

Stocker de l'hydrogène dans des «éponges» pour fournir de l'énergie

Recherche L'Université de Genève étudie plusieurs solutions aux problèmes de production et de stockage de l'hydrogène. Le professeur Klaus Yvon développe de nouveaux alliages pour conserver ce combustible sous forme solide

Ghislaine Bloch

«D'ici à deux à trois générations, l'une des principales solutions aux problèmes énergétiques sera l'hydrogène, affirme Klaus Yvon, professeur au Laboratoire de cristallographie de l'Université de Genève. Mes recherches actuelles sont d'une importance capitale pour l'approvisionnement en énergie d'ici à une cinquantaine d'années.» Le scientifique travaille sur de nouveaux alliages métalliques capables d'absorber et de stocker de grandes quantités d'hydrogène dans des conditions de température et de pression ambiantes. D'autres chercheurs à l'Université de Genève orientent également leurs travaux vers ce vecteur d'énergie. Une maison solaire énergétiquement autarcique est prévue à Carrouge, sur le site du Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (Cuepe). Des panneaux solaires installés sur le toit du bâtiment généreront de l'électricité à partir de laquelle sera produit de l'hydrogène qui sera stocké dans les alliages de Klaus

Le projet d'une maison solaire énergétiquement autarcique est à l'étude à Carrouge

Yvon. Ceux-ci fonctionnent comme des «éponges» et permettront de fournir de l'énergie sous forme d'électricité et de chaleur au bâtiment durant toute l'année. «Le rendement énergétique glo-

bal de ce procédé est largement supérieur à celui de la photosynthèse, c'est-à-dire de la transformation de l'énergie solaire en biomasse telle que le bois.»

Pour l'instant, l'hydrogène à grande échelle pose encore des problèmes au niveau de la production, du stockage et de la distribution. Tout en étant un des éléments les plus abondants de la planète – il suffit de rappeler qu'il est présent dans l'eau –, il n'est pas disponible à l'état pur. Le défi consiste donc à l'extraire. Aujourd'hui, 99% de la production mondiale se fait à partir de gaz naturel, le méthane, par un processus qui nécessite des quantités d'énergie considérables et libère du gaz carbonique (CO₂). Seule une très faible quantité est produite par électrolyse, un procédé qui consiste à scinder l'eau (H₂O) en hydrogène et en oxygène, en utilisant du courant électrique.

Pour être économiquement et écologiquement rentable, l'électricité utilisée doit être bon marché et sans émission de CO₂, c'est-à-dire venir de barrages hydrauliques, d'éoliennes ou de centrales nucléaires. En effet, si elle provient de centrales thermiques fonctionnant avec des combustibles fossiles, la production d'hydrogène redevient source de gaz à effet de serre.

Le professeur Jan Augustynski, qui a effectué son cursus académique à l'Université de Genève, travaille dans le but d'extraire de l'hydrogène de l'eau en utilisant uniquement l'énergie solaire. L'utilisation des électrodes sensi-

bles à la lumière permet de scinder l'eau en hydrogène et oxygène en utilisant moins d'énergie électrique que lors d'une électrolyse classique. Ce complément d'énergie est fourni par une cellule solaire faisant également partie du dispositif. Reste encore à améliorer le rendement d'un tel système pour le rendre compétitif.

«Le gaz naturel, bien qu'écologiquement plus avantageux que le pétrole ou le charbon, n'est pas renouvelable et sera épuisé à plus ou moins long terme», souligne Klaus Yvon. Il faut donc trouver d'autres méthodes pour produire de l'hydrogène (lire encadré).

Il faut également trouver un moyen de stockage dense et sûr. De nombreuses méthodes sont actuellement en concurrence.

L'hydrogène peut être stocké sous forme liquide. Pour le liquéfier, il doit alors être refroidi à -250 degrés Celsius, ce qui nécessite une dépense d'énergie très importante. Bien qu'ayant une bonne capacité volumique, le stockage liquide, qui a fait ses preuves dans les domaines spatial et de l'aéronautique, comporte des risques pour un usage intensif par un large public.

Autre méthode: le stockage dans des bouteilles pressurisées. Ce procédé consomme également de l'énergie pour comprimer l'hydrogène, mais la technologie est aujourd'hui bien maîtrisée. Le remplissage d'un tel réservoir est très rapide et il existe déjà des réseaux de distribution du gaz sous pression en Europe. Toutefois cette méthode présente quelques inconvénients. On no-

tera la faible densité volumique, car, même comprimé à 700 bars, 1 litre d'hydrogène n'équivaut du point de vue énergétique qu'à 0,2 litre d'essence. Il y a également un risque de fuites, et donc de sécurité, lié à la volatilité de l'hydrogène, surtout à très haute pression.

