

Compte-rendu de la réunion du 17 juin 2019

Les leviers et les freins à lever pour généraliser les véhicules fonctionnant à l'électricité décarbonée

1. Introduction

Jean-Alain TAUPY,

Animateur du Groupe IDées « Quels carburants pour demain ? »

Après une première session qui a permis de passer en revue les nouveaux carburants, le cycle 2018-2019 a été consacré aux implications concernant la production de ces carburants et les mutations industrielles qu'impliquent les évolutions envisagées. Il a permis d'examiner les conditions industrielles et sociétales permettant de passer à des vecteurs d'énergie alternatifs : hydrogène, carburants biosourcés, véhicules électriques à batteries.

La réunion du 17 juin est une cinquième réunion, non prévue au départ, qu'il est apparu utile de monter pour explorer de manière plus approfondie les leviers et freins à lever pour généraliser les véhicules fonctionnant à l'électricité décarbonée.

Un examen de la situation en Chine est apparu comme éclairant sur ce plan.

Une des premières questions qui se posent concerne la production d'électricité décarbonée. Le démarrage en Chine du premier EPR conçu avec AREVA en juin 2018 et d'un deuxième en mai 2019 représente un défi pour la France et EDF qui ayant souffert de nombreux retards et accroissements de prix à Flamanville, travaille sur un futur EPR qui serait moins cher.

Quels seront les acteurs des transports de demain ? La Chine déploie sa route de la Soie et mise sur l'hydrogène. L'Europe tente de lancer un « airbus » des batteries, tandis que Bosch s'associe avec le suédois Power Cell pour produire en série des piles à combustibles à électrolyte polymère (PEM).

Dans le secteur des véhicules, Hyundai annonce 700 000 voitures fonctionnant à l'hydrogène en 2030, tandis que le plan gouvernemental chinois vise 5 000 véhicules à l'hydrogène en 2020, 50 000 d'ici 2025 et un million en 2030. En France, PSA renoue avec l'hydrogène en menant des travaux de recherche orientés vers des applications à destination des véhicules utilitaires à hydrogène. Michelin et Faurecia ont créé une filiale commune pour développer des piles à combustible. Dans le domaine du transport aérien, le nouveau patron d'Airbus, Guillaume Faury a annoncé l'objectif de voler sans aucune émission de CO₂.

Des voies alternatives de production d'hydrogène décarboné sont examinées par ailleurs. HAFFNER Energy a développé le procédé Hynoca qui vise à produire de l'hydrogène décarboné à partir de biomasse, avec comme objectif d'abaisser le prix à la pompe de 10 €/kg à 4 €/kg.

Il faut convaincre les utilisateurs et « socialiser » l'hydrogène, en banalisant son utilisation. L'introduction de vélos à hydrogène prévue en août prochain peut y contribuer. Le prix va être aussi un facteur important. Le coût d'un plein de 500 km pour une Toyota Mirai est de 55 € actuellement.



Quels carburants pour demain ?

Il faut donc introduire des technologies defossilisées aux différents stades de la chaîne : production, livraison, distribution, utilisation. Pour diffuser ces technologies, on peut envisager de les implanter localement, par exemple en installant des électrolyseurs chez l'utilisateur final.

Au cours du cycle de réunions 2019-2020, il est prévu d'élargir la réflexion sur les freins au développement des carburants de demain, en abordant notamment cette question dans le cas des batteries, des réseaux électriques, de l'éthanol et du biogaz.

Les supports des présentations de la réunion sont disponibles sur le site de la Fondation.

2. Développement des véhicules électriques sur le marché chinois

Eric TROCHON, AVL et

Shanjin WANG, Président de l'Association des ingénieurs chinois de l'automobile en France

Le gouvernement chinois a mis en place des plans ambitieux pour développer des véhicules adaptés à la transition énergétique, qualifiés de NEV (New Energy Vehicle), catégorie qui comprend les véhicules électriques à batteries (BEV), les véhicules hybrides rechargeables (PHEV) et les véhicules à hydrogène fonctionnant avec une pile à combustible (FCEV).

À partir de 2009, les véhicules électriques et hybrides rechargeables ont été subventionnés. Des subventions locales peuvent s'ajouter aux subventions nationales, le total des subventions pouvant atteindre 60% du prix de vente du véhicule.

