

## LES PROGRAMMES VOLKSWAGEN ET AUDI



### Sommaire

1. **Volkswagen**
  - 1.1 – *Historique du modèle à hydrogène*
  - 1.2 – *Collaboration avec la Chine*
2. **Audi**

Ces deux constructeurs apparaissent dans la même fiche car ils appartiennent tous deux au même groupe industriel (Volkswagen AG).

### 1. Volkswagen (VW)

#### 1.1 – Historique

- C'est en 1996, dans le cadre du projet européen *Capri* (1996-2000), qu'a débuté le développement du premier prototype de voiture à hydrogène produit par VW : une plateforme *Bora* baptisée **Variant** (Fig. 1) équipée d'une pile de 20 kW de chez *Ballard*. L'hydrogène était produit par un reformer de méthanol embarqué.



Figure 1 – Le prototype **Variant** (2000)

- En novembre 2000 est apparue la **Bora HyMotion** (base *Jetta*) (Fig. 2) équipée d'une pile *UTC Power* de 28 kW. L'hydrogène était stocké à bord sous forme liquide dans un réservoir cryostatique de 49 litres.



Figure 2 – Le prototype **Bora HyMotion** (2000)

- C'est autour de l'année 2000 que des travaux de R&D ont débuté avec le PSI (*Paul Scherrer Institut*) sur des piles à combustible à membranes protoniques d'un nouveau type. En novembre 2001 cette collaboration a conduit à la présentation, à Berlin, du prototype **Bora HyPower** (Fig. 3). Il était équipé d'une pile de 40 kW hybridée avec deux modules de super-capacités capables de délivrer 60 kW. L'hydrogène gazeux était stocké à 320 bars.



Figure 3 - La **Bora HyPower** (2001)

- En septembre 2004, VW présente la **Touran HyMotion** (Fig. 4) équipée d'une pile Ballard de type Mark 902 de 66 kW hybridée avec une batterie de type NiMH. L'hydrogène (1,9 kg) était stocké à bord à 350 bars.
- En 2006, la presse se fait l'écho du développement, chez VW, d'une pile de type PAFC – à acide phosphorique - qui fonctionnait à 120°C, néanmoins le problème de la dissolution de l'eau produite dans l'acide semblait alors incomplètement résolu.
- En septembre 2007, VW présente au Salon de Francfort, un véhicule baptisé **Space Up Blue** (Fig. 5), qui fonctionnait avec un moteur électrique alimenté par une batterie Li-ion de 12 kWh pour une autonomie de 100 km. De plus, une pile à combustible de type PAFC, branchée en « *prolongateur d'autonomie* » lui permettait de parcourir 250 km supplémentaires. La pile était alimentée en hydrogène (3,3 kg) stocké sous pression. Le moteur électrique avait une puissance de 45 kW.



Figure 4 – Le prototype **Touran HyMotion** (2004)



Figure 5 – Le concept-car **Space Up Blue** (2007)

- Toujours en 2007 est présentée, à l'occasion du Challenge Bibendum, la **Tiguan HyMotion** (Fig. 6) équipée d'une pile à combustible, de type PEM, de 80 kW hybridée avec une batterie Li-ion de 6,8 Ah (puissance 22 kW). L'hydrogène (3,2 kg) était stocké sous 700 bars.



Figure 6 – Le prototype **Tiguan HyMotion** (2007)

- En 2009, est présentée la version « pile à combustible » du **Caddy Maxi** (Fig. 7) dans laquelle cette même pile de 80 kW était hybridée avec une batterie Li-ion de 22 kW. L'hydrogène était stocké à 700 bars.



