

# Les systèmes hydrogène-énergie

Par le **Professeur Daniel Hissel**, Univ. Bourgogne Franche-Comté  
 Directeur fédération FCLAB, CNRS - Institut FEMTO-ST, CNRS - Médaille Blondel 2017

Pour le futur, l'un des enjeux majeurs de civilisation concerne l'énergie, son utilisation, son accessibilité. La population mondiale augmentant, même en limitant (voire réduisant ?) nos besoins énergétiques, ceux-ci ne vont pas tendre à baisser dans un futur proche. Si on y regarde de près, beaucoup de nouveaux développements technologiques sont associés à l'énergie, ainsi que, malheureusement bon nombre de tensions géopolitiques.



Dans ce contexte, et en prenant un peu de recul, les « bonnes » caractéristiques d'une solution pour la fourniture énergétique du futur seraient les suivantes :

- La solution doit être durable, abondante.
- Elle doit s'appuyer sur des ressources renouvelables, à l'échelle de vie humaine. Elle doit être propre, respectueuse de

l'environnement et ne pas générer de gaz à effet de serre.

- La solution doit être accessible à tous, en tout point de la planète.
- La solution doit pouvoir être déclinée dans un grand nombre de contextes applicatifs.

L'hydrogène, vecteur énergétique dual à l'électricité, offre une cohérence face à l'ensemble de ces enjeux. En effet :

- Il est l'élément le plus abondant dans l'univers (75% en masse et 92 % en nombre d'atomes), répondant ainsi à la problématique d'abondance. Sur Terre, malheureusement, il n'est que rarement présent naturellement sous forme de dihydrogène, il faut donc le produire.

Aujourd'hui, cette production d'hydrogène repose essentiellement sur des ressources fossiles, mais une réorientation de cette

production, vers des solutions propres, est techniquement aisée, au moyen d'électrolyseurs d'eau et d'électricité. Une impulsion politique, normative ou sociétale peut ici catalyser la mise en place d'une filière industrielle robuste.

- Pour garantir une production respectueuse de l'environnement, il convient néanmoins de s'assurer que l'électricité à l'origine de la production d'hydrogène est elle-même d'origine renouvelable. L'hydrogène-énergie (on peut l'appeler ainsi en tant que vecteur énergétique) peut, en outre, apporter ici des solutions nouvelles pour lisser l'intermittence de la production électrique d'origine renouvelable, mais aussi pour proposer des solutions de stockage d'électricité sur des durées longues. Argument supplémentaire : dans cette hypothèse de production, la source primaire (vent, soleil, courants marins, ...) est gratuite...
- Toujours sous l'hypothèse de production de l'hydrogène à partir d'énergies renouvelables, il faut souligner que le soleil, le vent, les courants marins et marées, sont des ressources très bien distribuées sur la planète. Il est de fait possible de produire de l'hydrogène en tout point de la planète, voire même chez soi, avec quelques panneaux

photovoltaïques placés sur le toit ou la façade de son habitation. Cependant, le coût des électrolyseurs et des piles à combustible doit encore être diminué, pour le rendre accessible financièrement au plus grand nombre. Ceci passe par une amélioration de l'efficacité énergétique de ces dispositifs, de leur durabilité et par une augmentation des volumes produits (industrialisation de la filière).

- L'hydrogène-énergie et sa valorisation ultérieure dans des piles à hydrogène, pour la production d'électricité, de chaleur, de froid, d'eau, propose de multiples applications, car il permet un découplage entre les notions d'énergie (autonomie) et de puissance. On peut citer notamment :

- Groupes électrogènes stationnaires, propres et silencieux (voir notamment la société H2SYS (<http://www.h2sys.fr>), start-up issue de la recherche du CNRS) ;

- Production en micro-cogénération d'électricité, d'eau chaude sanitaire et de froid pour l'alimentation de maisons, immeubles ou entreprises ;

- Stockage long terme de l'électricité sur des réseaux ou micro-réseaux électriques ;