En outre, il existe des quotas d'attribution des nouvelles plaques d'immatriculation. À Pékin, depuis 2018 le nombre de plaques distribuées est limité à 100 000, dont 60 000 pour les NEV. À partir de 2019, le gouvernement chinois impose des quotas aux constructeurs : les NEV devront représenter au moins 10% des ventes en 2019. Si ce quota n'est pas respecté, les fautivefs devront acheter des crédits auprès de leurs concurrents. Un algorithme complexe fixe l'attribution des crédits en fonction des différentes caractéristiques.

Le gouvernement a comme objectifs de réduire la dépendance pétrolière, créer une industrie compétitive et réduire la pollution urbaine.

En 2018, le marché chinois s'est élevé à 984 000 véhicules électriques à batterie et 271 000 véhicules hybrides rechargeables.

Le nombre de bornes de recharge est de 215 000 en Chine, ce qui peut paraître beaucoup (France 20 000), mais rapportée à 1000 km de routes, leur densité reste loin derrière ce qu'elle est aux Pays-Bas. Ce problème d'infrastructures joue un rôle important dans la décision d'achat d'un véhicule électrique.

Les véhicules particuliers représentent 62% des véhicules vendus, mais les poids lourds se développent également. On peut citer le constructeur chinois BYD qui a développé son activité à partir de la fabrication de batteries.

La Chine à elle-seule représente environ la moitié des ventes cumulées de véhicules électriques dont le nombre total dans le monde s'élève à près de 6 millions. Il existe dès à présent une offre diversifiée de véhicules, tels que les BYD F3DM (PHEV), BYD Qin (PHEV), BYD e6 (BEV). Peu de véhicules NEV étrangers sont vendus en Chine. La Tesla 3e est le seul modèle étranger à occuper une bonne place. La VW Passat GTE figure parmi les ventes, mais en queue de peloton.



Quels carburants pour demain ?

Les véhicules NEV sont surtout présents dans les villes, notamment à Pékin et Shanghai. La Chine développe rapidement ses bus électriques et hybrides rechargeables qui ont représenté en 2017 environ le quart du nombre total de bus vendus. Des bus électriques BYD ont été vendus en France et fonctionnent notamment sur un itinéraire reliant l'aéroport de Beauvais à l'Hôtel de Ville et à la gare de Beauvais.

Par ailleurs le nombre de véhicules électriques bon marché ne rentrant pas dans la catégorie des NEV (LSEV : low speed electric vehicle) dépasse actuellement 5 millions. Le nombre de véhicules électriques à deux roues se situe au-dessus de 200 millions.

La consommation électrique de 100 millions de véhicules NEV est de l'ordre de 200 TWh/an. Elle est donc compatible avec la production, qui s'élève à 8000 TWh. Par contre la recharge simultanée de nombreux véhicules risque de poser un problème d'appel de puissance.

Sur le plan industriel 5 des 10 premiers constructeurs de véhicules électriques sont chinois (BYD, BAIC, SAIC, Chery, JAC). Cette puissance industrielle favorise les exportations chinoises dans le monde entier.

La Chine détient 30% des réserves mondiales de néodyme utilisé pour les aimants permanents de moteurs synchrones et assure 80 à 90 % de la production mondiale. Les principaux constructeurs de batteries sont en Asie (Japon, Chine, Corée). La Chine occupe depuis peu une position de leader, devançant le Japon, avec une croissance spectaculaire des batteries fabriquées par CATL

Toutefois, en raison du mix énergétique utilisé pour produire l'électricité en Chine (2/3 de la production provenant du charbon en 2016) le bilan écologique reste défavorable (142 g CO₂ /kWh à comparer à moins de 20 g de CO₂/kWh en France). Cette situation tend à s'améliorer avec un fort développement des énergies renouvelables en Chine.

Toutefois, la Chine semble avoir pris conscience des limites du véhicule électrique en termes de bilan écologique et consommation de matériaux. Elle met à présent l'accent sur les véhicules à hydrogène, en prévoyant à l'horizon 2030 3 000 stations hydrogène et 1 million de véhicules à hydrogène. Un des défis à relever est la consommation de platine qui pourrait atteindre 30 tonnes pour un million de Véhicules.

3. Vers la transition hydrogène

Gilles HAON, Engie Cofely

La transition hydrogène part d'une volonté des villes de limiter ou interdire l'accès aux véhicules thermiques et des progrès continus de compétitivité réalisés concernant cette filière. Elle permettrait également de répondre aux objectifs environnementaux et d'améliorer la balance du commerce extérieur.