Figure 7 – Le prototype **Caddy Maxi** (2009)

- En août 2010, VW a annoncé un test de longue durée, en conditions climatiques montagneuses, d'une nouvelle version de la Bora HY.POWER équipée d'une pile de 75 kW réalisée avec une nouvelle membrane de chez PSI (*Paul Scherrer Institute*) et hybridée avec deux super capacités de 30 kW.
- En mars 2013, malgré une déclaration pessimiste de Martin Winterkorn, le patron de VW concernant l'avenir du véhicule à pile à combustible, publiée dans le numéro de mars de *Auto News*, une collaboration entre *Volkswagen* et le canadien *Ballard Power Systems* a été annoncée. C'est en quelque sorte un « retour aux sources » puisque VW avait réalisé, en 1996, ses premiers prototypes avec une pile Ballard. Cette nouvelle collaboration a pour objet

l'utilisation de la technologie *Ballard* de piles à combustible pour équiper des véhicules de démonstration Volkswagen **HyMotion**. La durée de la collaboration était initialement de 4 ans avec une extension possible de deux années supplémentaires. Le montant mis en jeu dans cet accord se situerait dans la gamme 60-100 millions de dollars canadiens.

*(ndlr : ce choix laisse penser que les résultats obtenus par Volkswagen avec leur technologie basée sur les membranes PSI (voir plus haut) n'ont pas été très satisfaisants).*

- Au *Los Angeles Auto Show* de novembre 2014, a été présenté le véhicule de recherche **Golf SportWagen HyMotion** (cf. Fig. 8) équipé d'une pile Ballard de 100 kW dite de 4<sup>ème</sup> génération, hybridée avec une batterie Li-ion, et de 4 réservoirs de stockage d'hydrogène sous pression pour une autonomie de 500 km.



Figure 8 - **Golf SportWagen HyMotion** (2014)

- En février 2015, Ballard a précisé qu'il avait conclu une transaction technologique avec VW incluant un transfert de propriété industrielle relative à la pile à combustible pour un montant de l'ordre de 80 millions de \$ US et dont une partie provenait des acquisitions faites par Ballard auprès de *United Technologies Corp.*
- En septembre 2018, Volkswagen présente le prototype **Crafter Hymotion Concept Van** d'un poids de 3,5 t (Fig. 9). Il contient un réservoir de 4,2 kg d'hydrogène pour une autonomie de 350 km.



Figure 9 – Le prototype **Crafter Hymotion Concept Van** (2018)

## 1.2 – Collaboration avec la Chine

VW avait engagé, en 1978, une collaboration avec le constructeur chinois SAIC (*Shanghai Automotive Industry Corp.*) qui s'intitulait : la *Shanghai Volkswagen Automotive* et qui a permis à la Chine, dès 1983, de montrer un prototype baptisé *Santana* dérivé de la *Passat*.

Puis la Chine a démarré le développement de la pile PEM au début des années 90 ; il a été amplifié en 2001 dans le cadre du programme quinquennal 863. La VW Santana a servi de base pour la série des deux prototypes à pile à combustible **Start1** (2003), **Start2** (2004) (Fig. 10 et 11). Bien qu'à cette époque, VW développât déjà sa technologie de pile PEM, ces prototypes -de type hybride à batterie Li-ion- ont été équipés de piles chinoises, de respectivement 30 et 35 kW, développées par l'*Université de Tongji* et *Shanghai ShenLi High Tech Co.*



Figure 10 – Le prototype **Start1** (2003)



Figure 11 – Deux exemplaires de la **Start2** (2004)

A partir de la fin 2006, le modèle *Passat* de VW a servi de plateforme aux prototypes FCV chinois. Il embarquait 3,4 kg d'hydrogène sous pression de 350 bars et était équipé d'une pile chinoise dite de 4<sup>ème</sup> génération.

Une flotte de 22 exemplaires -baptisés **Passat Lingyu FCV**- a été mise en service pour les VIP aux Jeux de Pékin en 2008 (Fig. 12).

A partir de février 2009, 16 exemplaires ont circulé aux USA dans le cadre du *California Fuel Cell Partnership* et ont été présentés à diverses manifestations. Plusieurs exemplaires ont également circulé dans le cadre de l'Expo Shanghai 2010. En août 2015, VW a annoncé que son partenariat serait poursuivi via la SAIC (*Shanghai Automotive Industry Corporation of China*).

