



Fi 62 – 2019 01 10

L'ESSENTIEL SUR L'hydrogène par le CNRS

<http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-hydrogene.aspx>
Extraction BDO



Potentiellement inépuisable, non-émetteur de gaz à effet de serre... L'hydrogène n'est pas une source d'énergie mais un « vecteur énergétique » : il doit être produit puis stocké avant d'être utilisé. Il pourrait jouer à l'avenir un rôle essentiel dans la transition énergétique en permettant de réguler la production d'électricité produite par les énergies renouvelables intermittentes (solaire et éolien).

L'HYDROGÈNE, UN VECTEUR ÉNERGÉTIQUE

L'hydrogène est l'élément chimique le plus simple : son noyau se compose d'un unique proton et son atome ne compte qu'un électron. La molécule de dihydrogène (H₂) est constituée de deux atomes d'hydrogène. On parle communément d'hydrogène pour désigner en fait le dihydrogène.

La combustion d'1 kg d'hydrogène libère presque 4 fois plus d'énergie que celle d'1 kg d'essence et ne produit que de l'eau : $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

L'hydrogène est très abondant à la surface de la Terre mais n'existe pas à l'état pur. Il est toujours lié à d'autres éléments chimiques, dans des molécules comme l'eau, les hydrocarbures. Les organismes vivants (animal ou végétal) sont également composés d'hydrogène. La biomasse constitue donc une autre source potentielle d'hydrogène.

Extraire l'hydrogène de ces ressources primaires que sont les hydrocarbures, la biomasse ou encore l'eau nécessite un apport en énergie. **Comme pour l'électricité, on considère ainsi que l'hydrogène est un «vecteur» énergétique.**

L'hydrogène pourrait être quasi-inépuisable, à condition de savoir le produire en quantité suffisante à un coût compétitif et, idéalement, à partir d'énergie bas carbone (nucléaire et renouvelables).

On appelle « technologies de l'hydrogène » l'ensemble des technologies étudiées pour produire l'hydrogène, le stocker et le convertir à des fins énergétiques.

PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE

Produire l'hydrogène à partir d'hydrocarbures

Aujourd'hui, 95 % du dihydrogène est produit par « vaporeformage » de combustibles fossiles : cette réaction chimique casse les molécules d'hydrocarbures en présence de vapeur d'eau, de chaleur et d'un catalyseur, pour en libérer l'hydrogène. Mais cette méthode a l'inconvénient de produire du dioxyde de carbone.

Produire l'hydrogène à partir d'eau

L'électrolyse permet de décomposer chimiquement l'eau en dioxygène et dihydrogène grâce à l'action d'un courant électrique. Différentes voies d'électrolyse sont étudiées, avec l'hypothèse d'une électricité d'origine nucléaire ou renouvelable. La quantité d'énergie électrique nécessaire à l'électrolyse dépend des conditions de pression et de température du procédé utilisé. De façon générale, la recherche porte sur des matériaux performants et bon marché pour réaliser des électrolyseurs.

Produire l'hydrogène à partir de la biomasse

La biomasse (bois, paille, etc.) pourrait constituer une source potentielle importante d'hydrogène : la gazéification à la vapeur d'eau de cette biomasse génère un mélange appelé « gaz de synthèse », constitué principalement de monoxyde de carbone et de dihydrogène, que l'on purifie ensuite pour éliminer les polluants. Cette solution permet d'obtenir un bilan effet de serre quasiment neutre car le dioxyde de carbone émis par la combustion du monoxyde de carbone est équivalent à celui qui aurait été dégagé par la dégradation de la biomasse si elle n'avait pas été gazéifiée. On cherche aussi à faire produire de l'hydrogène

par des micro algues ou des bactéries qui utilisent la lumière et des enzymes spécifiques : les hydrogénases. Une voie de recherche prometteuse consiste à mimer chimiquement ces réactions, pour développer des réacteurs bio-inspirés de production d'hydrogène.

Extraire l'hydrogène de gisements sous-marins

Enfin, une autre approche vise à exploiter des sources d'hydrogène naturel. L'existence de gisements le long des chaînes volcaniques sous-marines est connue mais ceux-ci sont inatteignables. Aujourd'hui, les chercheurs s'intéressent plutôt à la géologie de certaines couches « terrestres » qui dégazeraient et accumuleraient en leur sein de l'hydrogène.

STOCKAGE DE L'HYDROGÈNE

L'hydrogène ne peut jouer son rôle de vecteur d'énergie que si l'on peut le stocker efficacement, à moindre coût et dans des conditions de sécurité acceptables.

A température ambiante et pression atmosphérique, l'hydrogène se présente sous forme de gaz très volatile, en raison de la petite taille de sa molécule. L'enjeu est de créer des réservoirs compacts et à bas coût.

Différents modes de stockage sont étudiés.

Lorsqu'il n'est pas nécessaire de réduire le volume de stockage (par exemple, pour des applications stationnaires), **on peut l'envisager sous forme gazeuse à une pression relativement basse (75 bars)**. Ce moyen de stockage est peu coûteux et parfaitement maîtrisé.

Le stockage sous forme liquide à basse pression est actuellement principalement réservé à certaines applications de très hautes technologies comme la propulsion spatiale. Il permet de stocker de grandes quantités d'hydrogène dans un volume restreint. Les réservoirs actuels conditionnent l'hydrogène à -253 °C sous 10 bars. Mais il est impossible d'éviter les fuites : même très bien isolés, les réservoirs absorbent de la chaleur qui vaporise lentement le liquide.

Afin d'atteindre une compacité satisfaisante tout en évitant les inconvénients liés aux très basses températures du stockage à l'état liquide, **on cherche à développer le stockage à l'état gazeux sous haute pression (700 bars)**. Il s'agit de concilier imperméabilité, résistance aux hautes pressions et résistance aux chocs en travaillant sur une architecture et des matériaux adaptés au réservoir.

Enfin, une voie de recherche plus récente porte sur l'utilisation de matériaux appelés **hydrures qui ont la capacité d'absorber et désorber l'hydrogène de manière réversible, sous condition de température (stockage « solide »)**. Le stockage dans les hydrures est le moyen le plus efficace pour obtenir une forte densité volumique d'énergie. Mais cela se fait au détriment du poids, puisqu'il faut ajouter au bilan le poids du matériau dans lequel l'hydrogène s'insère.

Selon l'utilisation visée de l'hydrogène, les critères de coût, performance, compacité ou poids de ces différentes technologies sont arbitrés.

UTILISATION DE L'HYDROGÈNE

Le développement de la filière hydrogène repose en partie sur la technologie de la pile à combustible. Le principe de la pile à combustible est l'inverse d'une électrolyse. La réaction chimique produite par l'oxydation et la rencontre du dihydrogène et du dioxygène produit de l'électricité, de l'eau et de la chaleur.

Il existe plusieurs types de piles à combustible qui se différencient par leur électrolyte. Celui-ci définit la température de fonctionnement et donc les applications. La R&D porte actuellement sur les améliorations techniques (compacité, rendement énergétique, résistance à l'usure, fonctionnement sur de nombreux cycles...) ainsi que sur la baisse des coûts de production.