L'hydrogène apporte une solution aux transports massifiés et aux transports intensifs, en assurant une autonomie de plus de 600 km, un temps de chargement de l'ordre de 5 minutes, un chauffage de l'habitacle sans impact sur l'autonomie, une capacité de stockage hors véhicule et pas d'autodécharge.

La consommation d'hydrogène à raison de 1kg H₂/100 km et 9 €/kg, conduit à un coût de 9 €/100 km, comparable à celui qui est obtenu avec un carburant fossile pour une consommation de 6 l/100 km et un prix de carburant de 1,5 €/l, incluant les taxes. Les coûts de revient de l'hydrogène sont actuellement de l'ordre de 1,5 à 2,5



Quels carburants pour demain ?

€/kg et les prix de vente peuvent atteindre de 10 jusqu'à 80 €/kg, en fonction des conditionnements.

L'hydrogène peut être produit à partir d'électricité décarbonée (renouvelables, nucléaire), de biométhane, de biomasse, de déchets et peut couvrir les besoins en énergie dans tous les secteurs d'usage (industrie, mobilité, résidentiel et tertiaire). Il peut servir à produire de l'électricité dans une pile à combustible, qui peut être transportée et distribuée dans le réseau électrique actuel, ainsi que du méthane (voie Power to Gas) qui peut être transporté et distribué dans le réseau gaz actuel.

La production d'hydrogène qui représente 922 kt en France et 60 Mt dans le monde est majoritairement d'origine fossile et conduit à une émission de 11,8 Mt de CO₂ soit 3% des émissions en France.

Le développement des utilisations de l'hydrogène suppose la mise en place de structures adaptées. La mise en place du partenariat HYSETCO regroupant Air Liquide, Idex, Toyota et STEP(HYPE) pour créer la flotte de taxis HYPE à Paris est intéressant à cet égard. Le nombre de taxis FCEV devra atteindre 600 en 2020. Les usages de l'hydrogène se développent par ailleurs pour les transports collectifs, avec la mise en place de bus à hydrogène dans des villes comme Lens et Pau (SAFRA, SAVAC), ainsi que de locomotives à hydrogène sur des dessertes actuellement opérées en Diesel. Les gares des villes de taille moyenne sont bien positionnées pour générer des écosystèmes favorables à l'hydrogène, intégrant la mobilité et les réseaux de chaleur.

L'électrification d'une voie coûte cher et l'hydrogène devient compétitif dès qu'il y a plus de 20 km de voie à électrifier.

La desserte de Paris et des grandes agglomérations va devenir un enjeu pour le fret. Les sociétés de service devront faire appel à des véhicules décarbonés adaptés à leur activité.

La France dispose de solides atouts pour développer des infrastructures dans le secteur de l'hydrogène avec de nombreuses PME et start-ups (Mc Phy, Ataway, H2V, Howden, ITM Power, CMI, AREVA H2 Gen, Mahytec, Ergosup, Sylfen, Haffner energy) intervenant aux côtés des gaziers et énergéticiens nationaux, Engie, Air Liquide et EDF. Du côté de la mobilité, il y a encore peu d'acteurs, même si les équipementiers s'organisent pour être en mesure de produire des véhicules (Alstom, Safra, Pragma Industries, Plastic Omnium ainsi que Michelin et Faurecia à travers Symbio).

Dans le secteur des poids lourds, peu de constructeurs proposent des solutions hydrogène. IVECO propose des variantes Gaz. Certains constructeurs offrent une option électrique. Le prix est élevé et ces véhicules n'apportent pas une réelle compétitivité par rapport aux véhicules diesel (ex. Renault Trucks, Volvo Trucks, DAF et le constructeur chinois BYD). Sur l'hydrogène seuls les constructeurs étrangers sont également présents : Hyundai, Toyota, Nikola One et en Chine, Great Wall Motor, Yutong Bus et Foton Motor.

Le projet H2Bus, qui regroupe sept entreprises, prévoit la livraison de 1 000 bus en Europe à partir de 2020.

Il faut monter des partenariats pour assurer la construction des véhicules, la production d'hydrogène ainsi que la logistique de distribution. Faut-il massifier ou décentraliser cette production ? La massifier permet de réduire les coûts de production et de valoriser les sous-produits, mais implique des réseaux de transport et distribution adaptés. La décentraliser permet de valoriser la chaleur fatale et de créer un marché de proximité. Le marché étant diffus, cela peut favoriser la mise en concurrence des acteurs.

