

Les petits déjeuners de l'AARHSE - FNCCR

Est-ce l'heure de la mobilité hydrogène ?

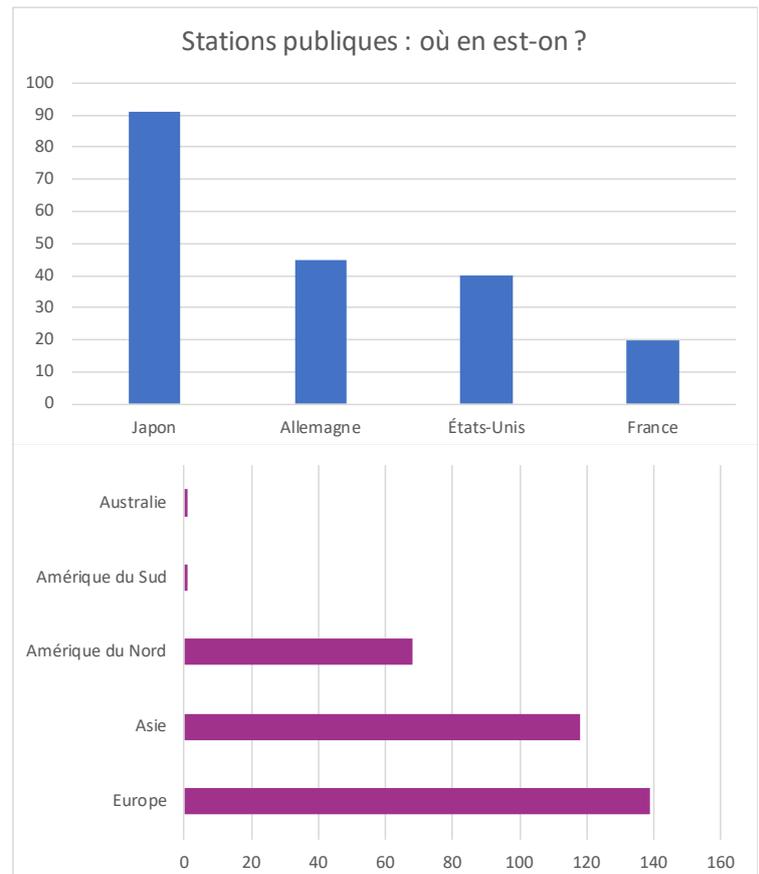
Le 13 février 2018, la **FNCCR territoire d'énergie** et l'**AARHSE** ont organisé un débat relatif à la mobilité hydrogène. Le contexte est favorable, ce qui peut surprendre car, il y a deux ans, le sujet émergeait à peine. La France, avec 19 stations, pour la plupart dédiées à des flottes captives, semble pourtant décidée à accélérer. D'autant plus qu'avec « l'essor des énergies renouvelables, l'hydrogène peut être une solution de stockage, particulièrement propice à la mobilité propre », a observé Antoine Corolleur, président de l'**AARHSE**, en introduction aux débats.

Mobilité hydrogène : partir des utilisateurs

« L'hydrogène, comme solution de transport, existe depuis de nombreuses années, rappelle Valérie Bouillon-Delporte (Michelin, Hydrogen Europe). La technologie n'est ni immature ni inconnue. Les Allemands ont investi 1,6 milliard d'euros depuis 2006 pour développer la mobilité hydrogène, en construisant de grandes stations dans des sites très fréquentés, comme les autoroutes. La stratégie de déploiement en France est différente. Elle est progressive et s'appuie sur des flottes captives, qui rayonnent dans un périmètre assez précis. Cette solution permet de déployer en même temps véhicules et stations. On part donc des utilisateurs, en leur permettant de faire leur métier sans contrainte. » Alain Leboeuf, président du syndicat départemental d'énergie (SyDEV), confirme cette approche, en évoquant le cas de « la mobilité électrique, où un certain nombre de syndicats d'énergie, en créant des bornes, ont montré que l'infrastructure faisait venir les utilisateurs. C'est vrai aussi pour le GNV et l'hydrogène. Lors d'opérations comme celle-ci, le secteur public est tenu de s'investir. »

Outre la création des stations, la disponibilité des véhicules et leur adéquation aux besoins des utilisateurs s'imposent. « Pour être pragmatique, je discute avec des chauffeurs de taxis, des chauffeurs livreurs..., détaille Fabio Ferrari, président de Symbio. Des gens qui ont besoin de solutions et j'essaie d'en trouver. L'hydrogène répond à plein de problématiques. Ainsi du plombier qui est tenu d'avoir un véhicule disponible et pour qui la recharge peut s'avérer trop longue. Dans les usages professionnels, ce n'est pas toujours facile. Certains peuvent se contenter de la batterie, d'autres ont besoin de véhicules plus facilement rechargeables. »

