

**Rapport de veille technologique - Technifutur Campus Francorchamps - Projet PAE**

Date de création : 10/06/2020

Rédacteur : Marc NELIS

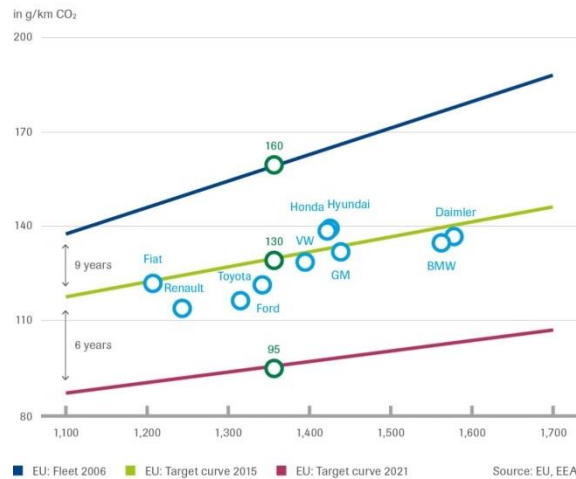
**Technologie concernée**

Domaine concerné : architecture des véhicules utilisant une pile à hydrogène

Lien avec secteur automobile : motorisation propre, zéro émission

**Contexte**

Le marché automobile est fortement influencé par les normes environnementales qui conduisent les constructeurs à développer des solutions alternatives aux motorisations EURO 6 à l'essence et au diesel. En ce qui concerne les polluants classiques HC, CO, NOx et FP, les systèmes de post traitements sont de plus en plus coûteux. Il est d'usage de dire que l'échappement coûte le prix du moteur et le système AdBlue celui de la boîte de vitesses. Cette tendance sera encore plus marquée lors de l'introduction des futures normes EURO 7 et suivantes. En ce qui concerne le CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre, la situation est encore plus complexe. La diminution des émissions est forcée par une double pénalité liée à un malus pour le consommateur et à une pénalité pour le constructeur dont la marque dépasse en moyenne une valeur fixée. L'évolution de cette limite est représentée ci-dessous [1] en fonction du poids des véhicules.



Objectifs CO<sub>2</sub> en Europe [1]

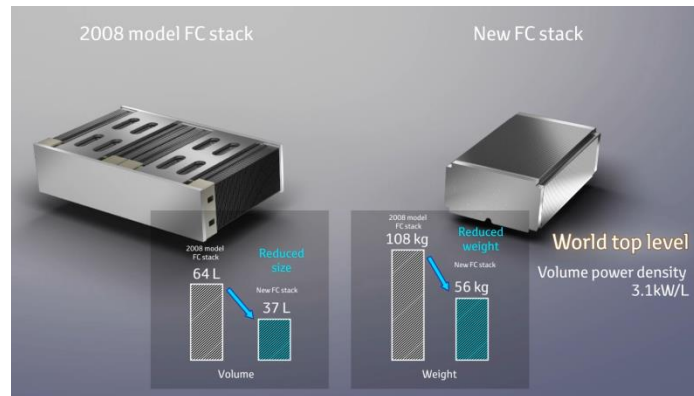
On voit donc apparaître un changement dans la gamme des constructeurs avec la modification des hauts de gamme en hybrides rechargeables et l'introduction de véhicules zéro émission. Parmi ces derniers citons les véhicules à batteries Li-ion et les véhicules à hydrogène (H<sub>2</sub>). Si les véhicules H<sub>2</sub> à pile à combustible (PAC) ne se retrouvent actuellement pas ou peu sur la route, nous constatons un nombre croissant de solutions techniques basées sur cette technologie. Passons-les en revue.

**Description**

On constate depuis une dizaine d'années une augmentation de la densité de puissance des piles à combustible tout en maintenant une puissance d'environ 100 kW par unité pour propulser un véhicule. Dans le cas de la Toyota Mirai, le volume de la pile (stack) a diminué de 64 litres à 37 litres entre la première et la seconde génération [2] pour une même puissance.