4. Discussion / Conclusions

Débat animé par Jean Alain TAUPY et Philippe-Henri LEROY

Réseaux et distribution Marché chinois

La politique de quotas conduit à des temps très longs pour l'acquisition d'un nouveau véhicule et permet de favoriser la pénétration des véhicules NEV.

La réduction de la pollution locale, très importante en Chine, constitue un argument important pour favoriser l'introduction des véhicules électriques.

Les calculs d'ACV, notamment en termes d'émissions de CO₂ ne sont pas très favorables. En outre ils ne sont difficiles à établir, la provenance de l'électricité ou de certains matériaux pouvant être difficile à établir. Ainsi, le contenu carbone de l'aluminium peut varier considérablement selon la nature du mix électrique dans le pays où il est fabriqué.

Le développement des véhicules électriques en Chine pose des problèmes de puissance instantanée. Tant que les véhicules électriques ne représentent que quelques % du marché, tout devrait bien se passer. À partir du moment où leur nombre pourrait représenter 50% du marché, des difficultés sérieuses sont à prévoir.

Les deux roues à propulsion électrique sont très nombreux, mais ne bénéficient pas comme en Europe d'infrastructures adaptées (« autoroutes à vélos » en Allemagne). L'acquisition d'une automobile est encore perçue comme un signe d'amélioration du niveau de vie et du statut social.

Problématique du véhicule à hydrogène

On peut envisager la production d'hydrogène décarboné à partir de combustibles fossiles à condition de mettre en place des installations de captage et stockage de CO₂. Il faut toutefois prendre en compte les coûts et l'acceptabilité. L'hydrogène décarboné est produit essentiellement par électrolyse

L'hydrogène se prête bien à des applications poids lourds pour des usages en milieu urbain tels que les bennes à ordures. Le secteur des poids lourds est moins bien organisé en Europe qu'aux États-Unis, ce qui rend plus difficile les choix collectifs

Son usage est bien adapté à des milieux professionnels, flottes captives et taxis, dans lesquels il est possible de suivre des procédures avec rigueur. Toutefois, en termes de sécurité, des progrès significatifs ont été enregistrés concernant la connectique en station. Les véhicules GNV fonctionnent dans de bonnes conditions et l'hydrogène présente des avantages par rapport au méthane sur le plan de la sécurité en raison de sa faible densité qui assure une évacuation rapide.

Le chauffage de l'habitacle n'entraîne pas de consommation supplémentaire du fait qu'il est assuré par la chaleur dégagée par la pile à combustible.

L'hydrogène est toutefois désavantagé par un rendement global nettement inférieur à celui du stockage d'électricité par batterie, en raison de la double conversion électricité → hydrogène et hydrogène → électricité. En outre, se pose le problème de la disponibilité du platine.

Dans le cas du véhicule à hydrogène, la récupération de l'énergie de freinage est moins immédiate que dans le cas du véhicule à batterie et il est nécessaire de monter une batterie d'appoint pour pouvoir l'effectuer.



Quels carburants pour demain ?

Bien que l'on n'ait pas enregistré de rupture technologique majeure au cours de ces dernières années, des progrès significatifs ont été réalisés concernant la fiabilisation des sous-ensembles et la réduction de la quantité de platine.

La montée en régime se fait progressivement avec l'ensemble des acteurs. Les acteurs asiatiques étant déjà lancés, ils prennent de l'avance sur le développement du marché.

Problématique du véhicule électrique

Les problèmes de pollution urbaine, notamment dans les grandes métropoles représentent une forte incitation au développement des véhicules électriques.

Par ailleurs, Tesla a beaucoup contribué à améliorer l'image de marque des véhicules électriques BEV ou FCEV, notamment en Chine, en leur conférant une valeur de prestige et de statut social.

Toutefois, l'utilisation de métaux rares et/ou critiques constitue l'une des principales limitations au développement des batteries. La demande en lithium, nickel et cobalt risque d'exploser.

Le recyclage des métaux rares reste difficile, surtout lorsque des nanotechnologies sont utilisées. Au total la quantité de matériaux nécessaire et leur contenu carbone pourraient s'avérer rédhibitoires.