LES APPLICATIONS AUX CYCLES

Sommaire

1. ***Vélomoteurs***
2. ***Scooters et motos***
3. ***Tricycles***
4. ***Conclusions***

1. Vélomoteurs

Le vélo à assistance électrique (VAE), souvent appelé vélo électrique, a débuté sa vie dans les années 1890 mais il connait un regain d'intérêt depuis le début des années 2000. C'est la version alimentée par une batterie qui l'a fait connaitre et la voit fleurir un peu partout dans le monde, mais la disponibilité de la technologie de la pile à combustible à hydrogène a donné l'idée à quelques industriels d'en développer une version concurrente.

1.1 – Programme Aprilia

Cette société italienne, a présenté le premier prototype de vélomoteur à pile à combustible, baptisé ENJOY (cf. Fig. 1) en décembre 2000, au *Bologna Motor Show*. L'innovation fut saluée par le *Time Magazine* qui l'avait élue « Invention de l'année 2001 ». Ce prototype était équipé d'une pile PEM de 600W de *Manhattan Scientifics Inc*. fournie par *NovArs GmbH.*

Quelques caractéristiques :

- hydrogène stocké dans une bouteille en composite sous 300 bars
- poids de la pile : 780 g
- poids total : 24 kg
- vitesse max. : 25 km/h
- autonomie : 75 km (sur terrain plat)

Remarque : A noter que la société *WL Gore & Associates Inc*. (USA) avait utilisé le même cadre Aprilia pour présenter sa technologie de pile PEM appliquée sur un vélomoteur, à *l'International Fuel Cell Expo*, à Tokyo, en janvier 2005 (cf. Fig. 2).

Depuis 2005, Aprilia n'a plus communiqué sur ce thème, ce qui laisse penser qu'il l'a abandonné. Néanmoins, en 2012, le styliste Johan Persson a montré un concept de vélo à pile à combustible, affiché comme étant dessiné pour le compte d'Aprilia (cf. Fig. 3).

Figure 1 - *Aprilia Enjoy Fuel Cell* bike (2000)

Figure 2 - Le vélo *WL Gore & Associates Inc.* sur cadre Aprilia (2005)

Figure 3 - Concept de Johan Persson pour Aprilia (2012)

1.2 – Programme Masterflex AG

Cette compagnie allemande, créée en 2001, a collaboré avec *Veloform GmbH* pour présenter son premier prototype de vélo à pile à combustible en mai 2004 à l'occasion de la Foire de Hanovre (cf. Fig. 4).

Quelques caractéristiques :

- pile de type PEM de 250 W
- hydrogène (45g) stocké sur hydrure métallique
- autonomie de 120 km

Ce prototype n'a pas connu de suite et en avril 2011 *Masterflex* a annoncé qu'il s'était dessaisi de son activité « cycles ».

Figure 4 - *Masterflex AG Bike* (2004)

1.3 – Programme Palcan Fuel Cells Ltd.[1]

Cette société canadienne (Vancouver), fondée en 1998, avait présenté son premier prototype en mai 2002 au *Taiwan Cycle Show* (cf. Fig. 5). Elle visait le marché chinois et avait conclu divers accords dans ce sens (*Taiwan Bicycle Industry Research and Development Center* et *Suzhou Small Entelope Electric Bicycle Co. Ltd.*).

En mars 2003, *Palcan* a signé des accords avec 4 entreprises chinoises : "*Shanghai 711 CSIC Institute*", la "*Shanghai Ow Bowl Company*" (division du "*Red Bean Group*"), le "*Shanghai Giant Limited*", et le "*Shanghai Shin-Fu Wheelchair Company*".