Des solutions nouvelles surgissent, comme le relate Valérie Bouillon-Delporte : « aujourd'hui, il n'y a plus une seule ville en Europe qui lance un appel d'offres pour des bus diesel. Elles vont toutes vers le gaz, l'électrique, l'hydrogène... Avec des subventions pour faire baisser les coûts d'acquisition. Il n'y avait aucune ville positionnée dans les bus à hydrogène en France début 2017. Il y en a six début 2018 : Pau, Versailles, Artois Gohelle, Toulouse, Rouen, Auxerre... »



La simplicité d'usage est un autre élément d'appropriation. « Aujourd'hui, la voiture communique directement avec la station. C'est la voiture qui dit ce qu'elle a consommé et la facture globale arrive en fin de mois. Ça évite la problématique de la monétique. Il ne faudrait pas que le patron d'un parc automobile ait chaque mois 15 ou 20 factures différentes. Essayons de créer la mobilité propre de demain, qui soit simple pour les utilisateurs, y compris les grands rouleurs », conclut Fabio Ferrari.

Mais, s'interroge Fanny Guibert (60 millions de consommateurs), l'hydrogène s'adresse-t-il « aussi aux consommateurs individuels ? Il semble plus adapté à d'autres besoins de transport... » Valérie Bouillon-Delporte rappelle que construire « une station demande du temps » et que « la stratégie aujourd'hui s'adresse aux flottes captives. Elle ne vise pas encore les particuliers mais on prépare cette extension. »

Un guide pratique fin juin 2018

La FNCCR territoire d'énergie, l'AFHYPAC et Mobilité hydrogène France sont en train de rédiger un guide pratique « construire une station de recharge à hydrogène ». Le guide est destiné aux collectivités qui souhaitent développer la production d'énergies renouvelables sur leur territoire en lui offrant un marché additionnel : la mobilité hydrogène. Détaillant les éléments financiers, techniques, réglementaires et les modalités d'animation d'un cluster, il sera diffusé courant juin 2018.

L'hydrogène dans la mobilité propre

L'essor des mobilités propres s'inscrit dans un contexte global de lutte contre la pollution et le réchauffement climatique. « On dénombre 48.000 morts prématurés par an à cause de la pollution. Dans toutes les grandes agglomérations, on limite l'accès aux centres-villes, souligne Fabio Ferrari. Les plus concernés sont ceux qui utilisent leur véhicule tous les jours. L'électromobilité est une solution pour eux. » La réglementation est de plus en plus contraignante pour les moteurs thermiques et, déjà, on annonce la fin du diesel, peut-être demain, de l'essence. « Les directives européennes imposent une baisse de 90% du CO² dans les transports de 1990 à 2050, précise Valérie Bouillon-Delporte. On n'y parviendra pas avec les seuls moteurs thermiques. La batterie seule ne suffira pas. Il faut imaginer la mobilité électrique dans ses différentes solutions : batterie, hybride, hydrogène. »

« Je suis élu d'un département avec plus de 250 km de côtes, poursuit Alain Leboeuf, où sont implantés d'importants industriels spécialisés dans la navigation de plaisance (Bénéteau...). Or, les moteurs des bateaux fonctionnent aux énergies fossiles et il va falloir en changer. La mobilité propre concerne aussi les fleuves, les océans... Il existe également des vélos à hydrogène. Demain, les trains aussi pourraient rouler à l'hydrogène », observe-t-il, évoquant le récent rapport de Philippe Duron (Mobilités du quotidien : répondre aux urgences et préparer l'avenir). « Nous avons plus de 20.000 km de voies chemin de fer qui ne sont pas électrifiées et ne le seront jamais. C'est le cas de certaines d'entre elles en Vendée et j'ai proposé de réfléchir avec Alstom à une ligne 100% électrique depuis Paris. Après le changement à Nantes, le parcours se ferait en train à hydrogène... Comme celui qui est en ce moment expérimenté en Basse-Saxe. Ayons de l'ambition en France et soyons les premiers à oser le train à hydrogène ! »

