



Tendre vers l'efficacité énergétique dans les transports
Atelier Hydrogène : compte rendu

La table ronde débute par une rapide présentation des intervenants.

	Michel Romand, chargé du développement de la filière hydrogène régionale – Pôle Véhicule du Futur
	Jean-Michel Gérard, chef de projet – INOVYN
	D ^r Dominique Perreux, président – Mahytec SAS
	Kévin Dehan, chef de département DATS – Colruyt

Rappel :

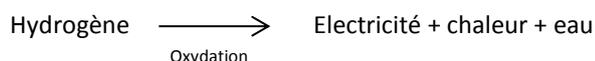
L'hydrogène - ou, plus précisément, le dihydrogène (H₂) - est très énergétique : 1kg d'hydrogène libère trois fois plus d'énergie qu'1 kg d'essence. Le rendement électrique est deux fois plus efficace que celui d'un moteur thermique : il est coutume de dire que 1kg d'hydrogène permet de faire 100kms en voiture.

Sur des longues distances, l'électricité se transporte très bien mais se stocke très mal, tandis que l'hydrogène se stocke très bien mais son transport sur des longues distances est cher. L'électricité et l'hydrogène est donc un couple réversible et complémentaire.

L'hydrogène n'est pas une source primaire d'énergie. Il s'agit d'un vecteur d'énergie. Il consomme de l'électricité pour être produit. Une fois produit, il devient à son tour producteur d'énergie électrique ou thermique.

On peut transformer de l'électricité en hydrogène à l'aide d'un électrolyseur et de l'hydrogène en électricité grâce à une pile à combustible (PAC).

Dans un véhicule, l'hydrogène est donc stocké dans un réservoir permettant d'alimenter la pile à combustible, dont les sous-produits de transformation ne sont que de l'eau et de la chaleur :



La pile est un dispositif sans pièce mécanique en mouvement, dans lequel du gaz est injecté (hydrogène combiné à de l'oxygène), et qui génère pour partie de l'électricité. C'est l'élément principal du groupe propulseur du véhicule.

Quel est la durée de recharge ? Pour quelle autonomie ?

La Toyota Mirai, véhicule hydrogène, est équipée d'une PAC qui délivre une puissance maximale de 114 kW, pour alimenter un moteur électrique de 113 kW.

Deux réservoirs d'hydrogène de 700 bars chacun permettent d'alimenter la PAC. Le temps de ravitaillement est de 3 minutes pour une autonomie de 500 kms, selon les données du constructeur.

Le retour d'expérience d'INOVYN permet de confirmer cette donnée. En effet, après avoir réalisé plus de 5000 pleins d'hydrogène sur site sur différents types de véhicules, les délais d'approvisionnement moyens observés sont les suivants :

- 3 minutes pour un véhicule léger

- 5 minutes pour un véhicule utilitaire

Concernant l'autonomie :

- 1kg d'Hydrogène permet de parcourir environ 100 kms pour un véhicule léger sur routes de plaine.
- 4kg d'hydrogène permet de parcourir environ 100 kms pour un PL 4,5t en usage professionnel.
- 8kg d'Hydrogène permet de parcourir environ 100 kms pour un véhicule lourd, type Bus 12m, Poids lourds, sur routes de montagne.

Quel coût « à la pompe » ?

Le coût de revente est actuellement d'environ 10 euros/kg (pas de taxation de l'hydrogène à la TIPP). Ce coût sera amené à baisser avec le développement de la technologie et l'adoption de ce type de véhicules par un plus large public.

Quel (sur)poids pour une chaîne de traction à Hydrogène ?

L'hydrogène étant un gaz très léger, il nécessite un fort taux de compression. Par conséquent, les matériaux du réservoir en hydrogène doivent résister à de très haute pression (pour un réservoir à 700 bars de pression de service, le réservoir doit résister au moins à 1575 bars).

Exemple : pour contenir 5kg d'hydrogène, il faut un réservoir de 125 litres à 700 bars dont le poids correspondant est d'environ 100kg.

Le dispositif de stockage en Hydrogène est par conséquent, plus volumineux qu'un réservoir d'essence. Cependant, l'intégrabilité de ce dispositif dans un véhicule reste identique à celle d'un réservoir dans un véhicule à essence. En effet, nombre de pièces qui composent un véhicule à essence sont absentes d'un véhicule hydrogène.