En novembre 2004, *Palcan* avait inauguré sa première chaîne de montage au *Shanghai Tongji Nanhui Science and Technology Industrial Park* et s'est associé à *Nanjing Fuel Cell Company Ltd. (NFCC)*

Quelques caractéristiques *:*

- module PEM PalPac™ de 300W
- stockage hydrogène sur hydrure à 6-8 bars

Figure 5 - *Palcan Electric Bike* (2002)

Aujourd'hui, la société *Palcan* a abandonné ce secteur et concentre désormais son activité « piles à combustible » dans les domaines du portable et du stationnaire. Néanmoins on peut noter que *Palcan* a fourni, en 2009, une pile de 300W à la société chinoise *Shanghai Giant & Phoenix Bicycle* pour alimenter un scooter.

1.4 – Programme Valeswood

En novembre 2007, la société britannique *Valeswood Fuel Cells* présentait un vélo à pile à combustible (*Pearl Fuel Cell* délivrant sa puissance sous 24V) doté d'une autonomie de 100 km (cf. Fig. 6).

[1] www.**palcan**.com/

Figure 6 - Le prototype *Valeswood* (2007)

Depuis 2010, la société Valeswood ne semble plus en activité.

1.5 – Programme Acta Energy

La compagnie italienne *Acta SpA* avait présenté son premier prototype en septembre 2009 au *EICMA Motor Show* (cf. Fig. 7). Sa pile était alimentée à partir d'un stockage sur hydrures de 600 normolitres, soit environ 50g, d'hydrogène. Son autonomie était de 100 km et sa vitesse max. était de 25 km/h.
Mais depuis cette date, il semble que la société *Acta* ait abandonné cette application pour se concentrer sur le développement d'électrolyseurs de type PEM.

Figure 7 - Le prototype *Acta SpA* (2009)

1.6 – Le programme Pragma Industries

La société française *Pragma Industries*[2] (fondée en 2004) avait présenté en mai 2013 son prototype hybride baptisé *Alter Bike* (cf. Fig. 8). Il avait été développé en collaboration avec les sociétés *Gitane* (Groupe Cycleurope) et *Ventec*. Il fonctionnait avec une batterie Li-ion couplée à une pile à combustible à hydrogène. L'hydrogène était stocké dans des capsules chimiques interchangeables et recyclables.

- Deux années plus tard (mai 2015), 12 exemplaires sont mis en test par La Poste.
- En octobre 2015, *Pragma* dévoile un nouveau modèle, baptisé "**Alpha**" incluant un nouveau système de stockage d'hydrogène, sous pression cette fois, qui offre une énergie stockée de 500 Wh. Il se charge en 5 minutes (sur des bornes étudiées par Atawey) et assure une autonomie de 100 km. Le prix unitaire avancé à cette époque était voisin de 7 500 euros.

[2] https://www.pragma-industries.com/

Figure 8 - *Alter Bike* de Gitane (2013)

- En février 2016 est dévoilé le projet **BHYKE** résultant de l'appel à projet TITEC 2015 soutenu par l'Ademe. Il rassemble les sociétés *Atawey*, *Pragma Industries*, *Easybike*, *Cycloreca* et *Manche Tourisme*. Il était prévu pour 3 ans, de 2016 à 2018. et concernait le déploiement de 20 vélos électriques à pile à combustible dans la Manche (10 à Saint-Lô et 10 à Cherbourg) ainsi que l'infrastructure de recharge en hydrogène.

- En octobre 2016, la ville de Bordeaux décide d'en acheter 10 exemplaires.

- En novembre 2016, dans le cadre de l'appel à projets du Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer « Territoires à hydrogène » lancé en mai 2016, a été retenu pour la région Centre Val de Loire le projet **VELHyRE**. Il s'agit de développer une flotte expérimentale de vélos *Pragma* sur le parcours cyclable existant « La Loire à vélo », circuit touristique aux nombreux attraits. L'acquisition de dix vélos à hydrogène par la CCTVI, que Loire Vélo Nature mettra prochainement à la location, est annoncée en mars 2019.