Enfin, il est possible de stocker l'hydrogène sous forme solide, dans des matériaux métalliques qui jouent le rôle d'éponges. Celles-ci absorbent ce vecteur d'énergie à une pression donnée

et le restituent à une pression légèrement inférieure. Leur pouvoir de stockage dans un volume donné dépasse de deux fois celui de l'hydrogène liquide. Un réservoir rempli de ces éponges prend donc très peu de place, est extrêmement sûr et ne consomme pratiquement pas d'énergie lors des cycles de charge et de décharge. Il a cependant un inconvénient: son poids et son prix élevé. «Pour ma tondeuse à gazon à hydrogène, l'alliage pèse à lui seul 7 kilos. Pour une voiture, il faudrait un réservoir de 250 kilos! souligne Klaus Yvon. Nous cherchons donc à trouver des composés riches en hydrogène, plus légers et moins chers.» Ils ne seront pas destinés à des voitures à hydrogène mais à des applications fixes telles que le stockage saisonnier de l'énergie solaire dans des habitations. De telles éponges pourraient également être utilisées comme source d'hydrogène dans des piles à combustible de petite taille dans nos téléphones ou ordinateurs portables, et dans des détecteurs à hydrogène (lire ci-dessous).

Un combustible développé à partir d'une algue

La production est totalement propre puisque l'algue pousse grâce à l'énergie solaire

Jean-David Rochaix des départements de biologie moléculaire et de biologie végétale de l'Université de Genève souhaite produire de l'hydrogène à partir d'une algue. Il s'agit d'un organisme unicellulaire, appelé *Chlamydomonas reinhardtii* que l'on trouve dans la terre humide. Cette algue produit naturellement de l'hydrogène mais en toute petite quantité et en absence d'oxygène seulement. Or celle-ci produit de l'oxygène par la photosynthèse lorsqu'elle est éclairée, ce qui inactive l'enzyme qui produit l'hydrogène appelé hydrogénase.

Produite sur commande

Jean-David Rochaix et Raymond Surzycki ont eu l'idée de modifier la régulation d'un gène du noyau de cette algue qui contrôle la synthèse de l'appareil de photosynthèse se trouvant dans le chloroplaste. Ce compartiment cellulaire observé uniquement chez les plantes et les algues contient l'antenne chlorophyllienne responsable de la capture de l'énergie lumineuse. Les chercheurs ont modifié des éléments génétiques pour que l'expression

du gène en question soit bloquée lorsqu'on ajoute un sel de cuivre à une culture de cette algue. Dans ces conditions l'activité de photosynthèse cesse et il n'y a plus d'émission d'oxygène, l'ennemi principal de l'hydrogénase. En

plus, la respiration va rapidement consommer l'oxygène présent dans la culture et ainsi l'hydrogénase sera produite et active pour émettre de l'hydrogène qui peut alors être récolté et stocké.

On imagine déjà des fermes d'algues qui fourniraient de l'hydrogène en masse. Jean-David Rochaix reste très pondéré. «Il est prématuré de prétendre à un succès commercial. En revanche, une chose est sûre: cette algue n'est pas chère et peut être induite sur commande. Il y a donc un réel avantage de coût.» En outre, cette production est totalement propre puisque l'algue pousse grâce à l'énergie solaire uniquement.

Unitec, le bureau de transferts de technologies de l'Université de Genève, a déposé un brevet sur cette technologie et la société américaine Phytotransgenics a déjà pris une licence pour exploiter commercialement ce brevet.

«Outre la production d'hydrogène, d'autres applications sont envisagées par exemple des produits intéressants pour la médecine, mais qui empêchent la croissance cellulaire lorsqu'ils sont produits en grande quantité», note Jean-David Rochaix. **G. B.**

Détecter l'explosion

La start-up Phasis veut prévenir les risques

La nature fortement inflammable de l'hydrogène en présence de l'oxygène de l'air fait souvent craindre les risques d'explosion quand il est stocké en quantité. La destruction du zeppelin gonflé à l'hydrogène *Hindenburg* en 1937 ou l'explosion de la navette spatiale *Challenger* en 1986 ont marqué les esprits. Les nouveaux alliages découverts par le professeur Klaus Yvon ont la particularité d'être des isolants électriques lorsqu'ils sont gorgés d'hydrogène. La start-up Phasis, issue de l'Université de Genève, est chargée de commercialiser des microbalances qui font office de détecteur. «Lorsqu'il y a une fuite d'hydrogène, celui-ci se colle à l'alliage déposé sur la microbalance. Celle-ci change de poids et émet une alarme», explique Jorg Corse, physicien, directeur et fondateur de Phasis. Ce capteur ultrasensible repère des émanations infimes prévenant les risques d'explosion. **G. B.**