

La production d'hydrogène décarbonée et compétitive : un défi technologique à relever

L'hydrogène est appelé à jouer un rôle important dans la transition énergétique vers un monde décarboné, sous une condition impérative : sa production doit être à la fois décarbonée et compétitive par rapport au procédé actuel – le vaporeformage de gaz naturel – dans un contexte où une taxe carbone de niveau approprié serait mise en place.

L'outil de base proposé par l'Union européenne [1] est l'électrolyse de l'eau associée à la production d'électricité décarbonée, issue d'énergies renouvelables ou d'énergie nucléaire. À côté de l'électrolyse alcaline, largement répandue et récemment améliorée en termes de performances et de souplesse d'emploi, se sont développées de nouvelles technologies concurrentes : l'électrolyse PEM (« proton exchange membrane »), utilisant les importants développements associés à la pile à combustible PEMFC, d'ores et déjà à un stade industriel, et l'électrolyse haute température, à un stade de développement avancé.

La technologie actuelle, basée sur le vaporeformage de gaz naturel, pourrait rester partiellement en service, moyennant son association avec les technologies de captage et stockage de CO₂, voire être à la source d'hydrogène exporté par les producteurs actuels de gaz naturel. Une variante originale pour la production décarbonée d'hydrogène à partir de gaz naturel est la pyrolyse haute température. Moins gourmande en énergie (électrique) que l'électrolyse, elle conduit d'une part au produit recherché, l'hydrogène, et d'autre part à du noir de carbone.

Connues depuis longtemps, les sources d'hydrogène naturel ont longtemps été considérées comme marginales. Une exploration systématique a conduit à une réévaluation des ressources, sans que l'on puisse pour l'instant les considérer comme susceptibles de déboucher à court terme sur une production industrielle.

Le présent dossier tente donc une mise au point à date sur les bases scientifiques et techniques de la production d'H₂ décarboné. Il comporte quatre articles détaillant plus avant les voies d'accès à de l'hydrogène décarboné évoquées plus haut.

Les deux premiers concernent les procédés d'électrolyse de l'eau en développement (électrolyses à haute température d'une part, et à membrane échangeuse de proton d'autre part). Les performances de ces voies sont discutées en référence à la voie électrolyse alcaline.

Le troisième présente un procédé de pyrolyse plasma du méthane à haute température. Les procédés actuels sont axés sur la production de noir de carbone, dont les applications industrielles concernent des tonnages limités. Pour la production massive d'hydrogène, il faudra traiter le problème du stockage long terme du carbone produit dont les spécifications pourront être relâchées. Toutefois, ce carbone très divisé produit en masse présentera un risque d'auto-inflammation



La célèbre nébuleuse de la Tête de Cheval dans la constellation d'Orion. © ESO

important en présence d'air, à l'instar de certains charbons ou encore des catalyseurs hétérogènes « cokés » (pyrophoricité). Les procédés existants de passivation par oxydation ménagée devront donc être adaptés.

Le dernier article fait le point sur un sujet émergent, l'hydrogène naturel, qui pourrait s'avérer une nouvelle ressource géologique d'énergie renouvelable inattendue jusqu'alors. Ce dernier sujet a fait l'objet début juin 2021 à Paris d'un colloque qui a réuni (virtuellement) plus de 500 participants, acteurs de la recherche, de l'industrie et de la finance [2].

Enfin, « Un point sur... » le stockage solide de l'hydrogène vient compléter dans ce numéro l'information offerte à nos lecteurs.

Dans le cadre de l'Union européenne, la production d'hydrogène décarboné semble donc s'orienter à court terme vers l'électrolyse, en attendant la création au niveau international d'un marché d'hydrogène décarboné alimenté par des pays disposant à la fois d'importantes ressources de gaz naturel et de capacités de stockage de CO₂, ou de ressources abondantes d'énergies renouvelables.

[1] Parlement européen, Rapport sur une stratégie européenne pour l'hydrogène, www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0116_FR.html

[2] H-NAT 2021, www.hnatsummit.com

Jean-Pierre Foulon et Hervé Toulhoat, membres du Comité de rédaction de *L'Actualité Chimique*, et Edouard Freund, chef de projet, Fondation de la Maison de la Chimie.

* Courriels : jpfoulon@wanadoo.fr ; herve.toulhoat@orange.fr ; edouard.freund@gmail.com