Quel matériau est utilisé pour la fabrication du réservoir ?

Il s'agit d'un matériau composite (souvent à base de fibre de carbone, voire parfois de fibre de verre), emprunté de la filière aéronautique. Ce matériau est utilisé en raison de ses qualités de résistance au regard de son poids.

Quel est le type de remplissage ?

De façon générique, l'hydrogène peut exister :

- sous forme de gaz
- sous forme liquéfiée à partir de -253°C:

Cependant, le maintien d'une température aussi basse (-253 °C) ne permet pas d'utiliser l'hydrogène sous sa forme liquide pour alimenter un véhicule. L'alimentation de la pile à combustible d'un véhicule est donc exclusivement effectuée sous forme de gaz.

Quels autres modes de transport pourraient être concernés par l'hydrogène ?

Secteur aéronautique :

Les avions gros porteurs ne sont pas encore concernés en vol mais une chaîne Hydrogène pour les opérations de mobilité au sol (conditions de « taxi ») est en cours de réflexion.

Secteur nautique et fluvial :

Le recours à l'hydrogène se développe dans ce secteur. Par exemple, deux bateaux expérimentaux « Energy observer » ou « Race for Water » assurent des expéditions en mer sans recourir à l'énergie fossile.

Pourquoi un blocage existe-t-il en France sur l'utilisation de l'hydrogène ?

La France a une culture des énergies fossiles, notamment du diesel, particulièrement prégnante.

Dans un contexte de mondialisation, dans lequel se positionne l'Asie, particulièrement sur ce segment, il apparaît important de « prendre le train en route ».

Mais les choses changent... Les acteurs en France s'organisent :

- FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) : organisme européen qui permet le financement de projets dans l'Union Européenne. Par exemple, le projet MobyPost qui en est issu, a permis d'expérimenter en Bourgogne-Franche-Comté des quadricycles à hydrogène (produits sur place) pour la Poste.
- AFHYAC (association française pour l'hydrogène et les piles à combustible) : regroupe les acteurs de la filière.
- Industriels : les équipementiers ou fournisseurs des constructeurs notamment, s'engage dans la filière (ex : Kangoo ZE H2, premier véhicule utilitaire à hydrogène).

En matière de dangerosité ?

En présence d'INOVYN, ont été pratiqués :

- 7 brûlages volontaires de véhicules, en présence notamment des pompiers, afin d'en appréhender les réactions.
- 2 brûlages volontaires, l'un d'un véhicule à essence, le second d'un véhicule à hydrogène.

Le constat est le suivant : le véhicule qui semble le plus dangereux en cas d'incendie est le véhicule à essence.

En effet, l'hydrogène, de par sa légèreté, est extrêmement volatile, même dans un environnement fermé (par exemple, un garage) qui n'est jamais totalement hermétique. L'hydrogène, bien que hautement inflammable, s'évacue très rapidement et brûle également, rapidement.

Remarque : le véhicule à hydrogène est autorisé en stationnement souterrain à la différence d'un véhicule au gaz naturel.

Y'a-t-il une soupape de sécurité ?

Il existe deux types de soupape de sécurité, engendrant une libération de l'hydrogène :

- De surpression.
- Thermique (au-delà du seuil de 110°C) : cf. fusibles thermiques

Remarque : actuellement, 2 SDIS en France sont équipés de véhicules à hydrogène pour « aller au feu ».

Quels sont les caractéristiques du feu selon le type de carburation ?

- Un feu de batterie électrique : très nourri
- Un feu de véhicule GPL : une flamme horizontale d'une dizaine de mètres se produit.
- Un feu de véhicule hydrogène : une flamme verticale se produit pendant 40 secondes.

Remarque d'un pompier volontaire : des consignes opérationnelles sont établies selon le type de véhicule, y compris pour ceux à hydrogène. L'important est donc de savoir le type de carburation avant l'intervention.

Les véhicules à hydrogène sont marqués d'un losange H2.

Comment sont alimentés les véhicules ? les stations ?