« On a tous rêvé de rouler avec le soleil, sourit Fabio Ferrari. Or, il y a dans les territoires des acteurs qui développent la production d'énergie renouvelable. » Une énergie intermittente qu'il faut pouvoir utiliser au mieux, par exemple en la stockant. « L'électromobilité hydrogène permet cette transition énergétique dans les transports. » Pourtant, estime Xavier Degon, analyste marché chez EDF, la production d'hydrogène par électrolyse est coûteuse. La « production d'électricité solaire ou éolienne ne se fait qu'à équivalent de 15% ou 25% du temps. Il faut investir beaucoup dans un électrolyseur et sa rentabilité sera très mauvaise si elle repose seulement sur un branchement direct, d'autant plus que 99,9% de l'hydrogène est aujourd'hui produit à partir

d'hydrocarbures. » Fabio Ferrari invite à « prendre le problème à l'envers. Comment réduire la dépendance des transports à 99% aux fossiles pour mettre l'accent sur le renouvelable ? Si on se pose la question ainsi, il devient évident que l'hydrogène est une bonne solution. Si on pense que le renouvelable va se développer, il faut installer les électrolyseurs là où c'est le plus pratique pour servir le réseau et capter la valeur de la flexibilité. Il est certain que la montée en puissance des EnR modifiera les équilibres actuels. En fait, la mobilité est un énorme marché d'utilisation des renouvelables. »

« La seule limite que je vois à l'hydrogène, ce sont nos ressources en eau. Sinon, c'est une énergie inépuisable », conclut Alain Leboeuf. Elle a l'avantage de « pouvoir être stockée au moment opportun, et d'être redistribuée massivement sans être trop contraignante pour nos réseaux, tandis que le développement des seuls véhicules à batterie fait peser un risque sur les réseaux. Il faut penser en termes de complémentarité. » Le président du SyDEV ne doute pas qu'il « y aura une part d'énergie hydrogène dans le futur projet de loi d'orientation des mobilités. » Gilles Prigent (Engie) indique que les Assises de la mobilité ont fait émerger des mesures qui figureront dans ce projet de loi, l'hydrogène étant concerné aussi par le fluvial et le maritime. »

Mobilité électrique : hydrogène et batteries



En 2015, lors des débats autour de la loi de transition énergétique, la batterie était présentée comme une solution d'avenir... Aujourd'hui, malgré l'approche vehicle to grid, de nombreuses questions se posent : autonomie, puissance nécessaire, cycle écologique des batteries... « Je déjeunais récemment avec un président d'Université pour qui les voitures électriques à batterie sont à l'hydrogène ce que le minitel était par rapport à nos ordinateurs d'aujourd'hui, raconte Alain Leboeuf. Les charges ne posent pas problème au quotidien, analyse-t-il. « Mais que se passera-t-il l'hiver, dans les vallées, lorsque tout le monde partira au ski ? Et au printemps, avec les week-ends en bord de mer, si tout le monde branche sa voiture en même temps ? » La puissance installée doit-elle être dimensionnée pour des utilisations aussi ponctuelles ?

« Aujourd'hui le véhicule à batterie représente 1,5% du parc en France, observe Valérie Bouillon-Delporte. Ce n'est pas un déploiement massif comme a pu l'être celui du minitel. Mais, déjà, à 1,5% du parc, il est difficile de mesurer les limites de cette technologie car la proportion est encore homéopathique pour avoir un réel impact notamment sur le réseau. Cependant, ne nous trompons pas de débat. N'opposons pas les technologies mais observons la complémentarité des usages. Avec une seule technologie, on n'y arrivera pas. La batterie a sa place, par exemple dans les applications urbaines en ville, tandis que l'hydrogène s'avérera tout indiqué pour les besoins intensifs ou encore le train et la navigation. »

« Le véhicule électrique à batterie sera un véhicule de transition. », estime Fabio Ferrari. Mais il reste utile : « les progrès faits par les constructeurs seront profitables aux

De l'histoire de l'hydrogène à la trajectoire de la mobilité hydrogène

L'hydrogène, qui occupe la première place de la classification périodique des éléments, est un gaz (dihydrogène) à la fois omniprésent dans la nature et particulièrement énergétique. Au cœur des dynamiques de l'innovation et des révolutions industrielles, sa trajectoire revêt une épaisseur multiséculaire, dans le secteur des transports et plus largement de l'industrie.

L'histoire « contemporaine » commence en 1781 avec le fondateur de la chimie « moderne » Antoine-Laurent de Lavoisier, qui, après avoir effectué une synthèse de l'eau, dénomme ce gaz hydrogène, en combinant le préfixe « hydro » (eau) et le suffixe « gène » (engendrer) : « gaz qui engendre l'eau ». Désormais plusieurs filières technoscientifiques se construisent, alternant bifurcations et fertilisation croisée des usages.

