

→ Point de vue

La fée hydrogène

Par Daniel Hissel



l'auteur Spécialiste de l'hydrogène et des piles à combustible, Daniel Hissel dirige la Fédération de recherche FCLAB du CNRS, formée d'équipes de recherche issues de cinq laboratoires. Professeur à l'université de Franche-Comté, il est également à la tête de l'équipe Systèmes électriques hybrides, actionneurs électriques, systèmes PAC au sein de l'institut Femto-ST (unité CNRS/ Université de Franche-Comté/ Université de technologie Belfort-Montbéliard/ENSMM).
Le 4 décembre 2017,
Daniel Hissel a reçu la médaille Blondel, décernée par la Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication.

mots-clés climat, environnement, énergie renouvelable, électricité, piles à combustible, transports

illustration d'après photo ©DR

Quels sont les atouts de l'hydrogène pour devenir un acteur phare du futur mix énergétique? Quels sont les obstacles à lever? Daniel Hissel, spécialiste de l'hydrogène, fait le point.

L'énergie, son utilisation et son accessibilité constituent l'un des enjeux majeurs pour le futur de notre civilisation. La population mondiale augmente et ses besoins énergétiques, malgré des efforts pour les restreindre, ne vont certainement pas aller en diminuant, du moins dans un avenir proche. En outre, si on y regarde de près, beaucoup de nouveaux développements technologiques sont associés à l'énergie, ainsi que, malheureusement, bon nombre de conflits ou de tensions géopolitiques.

Dans ce contexte, et en prenant un peu de recul, quel est le portrait-robot d'une bonne solution pour la fourniture énergétique du futur? Tout d'abord, celle-ci doit être abondante et durable, s'appuyant sur des ressources renouvelables à l'échelle d'une vie humaine. Elle doit être propre, respectueuse de l'environnement et ne pas générer de gaz à effet de serre. En outre, elle doit être accessible à tous, en tout point de la planète. Enfin, elle doit être déclinable dans un grand nombre d'applications. Peut-on considérer l'hydrogène comme une bonne solution? Examinons un peu sa candidature à l'aune de ces différents critères.

En préambule, rappelons que l'hydrogène est l'élément le plus abondant dans l'Univers: 75% en masse et 92% en nombre d'atomes. Un bon point pour lui... même s'il faut préciser dans la foulée que, sur Terre, il n'est que rarement présent naturellement sous forme de dihydrogène. Il faut donc le produire (on parle alors de « vecteur énergétique »), ce qui nous amène au second critère, celui de la durabilité.

Une production propre

Est-il possible de produire de l'hydrogène à partir de ressources renouvelables? Oui, et c'est même extrêmement facile à partir d'électrolyse de l'eau. Mais c'est là que les choses peuvent se compliquer au niveau environnemental: le procédé peut être propre à la condition que l'électricité nécessaire à sa production soit d'origine renouvelable (éolien, photovoltaïque, etc.). On peut d'ailleurs imaginer utiliser l'hydrogène-énergie comme moyen pour lisser la production électrique intermittente, d'origine renouvelable. Mais le procédé peut aussi avoir un impact négatif sur l'environnement si cette production repose sur des ressources fossiles... ce qui est le cas aujourd'hui. Si la volonté politique et sociale existe, la transition sera facile. Nous sommes nombreux à penser que la production d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables est LA solution.

Sur ce point, les détracteurs évoquent souvent le rendement de cette filière de production d'hydrogène qui serait mauvais... Le rendement de l'électrolyse se situe aux environs de 70%, ce qui peut sembler faible par rapport à des sources énergétiques fossiles qui sont immédiatement disponibles. Mais cela est à nuancer par

fig. Cette voiture électrique est alimentée avec de l'hydrogène, ce qui lui confère une plus grande autonomie et des temps de recharge bien plus courts qu'une voiture électrique à batterie.

© S. Palley/The New York Times-REDUX-REA

[1] Hydrogène, systèmes et piles à combustible.

[2] Comme la société H2SYS (www.h2sys.fr), start-up issue de la recherche du CNRS.



l'excellent rendement électrique des systèmes de piles à hydrogène, bien meilleur que celui des machines thermiques. Et surtout, d'un point de vue financier, la source primaire (vent, soleil, etc.) est gratuite... Bref, la question du rendement ne saurait constituer un argument sérieux contre le candidat hydrogène.

