

L'hydrogène pourrait-il s'imposer face aux véhicules électriques à batterie ?

L'hydrogène occupe aujourd'hui le devant de la scène dans les médias et dans le discours de certains responsables politiques. Les usagers s'interrogent et se demandent si le choix du véhicule électrique est finalement le bon. Équilibre des Énergies répond à cette interrogation et, tout en soulignant le rôle que peut jouer l'hydrogène dans la transition énergétique, explique pourquoi l'équation technique et économique complexe de l'hydrogène ne peut s'équilibrer que dans les secteurs où sa valeur ajoutée est la plus forte, c'est-à-dire celui des transports lourds ou longues distances.

« **L'hydrogène va s'imposer face aux véhicules électriques à batterie** » : c'est une affirmation que les adversaires des solutions électriques s'efforcent de propager pour tenter de freiner le développement de la mobilité électrique par batterie dont le développement est pourtant engagé de façon irréversible. En 2020, les immatriculations de véhicules électriques et hybrides rechargeables ont atteint en France 195 000 unités, soit 180 % de plus qu'en 2019. En décembre 2020, les immatriculations de véhicules électriques et hybrides rechargeables dépassaient pour la première fois 16 % des immatriculations totales. La même tendance s'observe en Allemagne, au Royaume-Uni et dans tous les grands pays européens.

En contrepartie, 211 voitures à hydrogène ont été immatriculées en France en 2020 et 311 en Allemagne. Il y a donc aujourd'hui un rapport de presque 1 à 1000 entre le marché des véhicules électriques à batterie et celui des véhicules à hydrogène. Alors pourquoi l'hydrogène fait-il autant parler de lui ?

Une forme d'énergie séduisante, mais chère et complexe à mettre en œuvre

Depuis Jules Verne, l'hydrogène fait rêver : vecteur énergétique fabriqué à partir de l'eau, donc semblant inépuisable et n'occasionnant que des

émissions de vapeur d'eau lors de son utilisation.

Mais la réalité est plus complexe. L'hydrogène est aujourd'hui d'origine fossile et produit à 99 % par reformage du méthane en émettant de grandes quantités de CO₂. Cet hydrogène « gris » est relativement bon marché, de 1,5 à 2 €/kg à la production, mais il émet lors de sa fabrication des quantités importantes de CO₂ (11 kg de CO₂ par kg d'hydrogène). Un hydrogène « propre » peut être produit par électrolyse à partir d'électricité bas carbone et on maîtrise aujourd'hui la technique des électrolyseurs. Mais le prix de revient de cet hydrogène « vert » ou « bleu » reste élevé : de l'ordre de 5 à 6 € par kg pour une électricité à 60 €/MWh et il faut y ajouter le coût du transport et de la distribution, sous forme liquide ou sous pression, ce qui, « rendu réservoir » l'amène aux environs de 10 €/kg soit 0,3 €/kWh, avant toute taxe éventuelle, soit deux fois le prix TTC du kWh d'électricité domestique, lequel embarque pourtant un bon tiers de taxes.

De plus, alors que l'électricité stockée dans la batterie peut être utilisée directement par le moteur électrique, l'hydrogène doit être stocké dans le véhicule dans un réservoir à très haute pression, compte tenu de sa faible densité énergétique volumique (généralement à 700 bars soit 700 fois la pression atmosphérique), avant d'être consommé dans une pile à combustible, également embarquée dans le véhicule, qui sert de

générateur pour alimenter finalement en électricité le moteur. Une batterie d'appoint reste nécessaire.

On voit ainsi que l'hydrogène neutre en carbone est une variante de l'utilisation directe de l'électricité mais, s'agissant des véhicules, son utilisation conduit à un cycle thermodynamiquement peu efficace. Le rendement de l'électrolyse ne dépasse pas 70 %. Il faut ensuite purifier l'hydrogène, le transporter et le comprimer à 700 bars. Le rendement de la pile à combustible n'excède pas 50 à 55 % et donc, alors que le rendement du transport de l'électricité puis de son stockage dans la batterie se situe aux environs de 85 %, le passage par l'hydrogène fait baisser ce rendement aux environs de 30 %. Ceci explique que l'hydrogène soit finalement un produit cher, peu efficace en termes de rendement lorsqu'il faut régénérer de l'électricité et donc que son utilisation dans les véhicules légers soit très loin d'avoir trouvé son modèle économique.

L'avantage de l'autonomie

L'avantage souvent invoqué serait de permettre d'atteindre une grande autonomie. Il est exact qu'un réservoir de 6 kg d'hydrogène (mais de 150 litres, même à 700 bars), permet de parcourir quelque 600 km. Cependant, cet avantage s'amenuise au fur et à mesure que les performances des batteries s'améliorent. Aujourd'hui, des véhicules



Par exemple, l'accès des véhicules à hydrogène aux parkings souterrains, voire aux tunnels, reste problématique.

Électricité, hydrogène : à chacun son marché

En conclusion, sans méconnaître le rôle que jouera très certainement l'hydrogène dans la transition énergétique, les considérations qui précèdent laissent à penser que son usage se développera davantage dans les applications professionnelles que dans les secteurs du grand public. L'industrie et le spatial sont deux secteurs où l'hydrogène est utilisé dès aujourd'hui de façon courante mais avec toutes les précautions nécessaires. Il est probable que les transports lourds et longues distances (les tracteurs de 44 tonnes notamment) constitueront un champ d'application important, compte tenu de la masse de batteries qu'il faudrait embarquer dans un camion pour assurer une autonomie de 800 voire 1 000 km et satisfaire les exigences des transporteurs en termes de durée maximale de recharge. Les trains régionaux, aujourd'hui encore à propulsion diesel, constituent un marché qui commence à s'ouvrir. Le secteur maritime devrait également être intéressé, avec l'installation prévue de stations de recharge dans certains ports. Et même l'avion à hydrogène ne semble pas utopique, pour les moyens courriers, à un horizon de 2035 et au-delà.

Mais alors que l'équipement des maisons, des immeubles, des centres commerciaux, des voies rapides en stations de recharge rapide pour véhicules électriques devient une réalité, on imagine mal que des stations hydrogène puissent voir le jour en nombre suffisant sur nos routes, cependant que la recharge à domicile des véhicules à hydrogène est proprement inconcevable. ●



électriques, sans être de très haut de gamme, sont dotés de batteries d'une capacité de 75 kWh qui permettent de réaliser en confiance des trajets de 400 à 500 km. La durée de la charge, longtemps problématique, se trouve ramenée à moins d'une demi-heure sur des bornes ultra-rapides de 150 voire 350 kW au standard européen CCS.

Les précautions nécessaires

En contrepartie, l'hydrogène continue à nécessiter des précautions pour son transport, son stockage et son utilisation. La molécule est la plus petite qui existe, les risques de fuite ne peuvent être négligés, surtout à haute pression, compte tenu de son pouvoir de corrosion et de son extrême inflammabilité. Ces considérations techniques ne sont pas rédhibitoires mais limitantes.

L'usage de l'hydrogène devrait se développer davantage dans les applications professionnelles (transports lourds, maritimes, aérospatiales) que dans les secteurs du grand public