- En mars 2017, *Pragma* fait savoir, qu'elle envisage d'en fabriquer une centaine en 2017, pour un prix unitaire qui pourrait s'abaisser, à terme, à 2 300 euros. (cf. Fig. 9)

- L'autonomie affichée en 2019 est de 100-150 km, soit 2 à 3 fois plus qu'un vélo à batterie. Le temps de recharge est de 2 mn. Le réservoir d'hydrogène a un volume de 2 litres.

- En janvier 2019, *Pragma Industries* a été nominé aux *CES Innovation Awards*.

Figure 9 – Le vélo Pragma (2019)

1.7 – Le programme Electrolyte

Le fabricant allemand *Electrolyte* a présenté, en août 2014, **Vorradler S3 FC** (cf. Fig. 10), un prototype dont l'autonomie, d'après son constructeur, était voisine de 500 km, mais aucune autre information n'a été fournie depuis avril 2015.

Figure 10 - *Vorradler S3 FC* (2014)

1.8 – Le programme Linde AG

En octobre 2015, *Linde* a présenté un prototype de vélo à pile à combustible, baptisé "*pedelec*" (cf. Fig. 11). L'autonomie est de 100 km grâce à un réservoir d'hydrogène sous pression (34 g) qui se charge en 6 minutes. Depuis cette date, aucune autre information n'a été fournie par *Linde*.

Figure 11 - Le prototype Linde "*pedelec*" (2015)

1.9 – Le programme *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE*

En avril 2019, le *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE* a présenté à la Foire de Hanovre son prototype *LiteFCBike* (cf. Fig. 12). La puissance de la pile PEM est de 70W et charge une batterie qui peut fournir jusqu'à 250W. Le stockage d'hydrogène est réalisé avec un hydrure qui peut stocker 270 Wh.

Figure 12 – Le *LiteFCBike* (2019)

2. Scooters et motos

2.1 – Programme Aprilia

Le premier prototype, baptisé MOJITO, fut présenté en 2002 (cf. Fig. 13). Il était équipé d'une pile PEM de 3 kW fournie par le fabricant allemand *NovArs GmbH* ; la 2ième génération (baptisée *Atlantic Zero Emission* et présentée à Hanovre en 2004) était équipée d'une pile de 6 kW (2 modules de 3 kW) fournie par le fabricant suisse *Mes-Dea*.

Quelques caractéristiques pour la 2ième génération :

- fonctionnement à pression ambiante
- refroidissement à air
- vitesse max. : 85 km/h
- hydrogène stocké sous 300 bars – Autonomie 140 km

La société *Aprilia* a abandonné ce type d'activité en 2005.

Figure 13 - Aprilia *Mojito FC* (2002)

2.2 – Programme Honda

En mars 2005, la compagnie *Honda-Vietnam* avait mis en test, à Hanoi, puis à Ho Chi Minh Ville, un scooter (Cf. Fig. 14) équipé d'une pile à combustible de type HONDA-FC-Stack. Il avait les caractéristiques d'un scooter 125 cc.

Depuis cette information, on ne trouve plus aucune nouvelle de ce programme qui semblait avoir été abandonné.

Figure 14 - Honda fuel cell scooter (2004)

Mais en juin 2017 *Honda* annonce qu'il souhaite promouvoir la mobilité électrique**,** hybride et à pile à combustible pour ses automobiles et ses deux-roues. Le constructeur avait déjà annoncé fin 2016 la production en série d'un modèle électrique qui pourrait servir de base pour une version à pile à combustible.

Pour rappel, Honda travaille en partenariat avec l'américain *General Motors.*

2.3 - Programme *Intelligent Energy*[3] (Grande Bretagne)

La compagnie britannique *Intelligent Energy* avait dévoilé, le 15 mars 2005, un prototype de motocyclette à pile à combustible de type PEM baptisé *ENV Bike* (Emissions Neutral Vehicle), équipée de la pile maison « CORE », hybridée avec une batterie au plomb (cf. Fig. 15).

