

Piles à Hydrogène : Le Marché en 2021

Alors que les ventes de véhicules fonctionnant à l'hydrogène accusent un retard par rapport aux véhicules électriques à batterie, la technologie se développe rapidement. Nous résumons ici où en est le secteur mondial, et soulignons certaines évolutions susceptibles d'être observées à moyen terme.

Elementum Metals: 25/01/2021

25/01/2021



Les piles à hydrogène (HFC) sont connues depuis 1842, date à laquelle un juge de Swansea, Sir William Robert Grove, en a conçu une version rudimentaire dans son propre laboratoire.¹ Depuis lors, de nombreuses tentatives ont été faites pour amener cette technologie au point où elle est commercialement viable pour les transports personnels, bien qu'un goulot d'étranglement ait été identifié dans son adoption massive. La ressource sous-jacente, l'hydrogène, est nettement désavantagée par rapport aux combustibles fossiles, un certain nombre de facteurs - notamment la sécurité et la faible densité de puissance - limitant le degré de visibilité des voitures fonctionnant au HFC dans nos rues.

L'ÉLÉMENT LE PLUS ABONDANT DE L'UNIVERS

Tout d'abord, il peut être instructif de présenter brièvement les principales caractéristiques de la technologie HFC. Les piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEM) commercialisées contiennent deux électrodes, une cathode positive et une anode négative, qui sont séparées par un électrolyte. L'hydrogène est envoyé sur l'anode et l'air sur la cathode. Un catalyseur au platine sur l'anode sépare les molécules d'hydrogène en protons et en électrons qui empruntent des chemins différents jusqu'à la cathode, les électrons passant par un circuit, créant ainsi de l'électricité. À la cathode, les ions d'hydrogène et les électrons se lient à l'oxygène de l'air pour former de la vapeur d'eau, le seul autre produit du processus.²

L'anode est traitée avec des particules de platine de taille nanométrique qui catalysent la réaction, séparant les protons et les électrons. La quantité de platine utilisée dans une pile à combustible est faible : entre 10 et 20 grammes par véhicule, soit plus que les 5 à 10 grammes que contient un convertisseur catalytique à moteur à combustion interne (ICE), bien que des gains d'efficacité devraient réduire la quantité de platine nécessaire au fil du

bien que des gains d'efficacité devraient réduire la quantité de platine nécessaire au fil du temps.³

Comme mentionné, l'hydrogène en tant que source d'énergie présente des inconvénients majeurs - notamment le fait que l'élément est rare à l'état pur. L'hydrogène à bas prix est obtenu à partir de gisements fossiles tels que le lignite, extrait par reformage à la vapeur, devenant ainsi de l'hydrogène dit "gris". Ce processus est manifestement non durable, étant donné que sept tonnes de dioxyde de carbone sont produites pour chaque tonne d'hydrogène produite. L'hydrogène "bleu", en revanche, est le résultat du même processus, bien que la technologie de capture du carbone (CCT) soit utilisée pour réduire quelque peu les émissions nocives.

L'hydrogène "vert", en revanche, est produit de manière beaucoup plus durable, en utilisant l'électricité du soleil ou du vent pour alimenter un électrolyseur qui décompose l'eau en ses composants, permettant ainsi de capturer et de stocker l'hydrogène pour une utilisation ultérieure. Toutefois, même l'efficacité de l'hydrogène vert peut être critiquée, car l'hydrogène est principalement utilisé comme moyen de stockage de l'énergie, créé par l'électricité solaire ou éolienne, puis reconverti en énergie électrique ; ce processus aller-retour signifie, en termes de pure efficacité, qu'il est actuellement préférable de créer de l'électricité à partir de réactions chimiques au sein de batteries.⁴

