



FORD MOTOR COMPANY

Sommaire:

1. Généralités
2. Les véhicules à pile à combustible
3. Les véhicules à moteur thermique à hydrogène
4. Conclusions

1. Généralités

Les activités de Ford dans le domaine de la pile à combustible ont débuté par une participation au programme « Super-Car » piloté et financé par le Département de l'Energie (US DoE/Office of Conservation and Renewable Energy). Devenu plus tard *Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV)* ce programme a regroupé les trois grands constructeurs américains : General Motors, Ford et Chrysler.

Contrairement à General Motors qui avait fait le choix initial de s'appuyer sur le constructeur canadien Ballard (le plus avancé à l'époque), la stratégie initiale de Ford a été de motiver les constructeurs de piles à combustible américains (qui avaient pris du retard sur les canadiens), excluant Ballard, probablement à la demande du DoE qui, par ailleurs, souhaitait se faire son opinion via General Motors. Finalement, Ford est revenu assez vite vers Ballard dont il est devenu –et resté– l'un des plus fidèles alliés !

2. Les véhicules à pile à combustible

Le programme de développement s'est déroulé en plusieurs phases depuis 1994 :

La phase I (1994 – 1996) semble dater de 1994 lorsque Ford choisit cinq industriels pour fournir un prototype de pile à combustible de type PEM d'une puissance de 12 kWe : *International Fuel Cells (IFC)*¹, *Mechanical Tech Inc.*, *Energy Partners*, *Hpower* et *Tecogen*. A l'issue de cette phase, en 1996, deux compagnies furent retenues : MTI/Plug Power et IFC.

La phase II (1997 – 1999) a fait l'objet d'un contrat de \$13,8 millions du DoE sur 30 mois et devait aboutir à la construction d'un prototype de véhicule. En octobre 1997, un générateur à pile à combustible de 50 kWe a été fourni par IFC; il était équipé d'un réservoir d'hydrogène sous pression étudié par le laboratoire *EDO* de *Lawrence Livermore National Lab*. A la même période, vers la mi-97, Ballard reçoit commande, via *DBB Fuel Cell Engines*, d'un ensemble complet ; on peut alors penser que Ballard a été retenu pour cette deuxième phase au détriment de IFC et MTI. Cette information est effectivement confirmée le 15 décembre 1997 par l'annonce d'une alliance (*Fuel Cell Alliance*) entre *Ballard Power Systems*, *Daimler-Benz* et *Ford Motor Co*.

Le 6 janvier 1999, Ford a présenté son premier prototype au *Detroit Auto Show*. Baptisé **P2000 HFC**, il utilisait une base de véhicule *Taurus-Mondeo* (Figure 1). Il était équipé de deux réservoirs d'hydrogène sous pression, de technologie composite, fournis par le canadien *Dynetek* et contenant

¹ devenu ensuite UTC FuelCells

au total 1,4 kg de gaz, ainsi que d'une pile Ballard constituée de 3 modules de 25 kWe, de type Mark 700, délivrant une puissance nominale de 60 kWe à un moteur triphasé.



Figure 1 – Le premier prototype Ford P 2000HFC, à pile à combustible (1999)

La phase III (2000 –)

- Au début 2000, Ford a réuni les activités véhicules électriques et véhicules à pile à combustible au sein d'une même structure appelée **THINK**.

Au *Detroit Auto Show* de janvier 2000, Ford a présenté son prototype baptisé **THINK FCV** (Figure 2), équipé de modules Mark 900 de Ballard d'une puissance totale de 75 kWe. Cette pile était alimentée en hydrogène à partir d'un réservoir, logé dans le coffre, qui contenait 2 kg d'hydrogène comprimé à 350 bars.

La même année, Ford a présenté son prototype **THINK FC5** (Figure 3), équipé d'une pile Ballard Mark 901 qui avait la particularité d'être alimentée à partir d'un reformeur à méthanol.

- Les 7 et 8 octobre 2001, Ford a effectué un test d'endurance sur circuit avec la **P 2000 HFC** sur 24 heures, parcourant 2237 km à 93 km/h de moyenne, record à l'époque.