Quelques caractéristiques :

- pile CORE de 1 kW en nominal (2kW max.) refroidie par air
- moteur électrique de 6 kW
- hydrogène stocké sous pression dans un réservoir composite
- vitesse max. 80 km/h - autonomie : 160 km - poids total : 80 kg

Figure 15 - Intelligent Energy *ENV Bike* (2005

[3] https://www.intelligent-energy.com/

En novembre 2010, *Intelligent Energy* a présenté un prototype de scooter réalisé en collaboration avec Suzuki (cf. §2.6 ci-après). Il était équipé d'une pile à combustible hybridée avec une batterie Li. Son autonomie était de 350 km (cf. Fig. 16).

Figure 16 - Scooter *Burgman* Intelligent Energy-Suzuki (2010)

En mars 2011, ce scooter fut homologué au niveau Européen par le **EC WVTA** (*European Commission Whole Vehicle Type-Approval*).

En février 2012, *Intelligent Energy* signait un accord de Joint Venture avec *Suzuki* (baptisé *Smile FC*). Une commercialisation était envisagée en 2013 mais plus aucune information n'a été diffusée depuis cette date.

En février 2017, Intelligent Energy fait de nouveau parler de lui avec la présentation d'un modèle très similaire (cf. Fig. 17), équipé d'une pile à combustible de 4 kW et destiné à la police de Londres.

En septembre 2017, sept unités sont mises en test dans la police londonienne sur une période de 18 mois.

Figure 17 - Le scooter *Burgman* testé par la police londonienne (2017)

2.4- Programme *Vectrix Corp* (USA)

Cette compagnie américaine avait présenté, en août 2004, un prototype hybride équipé d'une pile à combustible à méthanol (type DMFC) fabriquée par *Parker Hannifin Corp* (cf. Fig. 18)..

Figure 18 - Vectrix hybrid scooter

Principales caractéristiques :

- pile Protonex NGen™ de 500W
- batterie : NiMH de 2,5 kWh
- moteur électrique 20 kW max., à courant continu sans balais
- vitesse max. : 100 km/h
- autonomie : 250 km
- performances équivalentes à celles d'une moto 400 cc
- poids total : 198 kg

Depuis 2007, plus aucune communication n'apparait sur ce scooter à pile à combustible. La société a été mise en faillite en 2009.

2.5 – Programme Yamaha Motor Co.

La compagnie japonaise avait présenté un prototype de scooter à pile à combustible en novembre 2003 à l'occasion du *Tokyo Motor Show*. Il était équipé d'une pile à combustible à méthanol (DMFC) (cf. Fig. 19).

Quelques caractéristiques :

- pile à combustible DMFC de 500 W
- moteur à courant continu sans balais
- caractéristiques équivalentes à celles d'un scooter de 50 cc

En 2006, est apparu un nouveau prototype, baptisé FC ME, puis un autre baptisé FC AQ EL.
En décembre 2008 ce fut le prototype **FC-Dii** (cf. Fig. 20).
Depuis septembre 2012, aucune autre communication n'a été faite, ce qui laisse penser que ce secteur a été abandonné par *Yamaha*.

Figure 19 - Yamaha FC06 (2004)

Figure 20 - Yamaha FC Dii (2008)

2.6 – Programme Suzuki

Comme il est précisé plus haut (§2.3), *Suzuki* utilisait la technologie *Intelligent Energy* dans son modèle **Burgman.**. L'autonomie était de 350 km. La pile était hybridée avec une batterie Li-ion. L'hydrogène était stocké sous 700 bars.

En novembre 2014, Suzuki Burgman présentait son dernier prototype au congrès EICMA 2014 (cf. Fig. 21). Aucun projet de commercialisation n'a été annoncé.

En décembre 2015, *Suzuki* a présenté un nouveau prototype (cf. Fig. 22)

En mars 2017, Suzuki révèle qu'il est entrain de tester, sur route pour la première fois, le modèle présenté en 2014 (cf. Fig. 21) en vue d'une commercialisation prochaine.