La première grappe d'innovations correspond à l'histoire du ballon à gaz, marquée par l'expérience des frères Montgolfier en 1783 puis l'aérostat d'Henri Giffard en 1852. La seconde correspond à la découverte du potentiel des gaz d'hydrogène par Philippe Lebon en 1799, prolongée aussitôt par la découverte du gaz de houille (gaz hydrogène carboné) qui fut à l'origine de la révolution gazière des deux premiers tiers du XIX^{ème} siècle, avec le développement des usines à gaz et des multiples usages du gaz de ville, l'éclairage en premier lieu. Une troisième grappe d'innovations fut alimentée par la mise au point des premiers moteurs à hydrogène : Etienne Lenoir en 1859 avec un moteur à combustion interne à deux temps fonctionnant au gaz de houille, Nikolaus Otto en 1867 avec un moteur plus perfectionné, conduisant à la création de Deutz AG avec Gottlieb Daimler en 1872, enfin, pour ce premier âge, à nouveau Etienne Lenoir en 1883 avec son Hippomobile, qui parcourut 9 km, équipée d'un moteur hydrogène à quatre temps.

Dans la perspective de la mobilité hydrogène et de recherche d'une économie globale, la trajectoire d'innovation de la pile à combustible occupe une place essentielle. Le premier prototype fut mis au point dès 1839-1842 par le britannique William R. Grove mais il fallut attendre plus d'un siècle pour voir les premières expérimentations industrielles. La NASA, qui équipa tous ses véhicules spatiaux d'un moteur fonctionnant à l'hydrogène, et surtout le Japon et l'Allemagne furent les leaders de cette trajectoire contemporaine de la mobilité hydrogène. Mazda présenta ainsi en 1991 un moteur rotatif à hydrogène au Salon automobile de Tokyo et, en 2006, loua des véhicules Hydrogen RE au gouvernement nippon. Cette même année 2006, considérée comme une bifurcation cruciale, la BMW Hydrogen 7 est présentée au Salon de Los Angeles comme la première voiture de série fonctionnant à l'hydrogène. Cette accélération de l'innovation, toute relative, serait une conséquence vertueuse du protocole de Kyoto en 1997 et de l'objectif de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Chez les constructeurs, la recherche consacrée aux voitures à hydrogène, emblématiques des véhicules propres, s'accélère. « Prophète » de la transition énergétique

avec son best-seller La troisième révolution industrielle, Jeremy Rifkin dessina rapidement un avenir radieux où l'hydrogène constituerait deux des cinq piliers de cette nouvelle ère vertueuse. L'incantation se voulait précise puisque il y annonçait que le passage à la pile à combustible dès 2015 en Allemagne, avec Daimler comme chef de file, serait un tournant crucial dans la mutation de l'économie européenne...

La mobilité hydrogène ne saurait rester l'Arlésienne de la seconde décennie du XXI^{ème} siècle. Le verrouillage d'une trajectoire d'innovation vertueuse est-il pour autant aujourd'hui enclenché ?

¹ RIFKIN J., La troisième révolution industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde, Paris, Les liens qui libèrent, 2011-2012, pp. 28-59. Piliers 3 et 5. Ibid., pp.93-94.

Christophe Bouneau, professeur d'Histoire économique à l'Université Bordeaux-Montaigne, président du Comité scientifique de l'AARHSE



véhicules électriques à hydrogène. »

Reste la question du coût. Aujourd'hui, pour les électriques à batterie, la différence se fait à l'usage : coût à l'achat plus élevé mais prix au kilomètre moindre parce que l'électricité est peu taxée et l'entretien du véhicule peu onéreux. Réduire le prix de fabrication du véhicule à hydrogène lui donnerait un véritable avantage compétitif. « Produire en grande quantité n'est pas compliqué, explique Fabio Ferrari. C'est moins complexe que les batteries et l'effet d'échelle est significatif. L'hydrogène a besoin de réservoirs. C'est tout simplement de la tôle emboutie. » Il évoque une fabrication en (mini) série (à l'échelle de production automobile), où le coût devient compétitif à partir de 20.000 unités. « Enfin, nous pouvons parvenir à un coût équivalent au gazole car l'hydrogène capte la valeur de la flexibilité. Produire avec le solaire ou l'éolien n'est pas si cher mais il reste à massifier cette production pour en capter la valeur en stockant l'énergie produite. On parvient alors à un prix qui n'est pas tellement plus cher que l'électricité livrée à la prise. On peut donc rouler à l'hydrogène à un coût proche de celui du gazole. Les taxes feront la différence. Et j'ai une bonne nouvelle pour l'Etat. On a fait le calcul, en partant de l'aspect économique (coût au km, à la tonne transportée). L'hydrogène pourra être taxé jusqu'à 30%. »

