

Décryptage

Faut-il abandonner le véhicule à hydrogène en raison de son rendement énergétique ?

Substitut aux véhicules thermiques, la mobilité électrique est amenée à jouer un rôle croissant dans la lutte contre le changement climatique et la pollution de l'air, en raison d'une absence totale d'émissions de CO₂ et de particules lors de son utilisation. Il existe deux technologies de véhicules électriques développées et commercialisées par les constructeurs automobiles : d'une part les véhicules à batteries, alimentés par des bornes de recharge raccordées aux réseaux d'électricité ; d'autre part les véhicules à hydrogène, qui convertissent le gaz en électricité à bord grâce à une pile à combustible ne rejetant que de l'eau. L'hydrogène est distribué en station-service et permet de « faire le plein » en quelques minutes, de la même manière qu'un véhicule thermique. Cette solution est la plus favorable en termes environnemental si l'hydrogène est lui-même produit par l'électrolyse de l'eau à partir d'électricité d'origine décarbonée ou renouvelable.

Un rendement comparable au moteur thermique

L'hydrogène n'est pas une énergie en soi mais un vecteur énergétique. Son utilisation implique donc une succession de différentes transformations (production, compression, transport, distribution, usage final), d'où des cascades de rendements sources de pertes d'énergie. Le rendement de l'électrolyse seule se situe aux voisinages de 70%, tandis que le rendement électrique des systèmes piles à hydrogène dépasse les 50 %, ce qui en fait un rendement supérieur à celui des moteurs thermiques¹. Le rendement maximal du moteur thermique est de l'ordre de 36 % pour le moteur essence et de 42 % pour le moteur diesel². En ville, le rendement d'un moteur se dégrade et n'atteint même que 15 %.

Au total, de l'électricité primaire utilisée lors de l'électrolyse à l'électricité utile restituée au travers d'une pile à combustible, le rendement global de la chaîne hydrogène appliqué à la mobilité se situe dans une fourchette de 20 à 30% selon les applications, la pression de stockage considérée, et les schémas logistiques³.

Par comparaison, le rendement des véhicules électriques à batterie seule se révèle meilleur, de l'ordre de 30 % à partir de l'électricité réseau et de plus de 70 % à partir d'une source électrique renouvelable⁴. Néanmoins l'Ademe considère que « *le recours à l'hydrogène est à considérer lorsque cette solution n'est plus opérante* »⁵. La chaîne hydrogène est requise pour apporter un service supplémentaire ou lever des contraintes qui ne peuvent être assurés par les batteries seules. Au-delà du rendement énergétique, la question clé de la pertinence du recours à l'hydrogène est celle du service rendu.

Analyser les besoins et les services rendus

Les technologies batterie et hydrogène se révèlent en réalité complémentaires et non concurrentes. Dans certains cas, l'hydrogène est en effet une meilleure solution selon les usages :

- Le stockage de grande quantité d'énergies renouvelables (solaire, éolien), par nature intermittentes, n'est possible que par l'hydrogène, qui représente une solution adaptée en taille et en flexibilité pour la gestion des réseaux électriques et gaziers à fort taux de pénétration des énergies renouvelables.
- Dans la mobilité, le recours à l'hydrogène permet de dépasser les limites des technologies par batterie et d'accroître les performances de l'électromobilité en termes d'autonomie (500-700 km), de temps de recharge (5 min environ) et d'encombrement. Cela en fait une solution complémentaire de la batterie pour les véhicules lourds et les flottes professionnelles, qui parcourent de longues distances, de manière intensive, et requièrent des charges utiles suffisantes.

Le service rendu et les bénéfices environnementaux sont ainsi les critères principaux qui justifient, sur un plan technique mais également économique, le fait de stocker une partie de l'énergie disponible sous forme hydrogène et de la restituer dans le domaine des transports et de l'énergie.

¹ Pr. Jean-Marie Tarascon, *Piles à combustible et les différentes filières*, Chaire Développement durable, Environnement, Energie et Société du Collège de France, 2010-2011

² IFPEN, « *Les véhicules essence et diesel* », site internet de l'IFPEN, consulté en avril 2019 [consultable [en ligne](#)]

³ ADEME, *L'avis de l'Ademe : l'hydrogène dans la transition énergétique*, février 2016 [consultable [en ligne](#)]

⁴ Ibid.

⁵ ADEME, *Fiche technique : l'hydrogène dans la transition énergétique*, mars 2018 [consultable [en ligne](#)]