Cette amélioration continue de la technologie de la PAC, couplée à un système de stockage H<sub>2</sub> sécurisé à 350 bars et 700 bars, permet de l'intégrer dans pratiquement toutes les solutions de transport. Il y avait en 2018 près de 11200 véhicules hydrogène sur la route et 381 stations [3], c'est

peu mais de gros efforts sont réalisés pour favoriser la connaissance du sujet et financer des projets liés à l'hydrogène [4]. Il existe également des clusters comme « hydrogeneurope » [5] destinés à favoriser les collaborations industrielles.



Augmentation de la densité de puissance des PAC automobile [2]

Les véhicules qui ont été développés par les industriels peuvent être classés suivant les catégories suivantes:

- Les véhicules des grands constructeurs
- Les véhicules transformés, à prolongateur d'autonomie
- Les véhicules de niches
- Les chariots élévateurs
- Les bus et camions
- Le train d'Alstom
- Les maquettes didactiques de véhicules

Tous ces véhicules ont un point en commun, ils doivent intégrer la motorisation hydrogène composée des éléments suivants organisés suivant le schéma juste après:

- Pile à combustible H2
- Circuit d'alimentation H2 (réservoirs, détendeur, pompe H2, vannes, tuyaux)
- Circuit d'alimentation en air (filtre, compresseur, humidificateur, vannes, tuyaux)
- Circuit de refroidissement (air ou liquide)
- Echappement (parfois en plastique)
- Circuit électrique (batterie en parallèle à la PAC, onduleur, moteur)

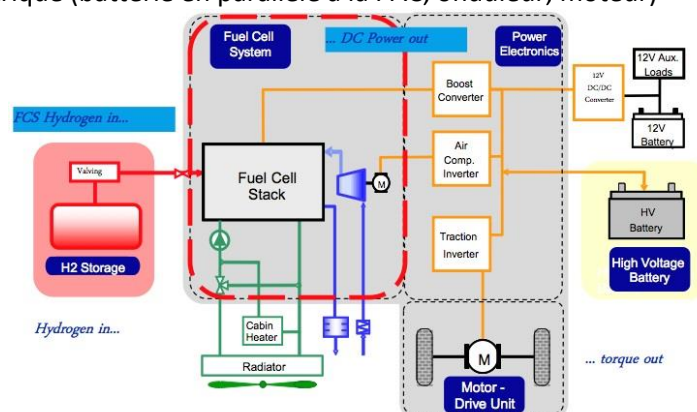


Schéma de la motorisation hydrogène [8]

Deux véhicules automobiles de grands constructeurs sont commercialisés en Europe, La Toyota

Mirai I devenue II [6] et la Hyundai IX35 FC devenue NEXO [7]. Ces deux véhicules adoptent des architectures différentes.

La plateforme SEDAN de la MIRAI a obligé le constructeur à placer la PAC en position quasi centrale, sous les sièges avant du véhicule. Les deux réservoirs sont placés à l'arrière près du sol avec la batterie de traction au-dessus. On trouve finalement la traction électrique à l'avant du véhicule. La plateforme SUV de la NEXO permet de placer la PAC sous le capot avec la motorisation électrique. La batterie de traction est placée en position centrale basse et les réservoirs sont localisés à l'arrière du véhicule, en dessous du coffre. Ce sont tous deux des véhicules hybrides.

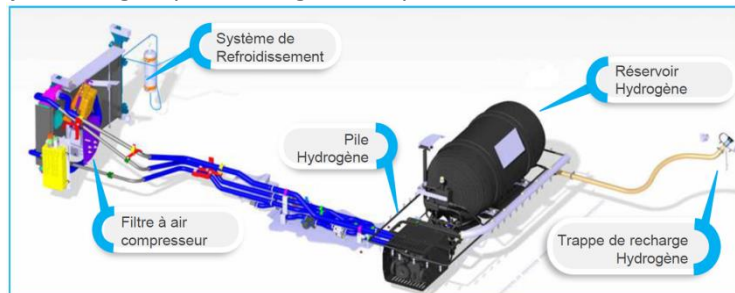


Layout de la MIRAI (source TME)



Vue en coupe d'une NEXO

La société Française Symbio a adopté une démarche différente à savoir d'ajouter un prolongateur d'autonomie hydrogène à un véhicule électrique existant, le Renault Kangoo Z.E. [9]. Le véhicule est inchangé et on lui ajoute un groupe électrogène ce qui double son autonomie initiale de 120 km.