Malgré ces défis, il devient de plus en plus évident que l'hydrogène peut jouer un rôle précieux dans la fourniture d'une énergie durable, notamment en raison de sa compatibilité avec les nouvelles technologies électriques et les anciens systèmes d'infrastructure énergétique. En outre, il faut également tenir compte de la sécurité et de la diversification de l'approvisionnement énergétique ; des pays comme la Chine - qui ne contrôlent pas l'approvisionnement en matériaux utilisés dans les batteries, principalement le lithium, le nickel et le cobalt - sont attirés par les HFC car ils contribuent à réduire la dépendance à l'égard des importations et à diversifier l'approvisionnement énergétique terrestre.⁵

Enfin, de nombreux pays ayant annoncé des plans pour accélérer rapidement leur route vers l'objectif de zéro émission de carbone, l'hydrogène est intéressant comme source d'énergie verte supplémentaire en complément de l'énergie des batteries.

COÛTS DE LA LUTTE CONTRE LE TERRORISME

Bloomberg New Energy Finance estime le coût actuel de l'hydrogène "gris" à environ \$1,50 par kilo, le bleu entre \$1,50 et \$3 et le vert entre \$2,50 et \$5.⁶ Le Conseil de l'hydrogène s'attend à une baisse rapide des prix de l'hydrogène à mesure que l'augmentation de la production, de la distribution et de la fabrication d'équipements s'accélère, ce qui réduira les coûts de 50 % au cours de la prochaine décennie et permettra à l'hydrogène vert de coûter entre 0,60 et 1,50 \$ le kilo d'ici 2050.

Les recherches menées par le Conseil de l'hydrogène ont montré que pour 22 applications de l'hydrogène (représentant environ 15 % de la consommation mondiale totale d'énergie), telles que les véhicules commerciaux, les trains et le chauffage domestique et industriel, le coût total de possession (CTP) d'ici 2030 sera égal à celui d'autres solutions à faible teneur en carbone, tandis que neuf applications seront compétitives par rapport aux énergies conventionnelles, notamment les poids lourds, les autocars et les chariots élévateurs à fourche.⁷

Les analystes de Bernstein estiment que les coûts de production des piles à combustible diminueront de 20 % au cours de la prochaine décennie.⁸ Deloitte, en collaboration avec Ballard, un développeur et fabricant de piles à combustible, estime que le CTP des FCEV

atteindra la parité avec celui des véhicules électriques à batterie (BEV) en Europe en 2023, aux États-Unis en 2027 et en Chine en 2028. La parité sera atteinte avec les véhicules à moteur à combustion interne en Europe en 2024, aux États-Unis en 2026 et en Chine en 2027.⁹

FONCTIONNANT SUR BATTERIE

Les caractéristiques respectives de l'hydrogène et de l'alimentation par batterie signifient que les véhicules à hydrogène présentent certains avantages par rapport aux VEB, notamment une plus grande autonomie avant le ravitaillement, des temps de ravitaillement plus courts, une tolérance aux basses températures et des taux de production d'énergie constants. Les performances du HFCEV sont donc supérieures à celles de la batterie pour les fourgons, les camions, les équipements tels que les chariots élévateurs à fourche et les pelles, les bus et les trains utilisés de manière intensive.¹⁰ La faisabilité d'une utilisation dans le domaine du transport maritime est également en cours d'évaluation.

SOUTIEN POLITIQUE

Le Japon a été le premier grand pays à présenter un aperçu de la voie à suivre pour l'adoption de l'hydrogène avec sa stratégie de base sur l'hydrogène en 2017, suivie de la feuille de route stratégique pour l'hydrogène et les piles à combustible en 2019. Le pays est en tête pour le financement de la recherche et du développement, investissant 303 millions de dollars dans la technologie HFC en 2019, avec des politiques axées sur la promotion des véhicules électriques privés à pile à combustible à hydrogène (HFCEV) pour les passagers, visant 800 000 voitures particulières et 900 stations de ravitaillement d'ici 2030.¹¹