Figure 21 - Le prototype Suzuki *Burgman* (2014)

Figure 22 - Prototype Suzuki (2015)

2.7 – Le programme APFCT

La société taïwanaise APFCT (*Asia Pacific Fuel Cell Technologies*, Ltd - Taiwan)[4], fondée en 2000, a développé son activité avec la technologie PEM. Elle a travaillé sur la pile et ses applications. Son dernier prototype de scooter, sorti en 2012, était le modèle ZES 4.6 (cf. Fig. 23) d'un coût de 3 500$. La pile (1,3 kW nominal) était alimentée en hydrogène stocké sur hydrures (cartouches interchangeables de 45 g d'hydrogène chacune) et l'autonomie était de 50 km avec 2 cartouches; la recharge en hydrogène coûtait moins d'un euro (30 NT$). Sa vitesse max. était de 70 km/h. La recharge d'hydrogène (2 cartouches) La société taiwanaise *APFCT* avait fourni 80 exemplaires dans le cadre d'un test piloté par le ministère *Economic Affairs Bureau of Energy*. Ils ont circulé avec succès et gratuitement pendant 6 mois, depuis novembre 2012, pour le compte de touristes. Ils ont parcouru 245 000 km sans problème. Sept stations permettaient de s'approvisionner en cartouches d'hydrogène.

[4] http://www.apfct.com/

Une production de masse avait été annoncée pour 2013. Seules quelques autres images sont apparues en 2015 : programme abandonné? La compagnie existe toujours et poursuit apparemment cette activité à en juger par son site Web.

Figure 23 - Le scooter APFCT ZES 4.6 (2012)

2.8 – Autres programmes

- *Bombardier* (Canada) avait développé, en 2006, un curieux prototype à pile à combustible mono-roue baptisé EMBRIO (cf. Fig. 24) stabilisé grâce à un système gyroscopique intégré à la roue principale et à une petite roue à l'avant en dessous de 20 km/h. Ce travail ne semble pas avoir connu de suite.

Figure 24 - Prototype EMBRIO (2006)

- *Segway* : en 2009, *l'US Army/Engineer Research and Development Center* (**ERDC**) avait modifié un bicycle électrique *Segway* (cf. Fig. 25) et l'avait équipé d'une pile à combustible *Manhattan Scientifics* PEM de 700 W. Ce test n'a pas connu de suite malgré l'immense succès commercial actuel du Segway équipé de batteries.

Figure 25 - *Segway* ERDC à pile à combustible (2009)

3. Tricycles

En 2006, *Masterflex AG* avait développé un tricycle à pile à combustible baptisé « CargoBike » (cf. Fig. 26) dans le cadre du programme européen *HyChain*. Une trentaine d'exemplaires avaient été fabriqués et mis en tests (chez *T-Com* et *Deutsche Telekom* en particulier). Suite au désengagement de la société sur ce type d'application (cf. §1.2), ce programme a été abandonné.

Figure 26 - MasterFlex *CargoBike* (2008)

4. Conclusions

Depuis l'année 2000 de très nombreux prototypes ont été présentés et même développés en petite série mais aucun succès commercial n'est encore venu consolider l'optimisme de tous les concepteurs qui ont pu croire à ce marché. Ainsi:

- La quasi totalité des programmes vélomoteurs ont été abandonnés malgré le succès grandissant des vélos à assistance électrique par batteries dont les performances semblent satisfaire la plus grande partie de la demande. Seul le programme "*Pragma Industries*" subsiste, grâce essentiellement à l'avantage d'une autonomie doublée.
- Les tricycles ont également connu une vie brève et ne semblent pas davantage attirer le marché.
- Les programmes scooters ont connu un sort un peu plus favorable malgré de nombreux abandons. Seuls les programmes *Intelligent Energy Burgman* pour la police londonienne et *Suzuki* subsistent. Une situation regrettable au vu de leurs qualités écologiques et sonores, en particulier dans les villes.