Le stockage de l'électricité

Passons au critère suivant, l'accessibilité en tout point de la planète. Là encore la réponse est positive d'un point de vue technique. Le soleil et le vent sont des ressources très bien distribuées sur la planète. Il est même possible de produire son propre hydrogène chez soi, avec quelques panneaux photovoltaïques placés sur le toit ou la façade de son logement. Le coût des électrolyseurs et des piles à hydrogène doit cependant encore être diminué, pour que l'hydrogène soit accessible financièrement au plus grand nombre. Cela passe par une amélioration de l'efficacité énergétique de ces dispositifs, de leur durabilité et par une augmentation des volumes produits... bref, par la structuration industrielle de la filière.

Les applications potentielles de l'hydrogène-énergie sont-elles suffisamment larges et diversifiées ? La réponse est oui, mille fois oui ! En effet, en plus d'être un vecteur énergétique, l'hydrogène est « dual » à l'électricité, c'est-à-dire qu'il est particulièrement aisé de passer de l'hydrogène à l'électricité, grâce à une pile à hydrogène, et de l'électricité à l'hydrogène, grâce à un électrolyseur d'eau. Le tout sans émission de polluant. L'hydrogène constitue donc une solution de stockage d'électricité sur du long terme. De plus, il peut être utilisé dans toutes les applications actuelles ou potentielles de l'électricité : groupes électrogènes stationnaires, propres et silencieux, petites alimentations électriques nomades pour le tourisme, dispositifs de production d'électricité, d'eau chaude sanitaire et de froid pour des bâtiments, stockage à long terme de l'électricité sur des réseaux ou micro-réseaux électriques...

Attardons-nous sur l'une de ces applications, et pas la moindre : l'alimentation de véhicules électriques (voitures, camions, bus, trains). Le « plus » de l'hydrogène par rapport aux véhicules électriques à batterie réside d'une part dans l'augmentation drastique de l'autonomie : un véhicule familial peut parcourir environ 100 kilomètres avec un seul kilogramme d'hydrogène. Et d'autre part dans la réduction tout aussi drastique des temps de recharge, puisqu'il est possible de faire le plein en quelques minutes... En décembre dernier, l'hydrogène-énergie a tenu une place de choix lors de la conférence internationale IEEE VPPC'2017 que je préside et qui a réuni à Belfort des centaines d'experts de la mobilité électrique. Notons que l'hydrogène peut alimenter tout ou partie de bien d'autres sortes de véhicules : chariots élévateurs fonctionnant 24h/24 dans les entrepôts, drones de livraison et de surveillance, engins agricoles, de manutention dans les ports, etc. Et n'oublions pas les applications spatiales, qui sont à l'origine des premiers travaux de développement et d'ingénierie autour de cette technologie...

Une collaboration interdisciplinaire

Pour concrétiser le formidable potentiel de l'hydrogène, de nombreuses recherches ont lieu dans les laboratoires, comme les travaux menés dans le cadre du Groupement de recherche HySPàC^[1] du CNRS. Pour ma part, avec un œil d'ingénieur de formation, j'ai adopté depuis près de vingt ans une approche *top-down* afin d'accélérer les développements de cette technologie. Il s'agit d'identifier, en lien avec les acteurs industriels du secteur – ou susceptibles de le devenir –, les verrous technologiques à relever et à les traduire en défis scientifiques. Cette approche est très complémentaire de celle, plus *bottom-up*, du matériau à l'objet, développée au sein des laboratoires de chimie ou d'électrochimie du CNRS. En travaillant le sujet par les « deux bouts », nous gagnons en efficacité et nous accélérons les développements.

Mes principales activités de recherche se concentrent sur l'augmentation de l'efficacité énergétique et de la durabilité des systèmes hydrogène-énergie. En travaillant à la fois sur l'identification de l'état de santé de la pile à hydrogène, sur le temps restant de bon fonctionnement (eu égard à un cycle d'usage donné ou estimé), sur l'optimisation du pilotage du système grâce à ces informations, il nous a été possible de faire progresser significativement la maturité technologique de l'hydrogène-énergie, d'accompagner les industriels du secteur au niveau international et de lancer nos propres start-up^[2]. Ces recherches se mènent avec les équipes évoluant au sein de la Fédération de recherche FCLAB du CNRS et constituent un travail collectif interdisciplinaire. Une dimension indispensable, peut-être plus ici qu'ailleurs, compte tenu de la nature de notre objet d'étude qui requiert des compétences en génie électrique, mécanique, thermique, électrochimie ou matériaux, mais aussi en économie et dans les autres sciences humaines et sociales. C'est ce travail collectif qui permettra assurément à l'hydrogène de jouer le rôle qu'il mérite dans le paysage énergétique de demain. ◉