Mobilités multiples : il n'y a pas de solution unique

« La France est un grand pays d'ingénieurs capables de s'enthousiasmer à un moment donné pour des solutions salvatrices et devant empêcher toute autre forme de déploiement : supersonique, minitel, l'énergie nucléaire..., observe Martin Vanier, géographe, professeur à l'École d'urbanisme de Paris. Ces grands moments sont une forme de cristallisation entre pouvoir d'Etat et pouvoir technologique. Or, les solutions de demain seront des fabrications hybrides »

construites par les industriels, les collectivités, les citoyens... Les solutions énergétiques qu'on diffuse dans l'espace déclinent des solutions. La maison peut être une solution, si elle est équipée de système de recharge ou de production...

Les débats entre énergéticiens portent toujours sur des solutions techniques. Ils s'intéressent rarement à la manière dont « les sujets énergétiques organisent l'espace, les modes de vie... Et se conjuguent avec d'autres évolutions : guidage, solutions individuelles avec appareils nomades. Je crois que l'on se dirige vers une approche nouvelle, la solution inventée par l'utilisateur : voiture individuelle ou transports en commun, marche à pied... » Et ces solutions, loin d'être figées, se complètent, évoluent en fonction des opportunités. La France a « évidemment besoin d'ingénieurs, car il y'a pas de solutions sans réseau, et a également besoin d'investissements publics », mais il convient de penser la complémentarité car « de toutes façons, la vie se charge d'hybrider. » Surtout, « la mobilité est une solution dans un emploi du temps de la journée (travail, se soigner, se loger, consommer...) mais n'est pas une fin en soi. »

Déployant des stations GNV et bioGNV, investi dans un projet multi-fluides, dont l'hydrogène, le SIGEIF est un de ces acteurs de l'hybride, comme le souligne Christophe Tampon Lajayette, son directeur général. « Ce débat aurait pu être un simple plaidoyer pour la mobilité hydrogène. Ce sont en fait des plaidoyers pour la complémentarité. Je m'en félicite car on vit dans un pays où on raisonne souvent de manière univoque. Dans le premier projet de loi de transition énergétique, il n'était question que d'électricité ! Or, nous savons que tous les types de mobilité et de moteurs auront leur place. Ne dépensons pas trop vite l'argent public en surinvestissant dans un seul produit. »

« En France, les collectivités font bien leur travail de conception ensemble, bien mieux que dans beaucoup d'autres pays, analyse Martin Vanier. Avec la décentralisation, elles sont devenues des stratèges qui développent des visions, et des convictions, pour établir des solutions cohérentes, en termes d'aménagement, de développement, et de vivre ensemble. »

Martin Vanier invite à réfléchir au long terme, par-delà l'agenda de court terme qui est celui des industriels. « Est-ce que la mobilité propre va changer la mobilité en général ? Changer nos territoires ? » Modifier l'équilibre des densités ? Nous devons nous poser la « question de la société induite par ces mobilités pour imaginer les espaces de demain ». Martin Vanier tempère aussi l'enthousiasme des solutions technologiques nouvelles. « La France a souvent des objectifs plus ambitieux que ses voisins mais, problème, elle a souvent des résultats un peu moins... convaincants. On est très forts pour annoncer des territoires à énergie positive, ou même à neutralité carbone... Mais, avant de se poser la question de

savoir quels moteurs on met dans les trains, ne faudrait-il pas se préoccuper de l'état du réseau ferroviaire qui semble avoir de sérieux problème de signalisation ? »



Nos Intervenants



Valérie Bouillon Delporte

(Strategic Hydrogen Leader chez Michelin et Présidente de l'association Hydrogen Europe)



Alain Leboeuf

(Président du syndicat départemental d'Énergie (SyDEV) - Conseiller départemental de la Vendée)



Fabio Ferrari

(CEO at SymbioFCcell)



Martin Vannier

(géographe, professeur à l'École d'urbanisme de Paris et membre du conseil scientifique de IHEDATE)

Et la sécurité ?

« L'hydrogène est un gaz. Les véhicules à hydrogène sont soumis aux mêmes normes de sécurité que les autres véhicules gaz. Il s'agit de normes européennes. On les respecte. Un véhicule à hydrogène n'est pas plus dangereux qu'un autre. » (Fabio Ferrari)