L'investissement de la Chine dans le développement des piles à combustible a considérablement augmenté, passant de 19 millions de dollars US en 2015 à 129 millions de dollars US en 2018. Les subventions pour les HFCEV existent depuis 2009, bien que l'adoption soit négligeable avec seulement 7 200 véhicules en service en juillet 2020. Plus prometteur encore, l'hydrogène est désormais reconnu comme une priorité dans le cadre du plan quinquennal 2021-2025 du pays ; les consommateurs qui achètent des véhicules fonctionnant aux HFC recevront des subventions jusqu'en 2025, même si le soutien aux VE à batterie est progressivement supprimé.¹² Le gouvernement central encourage les autorités locales à développer et à adopter la technologie HFC par des politiques telles que la désignation des municipalités comme "villes modèles" ; Chongqing et Chengdu ont reçu 1,7 milliard de CNY pour financer le développement et la mise en œuvre au cours des quatre prochaines années.¹³ Il n'existe actuellement aucun système national global de subvention des stations de ravitaillement en carburant, bien que les autorités municipales comme celles de Foshan et de Zhongshan aient mis en place leurs propres programmes.¹⁴ Le programme H2@Scale du ministère américain de l'énergie, lancé en 2016, a soutenu la recherche et le développement dans un certain nombre de domaines, notamment les poids lourds, la fabrication d'électrolyseurs et le stockage de l'hydrogène.¹⁵ La Californie a le plus haut niveau de commercialisation de l'hydrogène aux États-Unis, où le California Fuel Cell Partnership s'est fixé comme objectif de fabriquer 1 million de véhicules électriques à pile à combustible d'ici 2030. Les chariots élévateurs à fourche sont l'un des domaines où le HFCEV est le plus adopté aux États-Unis, avec 30 000 unités utilisées dans des entreprises telles qu'Amazon et Walmart,¹⁶ ce qui indique que les entreprises ont

commencé à comprendre l'intérêt d'utiliser cette technologie pour des véhicules légers qui ne devraient pas s'aventurer loin des infrastructures de remplissage.

Le "Green Deal" de l'UE pour 2020 a défini des stratégies visant à atteindre un niveau zéro d'émissions de carbone d'ici 2050 et à intégrer davantage les systèmes énergétiques européens. Dans le cadre de cette initiative, la stratégie pour l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre s'engage à porter la capacité des électrolyseurs à 40 GW d'ici 2030, avec un investissement prévu pouvant atteindre 180 milliards d'euros d'ici 2050.¹⁷

L'hydrogène vert est une pierre angulaire de la vision de l'UE en matière de décarbonisation, utilisant l'énergie des parcs solaires et éoliens ; la feuille de route européenne pour l'hydrogène vise à atteindre, d'ici 2030, 3,7 millions de véhicules particuliers HFC, 500 000 véhicules utilitaires légers, 45 000 camions et bus et 570 trains, soutenus par une infrastructure de 3 700 stations de ravitaillement.¹⁸

METTRE LES PILES À COMBUSTIBLE AU TRAVAIL

L'engagement du gouvernement japonais en faveur des HFCEV pour les passagers privés a permis à l'industrie automobile du pays d'établir un leadership mondial dans ce domaine. Toyota a lancé son modèle original Mirai en 2014, avec une version actualisée lancée en 2020.¹⁹ La société a récemment annoncé la création d'une entreprise commune avec un consortium d'entreprises chinoises, dont Dongfeng Motor, pour développer des HFCEV ; elle estime que la Chine pourrait disposer de 2 millions de HFCEV d'ici 2030, ce qui représente environ 5 % du nombre total de véhicules du pays, dont 1 million en service à Pékin.

