

L'hydrogène, vecteur énergétique de demain ?

Associé aux piles à combustibles (voir fiche 10), l'hydrogène est présenté de plus en plus souvent, et en particulier par les tenants du nucléaire, comme « la » solution à terme aux problèmes d'épuisement des ressources fossiles et d'émissions de gaz à effet de serre.

Inépuisable, bien réparti, facilement transportable et propre ?

En effet, on peut tirer l'hydrogène de l'eau qu'on trouve partout sur la terre, mais aussi des hydrocarbures ou de la biomasse, en le séparant du carbone et éventuellement de l'oxygène qu'ils contiennent (le reformage). Il est assez facilement transportable et distribuable dans des conditions analogues à celles du gaz naturel. On peut le stocker au niveau local dans des réservoirs sous pression ou sous forme liquéfiée. Il permet de se chauffer, de s'éclairer, d'alimenter un moteur classique, de fabriquer de l'électricité avec un très bon rendement (environ 60%) grâce à des piles à combustible (PAC), d'entraîner une automobile. Sa combustion dans un moteur, une chaudière ou une PAC produit de l'eau, symbole de pureté.

Si, de plus, l'hydrogène est obtenu à partir de l'électrolyse et que l'électricité employée est renouvelable ou nucléaire, le contenu en émissions de CO₂ de sa filière, de la production à l'usage final, est nul. Ces différentes qualités font du vecteur hydrogène un candidat potentiel à de nombreuses applications dans différents secteurs (transports, habitat, industrie, etc.).

Les problèmes généralement négligés

Le problème principal est l'absence sur terre d'hydrogène à l'état libre comme il existe du gaz naturel. Il faut donc partir d'une matière première contenant de l'hydrogène et utiliser un procédé industriel de séparation de cet hydrogène lié à d'autres atomes dans une molécule plus complexe, par exemple de l'eau ou des hydrocarbures composés d'atomes d'hydrogène et d'oxygène ou de carbone, enfin le transporter jusqu'au lieu d'utilisation finale.

La fabrication

Les processus industriels de fabrication d'hydrogène supposent des investissements, des frais de fonctionnement, consomment de l'énergie et provoquent des rejets et des émissions polluantes. C'est donc l'ensemble de la chaîne qui conduit de l'usage final à la matière première mise en œuvre qu'il faut analyser pour vérifier les avantages de la filière hydrogène.

Deux voies principales permettent la production d'hydrogène :

L'extraction de l'hydrogène d'un hydrocarbure

Cette technique, appelée reformage, peut aujourd'hui s'effectuer dans de grosses unités fixes, par exemple à partir de méthane, ou à bord de véhicules, par exemple à partir de méthanol. Ces procédés ont en commun de consommer de l'énergie et de dégager du CO₂. Le rendement des technologies centralisées à partir de méthane (y compris la compression) atteint au maximum 60%. La production locale à partir de méthanol atteint des rendements du même ordre compte tenu des pertes entraînées par la fabrication du méthanol.

Dans les deux cas, il faut donc dépenser environ 5 kWh de chaleur pour obtenir 1 m³ d'hydrogène, à son tour susceptible de fournir 3 kWh de chaleur par combustion ou 1,8 kWh d'électricité grâce à une pile à combustible. Cette dépense est accompagnée d'émissions de CO₂ de 0,9 à 1,5 kg de gaz carbonique si la chaleur est fournie par une source fossile.

La décomposition de l'eau par électrolyse

Il faut aujourd'hui 4,6 à 5,4 kWh d'électricité selon le procédé pour obtenir 1 m³ d'hydrogène. Mais la production de l'électricité nécessaire à l'électrolyse entraîne à son tour des pertes. Si l'électricité est d'origine fossile, la dépense d'énergie primaire par m³ atteint de 7,7 à 9 kWh avec une émission associée 2,4 à 2,8 kg de CO₂. Si elle est d'origine nucléaire, pas d'effet de serre mais les risques spécifiques du nucléaire. Si elle est d'origine renouvelable, elle échappe aux deux critiques précédentes. Mais à l'exception notable de l'électricité hydraulique, des contraintes importantes d'utilisation pèsent encore sur ces sources, en particulier leur intermittence et leur coût de production.

La décomposition thermique à haute température (la pyrolyse) dans un réacteur nucléaire ou un réacteur solaire n'a fait encore, quant à elle, l'objet d'aucune démonstration de faisabilité.

Le transport et le stockage

Le transport de l'hydrogène par gazoducs ne pose pas de problème particulier. A remarquer cependant que les flux volumiques à faire transiter et les pressions de stockage en réservoir sont 3,5 fois plus importants que pour le gaz naturel, à contenu énergétique équivalent.

Les applications principales, les aspects économiques et les perspectives

Dans le secteur des transports : l'excellent rendement de la PAC associée à une motorisation électrique et l'absence de pollution locale viennent compenser partiellement l'inconvénient des faibles rendements de production de l'hydrogène. Si on part d'hydrocarbures, on obtient des rendements globaux « du puits à la roue » et des émissions de CO₂ du même ordre que pour les véhicules hybrides à essence qui apparaissent sur le marché. Si l'hydrogène provient de l'électrolyse, les rendements chutent au moins d'un facteur deux. Dans le premier cas, il faut envisager de capter et stocker le CO₂ produit (ce qui n'est envisageable que pour une production centralisée d'hydrogène), dans le second, c'est l'économie du système qui risque de se trouver compromise par la dépense d'électricité.

Dans la petite industrie, l'habitat et le tertiaire, on bénéficie en plus de la possibilité éventuelle d'utiliser simultanément l'électricité et la chaleur produites par les PAC (la cogénération). Si là encore on part d'hydrocarbures, on obtient des rendements globaux (électricité+chaleur) et des émissions de CO₂ du même ordre que pour la cogénération décentralisée à partir de turbines à gaz. Si l'hydrogène provient de l'électrolyse, les rendements chutent aussi au moins d'un facteur deux et la concurrence d'une fourniture directe d'électricité pour les applications spécifiques et thermiques devient considérable quel que soit le coût de production d'électricité.

Le potentiel d'application des PAC dans les transports et pour la production d'électricité décentralisée est donc important. Les qualités intrinsèques des PAC (bon rendement, pas de pollution locale), les progrès techniques attendus et la baisse des coûts par production de masse devraient donc leur permettre de pénétrer le marché significativement à moyen terme. Il est par conséquent important de poursuivre les efforts de R&D dans ce domaine.

Par contre, leur association à l'hydrogène comme « la » solution du long terme paraît encore loin d'être acquise : elle suppose en effet la conjonction de progrès techniques importants dans les domaines de la fabrication de l'hydrogène et/ou du captage-stockage du CO₂, d'une forte augmentation des prix des hydrocarbures et/ou d'une forte chute des prix de l'électricité renouvelable et d'une prise en compte accélérée des problèmes d'environnement global. Ces considérations devraient être mises en regard des progrès également attendus d'autres filières prometteuses mais qui supposent moins de ruptures, à la fois sur le plan technologique et organisationnel.