Nota : La Volkswagen Passat n'est que l'une des 3 plateformes -avec Roewe et Eastar Chery- qui ont été utilisées par les chinois pour développer leur technologie de véhicules à piles à combustible.



Figure 12 – La flotte des **Passat Lingyu FCV** à Shanghai (2008)

## **2. Audi**

Dès 2014, Audi est apparu dans le paysage des véhicules à pile à combustible avec la présentation, en novembre de cette même année, du prototype baptisé *A7 Sportback h-tron quattro* avec le "h" pour hydrogène (Fig. 13). Ce démonstrateur hybride disposait d'une puissance de 170 kW<sub>e</sub> (batterie de 98,8 kWh + pile) alimentant les 4 roues motrices et avait une autonomie de 500 km. Son autonomie avec sa pile à combustible n'était que de 100 km. Cette pile à combustible Ballard était constituée de 300 cellules fonctionnant jusqu'à -28°C.



Figure 13 – Le démonstrateur **Sportback h-tron quattro** (2014)

- En janvier 2016, Audi présente au *Detroit Auto Show*, une évolution de son prototype baptisé **Audi h-tron quattro concept** (Fig. 14 et 15). Il dispose d'une pile à combustible de 110 kW et d'une batterie capable de fournir 100 kW. Deux moteurs électriques alimentent les roues avant (90 kW) et arrière (140 kW). L'autonomie annoncée est de 600 km (6 kg d'hydrogène embarqué).

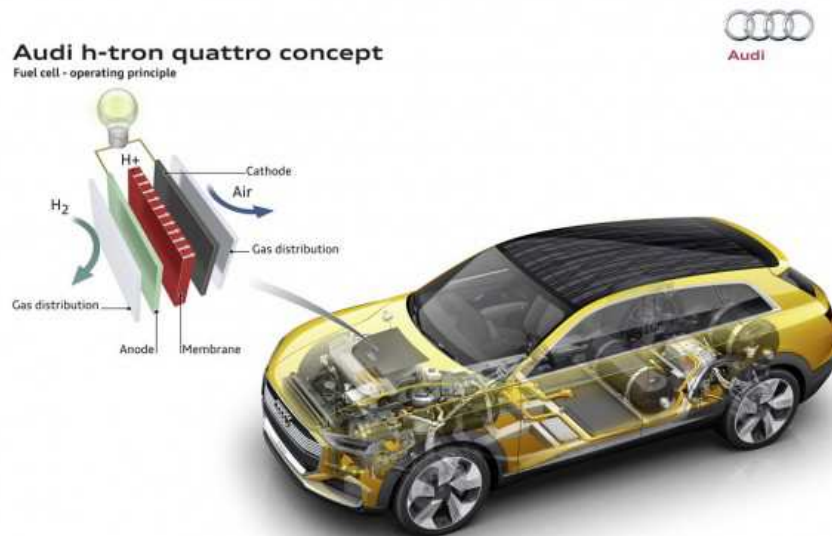


Figure 14 – Le prototype **Audi h-tron quattro concept** (2016)





Figure 15 - Le prototype **Audi h-tron quattro concept** (2016)

Il se confirme alors qu'Audi va prendre dorénavant le contrôle du développement des futurs véhicules à pile à combustible dans le groupe VW.

- En mars 2018, le constructeur allemand annonce qu'il va fabriquer une petite série de véhicules en 2020 et confirme son projet de commercialisation à partir de 2021.
- En mars 2019, AUDI annonce un accord de coopération avec Hyundai Motor dans le domaine de la pile à combustible et une production en volume de véhicules à l'horizon 2025
- En octobre 2020 Ballard et Audi AG signent un accord définitif qui complète un accord existant. Il permet à AUDI d'utiliser la pile haute performance FCgen®-HPS. Elle a une puissance max. de 140 kW et une puissance volumique de 4,3 kW/l.