Le soutien de l'État chinois aux HFC est en partie dû à l'abondance de l'énergie solaire et éolienne dans le pays ; on estime à 150GW la quantité d'énergie gaspillée chaque année par les centrales qui ne peuvent être intégrées au réseau. L'hydrogène offre la possibilité de capturer et de stocker cette énergie pour une utilisation ultérieure.²⁰

Les politiques de l'État reconnaissent les lacunes en matière de capacités dans les technologies de base et la production de composants clés, ce qui encourage les entreprises chinoises à collaborer avec les leaders du marché. En conséquence, le constructeur automobile BYD a commencé à travailler avec l'US Hybrid Corporation en 2020 en exploitant des bus HFC à l'aéroport d'Honolulu et Weichai Power, le plus grand constructeur public de moteurs diesel en Chine, a acquis une participation de 20 % dans Ballard Power, un des principaux concepteurs et fabricants de piles à combustible.²¹

Un domaine où l'hydrogène peut être utilisé avec les infrastructures existantes est celui des systèmes de chauffage domestique. Le National Grid du Royaume-Uni estime que les chaudières à gaz qui chauffent la plupart des foyers britanniques peuvent fonctionner avec jusqu'à 20 % d'hydrogène mélangé au gaz naturel existant ; à plus long terme, il est possible d'installer des chaudières à hydrogène qui peuvent brûler soit du gaz naturel, soit de l'hydrogène.²² L'hydrogène vert est un moyen de réduire les émissions dans les processus de fabrication lourde à forte intensité de carbone, notamment la production d'acier, de verre et d'engrais.

Alors que la Chine est actuellement le leader mondial de la production d'hydrogène, l'Europe est à la pointe de la production d'hydrogène à partir de l'eau au moyen d'électrolyseurs, avec une capacité de 1,2 GW en 2020. La capacité devrait augmenter rapidement grâce à des projets tels que celui de la société norvégienne NEL Hydrogen, qui prévoit de construire une usine de 360 MW, avec la possibilité de tripler la production au fil du temps.²³ La production à grande échelle permet d'utiliser l'hydrogène stocké pour capter temporairement l'électricité excédentaire afin de l'utiliser aux heures de pointe

capter temporairement l'électricité excédentaire afin de l'utiliser aux heures de pointe.

LE POTENTIEL DE TRANSFORMATION DES ÉNERGIES ANCIENNES ET NOUVELLES

La flexibilité de l'hydrogène et ses atouts par rapport à l'alimentation par batterie rendent les deux technologies très complémentaires. Bien que l'hydrogène soit aujourd'hui une énergie à forte intensité de carbone ou relativement inefficace, des investissements importants et une utilisation subventionnée à grande échelle permettront d'intensifier le développement, les infrastructures et la fabrication afin de réduire les coûts et de les aligner sur les moteurs à batterie et à combustion au cours de la prochaine décennie. L'hydrogène vert est très durable, et présente sans doute moins de risques pour l'environnement que les batteries. Il offre un mécanisme simple de stockage de l'électricité, ce qui atténue l'une des principales faiblesses des énergies solaire et éolienne. Ces facteurs combinés constituent une bonne raison pour le Conseil de l'hydrogène de prévoir que l'hydrogène fournira jusqu'à un cinquième de l'énergie mondiale d'ici 2050.²⁴
Par Metal.Digital, Janvier 2021

Vous souhaitez en savoir plus sur la manière dont les métaux sont utilisés dans le cadre de l'objectif d'une économie nette zéro carbone ? Visitez la page des ressources numériques sur les métaux pour en savoir plus !

Notes de bas de page

1. American Physical Society
2. US Department of Energy
3. Deloitte and Ballard, 2020
4. Economist, July 2020
5. Financial Times, January 2019
6. Bloomberg New Energy Finance, March 2020
7. Hydrogen Council, January 2020
8. Financial Times, November 2020
9. Deloitte and Ballard, 2020
10. Hydrogen Council, July 2020
11. White & Case, December 2020
12. Nikkei Asia, October 2020
13. Ibid.
14. Deloitte and Ballard, 2020
15. GreenBiz, September 2020
16. Deloitte and Ballard, 2020
17. World Economic Forum, July 2020
18. Deloitte and Ballard, 2020
19. Economist, July 2020
20. Financial Times, January 2019
21. Ibid
22. Economist, July 2020
23. IEA, May 2020
24. Hydrogen Council, November 2017

Inscrivez-vous pour recevoir nos articles

CLIQUEZ ICI