FR CNRS 3539

**FC LAB**  
 Research

Fédération FCLAB  
 Rue Thierry Mieg  
 F-90010 Belfort - France  
[www.fclab.fr](http://www.fclab.fr)

## Les systèmes hydrogène-énergie (SUITE)



Flotte de véhicules MobyPost déployés en Région Bourgogne Franche-Comté - FCLAB@UTBM



Groupe électrogène propre et silencieux – H2SYS



- Alimentation de véhicules électriques à hydrogène (voitures, camions, bus, trains). L'intérêt du découplage énergie / puissance est ici manifeste par rapport aux véhicules électriques à batterie. On réduit ainsi drastiquement les temps de recharge (quelques minutes pour un plein d'hydrogène), tout en augmentant tout aussi drastiquement l'autonomie du véhicule (on peut faire environ 100km avec 1 seul kilogramme d'hydrogène, avec un véhicule familial) ;

- Alimentation auxiliaire de puissance pour avions plus électriques ;

- Alimentation de véhicules spéciaux (chariots élévateurs qui peuvent fonctionner 24h/24 à l'intérieur d'entrepôts, drones de livraison et de surveillance, engins agricoles, engins de manutention dans les ports...) ;

- Nomadisme (petites alimentations électriques pour le tourisme, la plaisance, ...) ;

- Sans oublier les applications spatiales, qui sont à l'origine de premiers travaux de développement et d'ingénierie autour de cette technologie...

### Quels sont les apports de la fédération FCLAB sur ces sujets ?

Depuis près de 20 ans, les acteurs de la fédération FCLAB développent

des activités de recherche et d'innovation dans le domaine de l'intégration des systèmes hydrogènes dans des applications transport et stationnaires. L'approche adoptée est de type « top-down » : il s'agit d'identifier, en lien avec les acteurs industriels du secteur (ou susceptible de le devenir), les verrous technologiques à relever et à les traduire en défis scientifiques. Cette approche est très complémentaire à celle, plus « bottom-up », du matériau à l'objet, développée au sein des laboratoires d'électrochimie. En travaillant le sujet par les « deux bouts » simultanément, l'idée est de gagner en efficacité et d'accélérer les développements. Les actions de FCLAB se déclinent ainsi, selon :

- 4 axes applicatifs, en lien avec les récentes évolutions industrielles :
  - Micro-cogénération à base d'hydrogène ;
  - Couplage aux énergies renouvelables, stockage de l'électricité par le vecteur hydrogène ;
  - Transport / Mobilité hydrogène, véhicules électriques à pile à combustible ;
  - Stockage solide d'hydrogène.
- 4 socles de compétences scientifiques et de savoir-faire :
  - Conception et intégration de sous-systèmes pile à combustible ;
  - Analyse de performances et durabilité des piles à combustible et électrolyseurs ;
  - Optimisation de l'architecture de systèmes hybridés à base de pile à combustible ;

- Transition socio-technique vers une économie de l'hydrogène-énergie.

### LE FCLAB EN QUELQUES CHIFFRES

**150 personnels, permanents** (chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens) et contractuels (doctorants, post-doctorants, ...)

**Une plate-forme expérimentale unique**, à échelle 1, pour des applications transport et stationnaire

**6 laboratoires de recherche** partenaires (FEMTO-ST, ICB, LTE, SATIE, AMPERE, LEMTA)

**10 établissements de tutelle** (CNRS, IFSTTAR, Université de Franche-Comté, UTBM, ENSMM, Université de Lorraine, Université de Bourgogne, Université de Lyon 1, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon)

**Plusieurs dizaines de brevets :**

**40 projets opérés en permanence** dans le domaine de l'hydrogène-énergie

**80 partenaires industriels**

**10 à 15 thèses de doctorat** soutenues chaque année

**60 publications dans des revues scientifiques** de rang A chaque année

**100 communications dans des conférences** internationales chaque année. ■

[1] *Les promesses de l'hydrogène*, Journal du CNRS, décembre 2017. <https://lejournal.cnrs.fr/billets/energie-les-promesses-de-lhydrogene>

[2] <http://www.fclab.fr>