Il y a deux types de stations :

- Publique
- Privée

Il y a trois types d'alimentation d'une station :

- L'achat d'hydrogène sous forme de gaz à un fournisseur distributeur de gaz.
- La production d'hydrogène au sein de la station elle-même, avec son propre électrolyseur
- L'utilisation d'hydrogène industriel provenant d'une électrolyse.

Comment est produit l'hydrogène ?

L'hydrogène est présent dans l'eau, les hydrocarbures, et les organismes vivants.

95-96% de l'hydrogène est fabriqué à partir d'hydrocarbures, par le « vaporeformage » du gaz naturel. Il s'agit de la séparation de l'hydrogène des molécules carbonées grâce à une vapeur d'eau très chaude. L'opération est très émettrice de CO₂.

L'électrolyse de l'eau permet quant à elle, de séparer la molécule d'oxygène de celles d'hydrogène grâce au courant électrique. Cette méthode est privilégiée en Bourgogne-Franche-Comté et par l'AFHYAC. Cette opération n'émet aucun polluant, à condition d'utiliser une électricité sans CO₂.

La production d'hydrogène nécessite de former des opérateurs. En Bourgogne-Franche-Comté, 5 lycées seront équipés début 2018 de systèmes complets permettant de produire, stocker et utiliser l'énergie. Ces lycéens seront alors formés aux métiers de la filière.

D'où vient l'électricité utilisée pour fabriquer l'hydrogène ?

L'électricité peut provenir de toutes sources :

- Renouvelables
- Non renouvelables

L'hydrogène est par ailleurs, utilisé pour stocker l'énergie renouvelable.

Quelle est la capacité de production d'hydrogène en France ?

Suivant l'instant, la France est soit excédentaire, soit déficitaire en matière de production d'électricité (cf. RTE-Eco2mix). Elle est donc également à la fois exportatrice et importatrice. A l'échelle du continent européen, une mutualisation des excès électriques peuvent être transformés en hydrogène.

La Bourgogne-Franche-Comté, via son projet régional "ENRgHy", est labellisée « Territoire d'hydrogène ». Dans ce cadre, MAHYTEC et d'autres acteurs du territoire en particulier le Grand Dole, mène grâce au projet "Vhyctor", une valorisation de l'hydrogène issu des processus industriels d'INOVYN.

L'hydrogène issu des processus industriels, est dit « coproduit » ou « fatal ». Le terme « fatal », emprunté à l'expression « énergie fatale », désigne la quantité d'énergie inéluctablement présente ou piégée dans certains processus ou produits, qui parfois - au moins pour partie - peut être récupérée et/ou valorisée. Ce terme désigne aussi l'énergie qui serait perdue si on ne l'utilisait pas au moment où elle est disponible.

L'hydrogène « coproduit » provenant d'INOVYN serait capable aujourd'hui d'alimenter près de 60 000 véhicules en région Bourgogne-Franche-Comté (sachant que la distance moyenne nationale parcourue par jour est d'environ 43 Kms/jour).

Quels sont les usages possibles de l'hydrogène dans le domaine ferroviaire ?

En Allemagne, la région de Basse-Saxe a acheté 14 exemplaires d'un train électrique carburant à l'hydrogène à l'entreprise Alstom.

En Bourgogne-Franche-Comté, il y a une volonté de développer ce type de projet localement. La question se pose notamment pour les gares de triage.

Remarque : l'Agence Ecosphère - Mecateamcluster® située sur le territoire Creusot-Montceau regroupe les acteurs intervenant dans les métiers de la conception, réalisation et maintenance des engins de travaux ferroviaires, et s'implique de manière croissante dans les solutions hydrogène.

Quel est le potentiel d'emplois dans la filière hydrogène ?

Il s'agit d'un secteur d'avenir. Le développement de la filière en est à ses débuts mais tend à s'accélérer. Actuellement, environ 150 à 160 personnes vivent de ce secteur en Bourgogne-Franche-Comté.

Quelles sont les perspectives ?

Le nombre de véhicules à horizon 2030 estimé en France est de l'ordre de 800 000.

A titre d'exemple, les taxis parisiens fonctionnant à l'hydrogène sont passés de 10 en 2016 à 70 en 2017 et 600 d'ici 2020.

Par ailleurs, il est à noter que la filière est créatrice d'emplois non délocalisables.