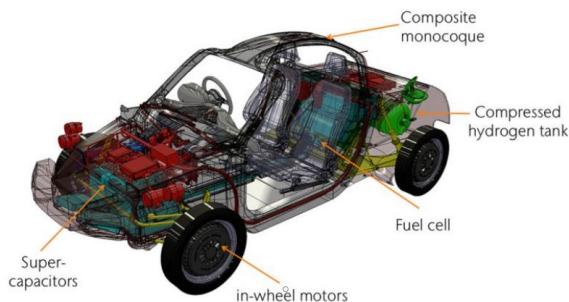
Layout du prolongateur d'autonomie Symbio [9]

Des PME ou startup décident également de devenir constructeurs de véhicules hydrogène et choisissent un créneau de niche, le véhicule de 10 à 20 kW dont la puissance est idéale pour rencontrer les objectifs environnementaux. Citons simplement Riversimple [10] qui construit le modèle RASA et la société Microcab [11], tous deux Britanniques. Ce sont toujours des véhicules PAC hybrides, les sources d'énergies réversibles étant soit une batterie pour la Microcab soit des super-capacités pour la Riversimple. Parmi les véhicules de niche citons également l'arrivée de l'hydrogène dans le domaine de la compétition avec le projet H24 [12].

Le domaine du chariot élévateur hydrogène est par contre déjà développé pour les grands centres de la distribution alimentaire devant travailler en trois pauses. Dans ce cas le gain est économique vu que la moitié des chariots à batteries au plomb se trouvent immobilisés en zone de recharge électrique. Le projet Européen « Don Quichote » a mis ce point en évidence [13].

Les bus et camions sont des véhicules parfaitement compatibles avec l'hydrogène vu la place disponible pour y loger les composants. Dans le cas des bus les composants du système hydrogène seront placés sur le toit tandis que la batterie et la motorisation électrique seront situées le plus bas

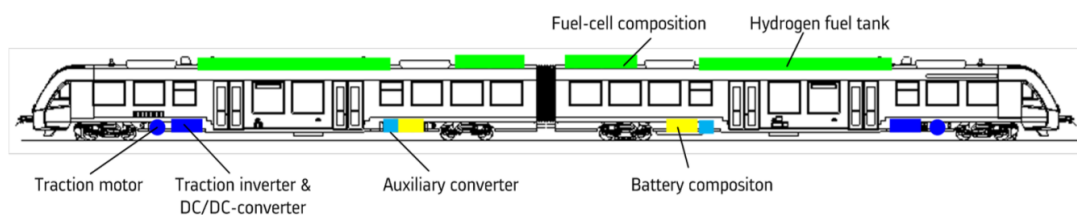
possible [14]. On peut trouver des layouts de camion chez le constructeur Nikola [15]. La société Alstom a récemment construit un train hydrogène mis en service en Allemagne. Il s'agit du Coradia iLint [16], cette solution permettant d'éviter l'électrification de la voie.



La RASA de Riversimple [10]



La Microcab [11]



Layout du Coradia iLint [16]

Citons finalement le matériel didactique permettant de présenter cette technologie auprès du jeune public [17] [18].

### Sources d'information

- [1] <https://www.eea.europa.eu/>
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=KoOXviTSAAtA>
- [3] <https://www.h2euro.org/>
- [4] <https://www.fch.europa.eu/>
- [5] <https://hydrogeneurope.eu/projects>
- [6] <https://fr.toyota.be/modeles/mirai/>
- [7] <https://www.hyundai.be/fr/model/nexo/>
- [8] <https://www.greencarcongress.com/>
- [9] <https://www.symbio.one/>
- [10] <https://www.riversimple.com/>
- [11] <http://www.microcab.co.uk/>
- [12] <https://youtu.be/V3Ep3IDV0q4>
- [13] <https://www.don-quichote.eu/>
- [14] <https://www.youtube.com/watch?v=PHxhN5-fVDo>
- [15] <https://nikolamotor.com/hydrogen>
- [16] <https://www.alstom.com/fr/nos-solutions/materiel-roulant/coradia-ilint-le-premier-train-hydrogene-au-monde>
- [17] <https://www.horizoneducational.com/>
- [18] <http://heliocentrisacademia.com/>