- Le 19 septembre 2002, Ford a franchi une nouvelle étape en présentant, à l'occasion du *Challenge Bibendum*, la **Ford Focus FCV Hybrid** ou **C 264** (Figures 4 et 5), premier véhicule hybride² de la marque et dont les caractéristiques principales étaient les suivantes :

- o pile Ballard Mark 902, puissance nominale 68 kWe (92 CV),
- o système de contrôle évitant la suralimentation en hydrogène pendant les accélérations,
- o hybridation avec une batterie 216 volts, type NiMH de 1,14 kWh (récupération sur freinage), capable d'ajouter 18 kWe (25 CV) de puissance au moteur électrique.
- o moteur électrique triphasé Ecostar (rendement de 91%, 16 kg, couple de 230 Nm, vitesse 12 500 t/mn max),
- o vitesse max : 128 km/h (volontairement limitée), atteinte en 25 secondes,
- o consommation en cycle combiné ville-route : 4,58 l/100km (équivalent essence),
- o hydrogène (4 kg) stocké à 350 bars dans un réservoir *Dynetek* de 178 litres, pour une autonomie de 320 km.
- o Poids du véhicule : 1 600 kg.

² A noter que la terminologie « hybride » est utilisée aussi bien pour l'hybride thermique – batterie (type Prius, par exemple) que pour l'hybride pile à combustible – batterie (dans le cas présent).



Figure 2 – Le prototype THINK Focus FCV (2000), ici au WHEC 2002.



Figure 3 – Le prototype THINK FC5 à méthanol (2001)



Figure 4 – La Focus FCV Hybrid, au Challenge Bibendum (septembre 2002)

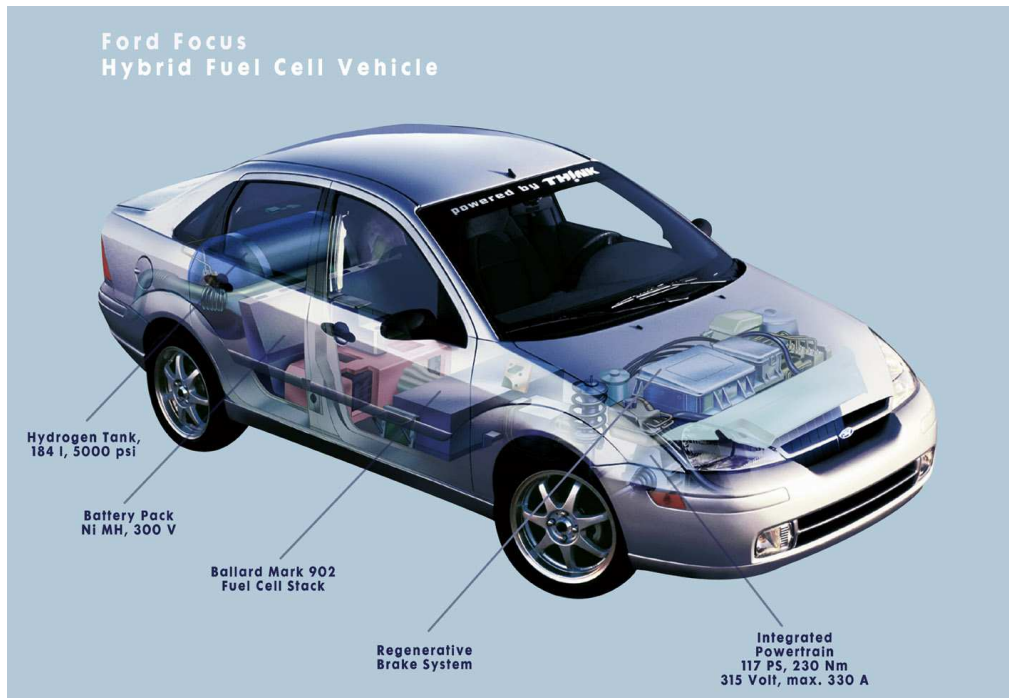


Figure 5 – La Focus FCV Hybrid (vue éclatée)

- En juillet 2004, après avoir réalisé une série de 12 exemplaires en 2002, Ford a annoncé la fabrication d'une nouvelle série de 30 Focus FCV Hybrid dont la première est sortie en fin 2004. Elles ont été mises en service aux USA, en Allemagne et au Canada.



Figure 6 – Sous le capot de la Focus FCV (2004)

- En novembre 2006, à l'occasion du *Los Angeles Auto Show* et dans le cadre du programme du DOE *Technology Demonstration Vehicle*, Ford présente son prototype « Explorer » (voir figure 7), doté d'une autonomie de 560 km, un record à l'époque. Dans sa phase initiale de tests, le véhicule avait parcouru 27 000 km.



