un regain d'actualité.

L'hydrogène a aussi ses problèmes

L'hydrogène demande, du fait de sa faible densité, des brûleurs de taille importante, et un mélange air-gaz spécial. Par contre, les émissions d'oxyde d'azote sont faibles et la combustion dans les installations de turbines à gaz de haute efficacité est très complète. Il faut se souvenir que l'hydrogène gazeux est explosif (voir l'accident du Zeppelin "Hindenburg")

Pour une production décentralisée d'électricité, par exemple dans des moteurs à combustion interne ou des piles à combustible, l'hydrogène est efficace. En ce qui concerne les bâtiments, la chaleur résiduelle produite peut être utilisée pour le chauffage (couplage chaleur-force, décrit dans le numéro 33, mars 2004 de notre bulletin). Par contre, pour le chauffage direct des locaux, la pompe à chaleur (également décrite dans notre bulletin, numéro 24, déc. 2001) constitue une meilleure solution. L'hydrogène a donc sa chance, comme substitut aux combustibles fossiles, dans de petites installations décentralisées.

Enfin, si l'hydrogène, contrairement à l'électricité, est un vecteur d'énergie qui peut être stocké, ce stockage pose quelques problèmes. Comme nous l'avons mentionné dans notre numéro 21, l'hydrogène n'est pas un produit de tout repos. Aussi bien le transport que le stockage demandent des matériaux particulièrement étanches, les atomes ténués de cet élément pouvant s'insinuer dans les fissures les plus minuscules, imperméables à des produits plus lourds.

L'hydrogène peut être stocké sous forme gazeuse ou liquide. Dans ce dernier cas, il faut travailler à très basse température (- 235 °C à 4 bars par exemple), et disposer donc de récipients bien isolés thermiquement. Sous forme gazeuse, on doit comprimer l'hydrogène pour disposer dans un volume raisonnable une réserve utile d'énergie (par exemple pour un réservoir de 26 litres, une pression de 350 bars permet de stocker 800 g de carburant). L'essence au contraire, présente sous un même volume un plus grand contenu énergétique, elle est facilement transportable et se laisse aisément manipuler.

L'automobile à hydrogène

L'utilisation d'hydrogène à la place d'essence dans les véhicules est évidemment souhaitable, tant du point de vue du développement durable que de la protection de l'environnement. Mais il faut alors que ce carburant trouve sa place sur le marché, aussi bien en ce qui concerne son prix que sa distribution.

On sait que les moteurs à combustion interne ont un faible rendement, et que, la plupart du temps ils sont appelés à travailler bien en dessous de leur régime nominal. De plus, dans un véhicule à essence, le freinage détruit une part non négligeable d'énergie. Le rendement global d'un véhicule à essence, calculé à partir des kilomètres parcourus par rapport à l'énergie contenue dans le carburant utilisé, est donc très faible (inférieur à 10 %).

Les véhicules hybrides sont susceptibles de pallier partiellement ces inconvénients et d'améliorer de façon substantielle le rendement énergétique. Le moteur électrique étant capable de fonctionner lors du freinage comme générateur, il produit alors de l'électricité servant à recharger la batterie.

L'utilisation d'hydrogène dans une pile à combustible, combinée avec un stockage d'électricité par des super-condensateurs, lissant les variations rapides de charge, améliore encore considérablement le rendement.

Conclusion

L'hydrogène est aujourd'hui déjà utilisé dans des applications industrielles, il est comprimé, embouteillé et transporté selon des procédés bien connus. Vu le petit nombre d'applications, les médias n'ont pas d'accidents spectaculaires à relater. Mais pour que son utilisation à grande échelle puisse se généraliser, il faut non seulement mettre au point des méthodes de production économiques, mais encore améliorer la technique du stockage à bord des véhicules, de façon à permettre une autonomie suffisante. Il faut aussi créer tout un réseau de transport et de distribution spécifique à ce nouveau carburant.

De là à envisager une utilisation à grande échelle, avec toute la logistique d'approvisionnement que cela suppose, il y a encore un grand pas à faire ! Si une économie à l'hydrogène est souhaitable, et viendra sans doute, ce n'est pas pour demain...

Impressum : ADE Action Démocratique pour l'Energie, Genève, c/o Philippe Wiblé
Rue du Temple 8, 1236 Cartigny, tél. 022 756 16 65, fax 022 756 38 67
e-mail : wible@swissonline.ch

Bulletin trimestriel envoyé aux membres et amis de notre Association CCP Action Démocratique pour l'Energie:
12-12301-9

[Créé par pumaware](#)