Figure 7 – Le prototype « Explorer » (2006)

Les caractéristiques d'Explorer étaient les suivantes:

- | | |
|------------------------|-------------------|
| ▪ Poids | 2 560 kg |
| ▪ Capacité | 6 passagers |
| ▪ Hydrogène | 10 kg à 700 bars |
| ▪ Autonomie | 560 km |
| ▪ Puissance de la pile | 60 kWe |
| ▪ Moteur électrique | 130 kW (2x 65 kW) |
| ▪ Batteries | 50 kWe |

- En janvier 2007, au *Detroit Auto Show*, c'est le nouveau prototype hybride baptisé "Ford Airstream Concept" qui fait son apparition. Il s'agissait en fait d'un véhicule électrique (batterie Li-

ion) équipé d'une pile Ballard 35 kWe (*HySeries*) fonctionnant en "*Range Extender*" (dispositif qui recharge la batterie), encore appelé hybride série. La pile était alimentée à partir d'un réservoir de 4,5 kg d'hydrogène stocké sous 350 bars, pour une autonomie totale de 360 km (40 km en batterie seule + 320 km avec la recharge par la pile à combustible). Ford assurait que ce principe faisait gagner 50% de place.

- En février 2007, est présenté un autre prototype utilisant la même technologie, la Ford **Edge** (voir figure 8).



Figure 8 – Le prototype **Edge** hybride série (2007)

- En juin 2009, Ford paraît s'éloigner de Ballard (vente de ses parts à Daimler dans la société commune) en déclarant que les développements se poursuivront en interne. Toutefois, le constructeur garde ses parts dans l'autre structure, *Automotive Fuel Cell*, dont Daimler possède la majorité, Ballard 19,9% et lui-même 30%.
- En fin 2009, Ford informe que sa flotte de 30 véhicules Focus FCV (équipés d'une pile Ballard type 902) a accumulé plus de 1,5 millions de km.
- En décembre 2009, dans le cadre d'une extension de son programme "*Icelandic Hydrogen*" l'Islande reçoit 10 exemplaires de la Focus FCV qui sont mis en service à Reykjavik.
- En février 2010 : quelques exemplaires de la Focus FCV participent aux Jeux Olympiques d'hiver de Vancouver (Canada).
- Le 28 janvier 2013, il est annoncé que *Daimler AG*, *Ford Motor Company* et *Nissan Motor Co.* se sont entendus pour une action commune de commercialisation de la technologie pile à combustible. Ces partenaires avancent la date de 2017 pour une production concertée d'un nombre de véhicules à 6 chiffres (*production rates with six digits*). Ballard s'est associé à cet accord.

3. Les véhicules à moteur thermique à hydrogène

Parallèlement au développement des véhicules à pile à combustible, Ford a longtemps gardé un œil sur le moteur thermique à hydrogène.

- En août 2001, il a présenté la **P2000**, sur une plateforme *Focus*, qui est devenue ensuite la **H2ICE Focus**, en octobre 2002.

- Le 13 juillet 2004, Ford a présenté, à Stuttgart, son prototype **Focus C-MAX H2 ICE** équipé d'un moteur thermique 2,3 litres – 110 CV. Une quantité de 2,8 kg d'hydrogène est stockée à bord à 350 bars (pour 200 km d'autonomie) et distribué à 5,5 bars dans le collecteur d'admission. Le concept de ce prototype était hybride (thermique à hydrogène + batterie).

- En octobre 2004, Ford présente la **H²RV**, sur la base d'une *Focus Wagon*, hybridée avec une batterie Li-ion.

- En février 2005, Ford présente son minibus **E-450** (12 places) équipé d'un moteur thermique de 6,8 litres/V-10. Huit exemplaires ont été achetés par le gouvernement de la Floride et ont été mis en service en 2006. Quatre sont utilisés à Orlando et les autres en Floride. Cinq autres ont été achetés par le Canada. Au total, Ford aura livré, fin 2007, 30 véhicules de ce type sur le continent nord-américain.

- En avril 2009, deux nouveaux exemplaires ont été mis en service à l'aéroport de Detroit (voir figure 9), et utilisés comme navette entre les terminaux, dans le cadre d'un programme cofinancé par le DOE.



Figure 9 – Le minibus **E-450** à l'aéroport de Detroit (2009)

- En avril 2014, la ville d'Orlando (Floride) a annoncé la mise en place d'une flotte de 8 exemplaires de ce bus, en ajoutant que Ford en avait déjà construit 30.

4. Conclusions

Du fait de l'allongement imprévu de la période de développement des technologies « hydrogène » un peu partout dans le monde, Ford a revu, fin 2009, sa stratégie politique :

- poursuite de l'activité sur la filière du moteur thermique à hydrogène, tout en notant que Ford est le dernier industriel toujours sur ce créneau, tous les autres (BMW, MAN et Mazda en particulier) l'ayant abandonné,
- poursuite de son intérêt pour le véhicule à pile à combustible, mais non plus en développement solitaire, du fait du coût du développement et des composants, mais en collaboration avec d'autres industriels, en l'occurrence, *Daimler, Nissan et Ballard*.