

# La pile à combustible, une énergie d'avenir



# Sommaire



PSA PEUGEOT CITROËN et la pile à combustible	
La PAC : une clé à long terme pour l'environnement	1
Fonctionnement de la pile à combustible	2
L'appui des réseaux experts	3
Les démonstrateurs technologiques	3
Taxi PAC	4
H <sub>2</sub> O	6
Quark	8
GENEPAC	10
INTELLIGENT ENERGY	11
Les énergies alternatives	12

# PSA PEUGEOT CITROËN et la pile à combustible

## La PAC : une clé à long terme pour l'environnement

La pile à combustible (PAC) s'inscrit dans la **stratégie environnementale de PSA PEUGEOT CITROËN**. Cette technologie prometteuse est appelée à jouer un rôle important dans l'automobile sur le long terme.

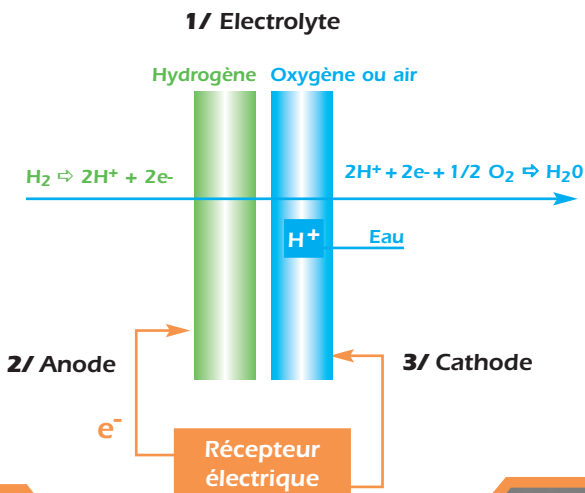
Les avantages de la pile à combustible sont nombreux. Outre la **réduction des émissions de CO<sub>2</sub>**, nécessaire à la **maîtrise de l'effet de serre**, la PAC contribue à l'**amélioration de la qualité de vie en ville**, grâce au silence des véhicules utilisant un moteur électrique et à la **suppression des émissions polluantes locales** (NOx, particules...). Les voitures dotées d'une PAC, alimentées en hydrogène stocké à bord, sont potentiellement les seuls véhicules zéro émission (ZEV).

La pile à combustible contribuera à rompre la suprématie du pétrole comme source d'énergie dans les transports individuels, ce qui, dans le contexte énergétique futur, constitue un avantage majeur. En effet, la **PAC fonctionne avec de l'hydrogène**. Ce gaz peut être fabriqué non seulement à partir d'hydrocarbures tels que le pétrole et le gaz, mais de préférence à partir d'énergies renouvelables (éolienne, solaire, hydraulique, biomasse) ou du nucléaire.

Cette technologie, au fort potentiel d'évolution, doit cependant **relever de nombreux challenges** tant techniques qu'économiques avant d'être commercialisée en grande série. Le coût de la pile elle-même, l'intégration du système PAC dans un véhicule et le stockage d'hydrogène sont autant de points qui restent à surmonter. De plus, la mise en place d'un **nouveau système de distribution** nécessitera des investissements très importants. De ce fait, le Groupe prévoit une introduction progressive de la PAC dans l'automobile avec une possibilité de production en série à l'horizon 2020.

# Fonctionnement de la pile à combustible

- > Le principe de la pile à combustible est généralement décrit comme l'inverse de celui de l'électrolyse de l'eau. Il s'agit d'une **réaction électrochimique contrôlée entre de l'hydrogène et de l'oxygène de l'air avec production simultanée d'électricité, d'eau et de chaleur**. Cette réaction utilisant des catalyseurs s'opère au sein d'une cellule élémentaire composée de deux électrodes (cathode et anode) séparées par un électrolyte.
- > Concrètement, l'hydrogène  $H_2$  est introduit sous forme gazeuse au niveau de l'anode. À son contact, en présence d'un catalyseur, les molécules d'hydrogène libèrent leurs électrons  $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ .
- > Ces électrons  $e^-$  vont rejoindre la cathode à travers le circuit électrique et vont réagir avec l'oxygène grâce à l'action du catalyseur.
- > Les protons  $H^+$  vont quant à eux migrer vers la cathode en traversant la membrane. La réaction d'oxydoréduction qui s'ensuit crée de l'eau ( $2H^+ + 2e^- + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ ).
- > C'est le transfert des électrons qui crée le courant électrique. **L'unique sous-produit de la réaction étant de l'eau, il n'y a pas d'émissions polluantes locales.**



## L'appui des "réseaux experts"

Afin de préparer cette introduction, PSA PEUGEOT CITROËN s'est engagé dans une démarche visant à explorer l'ensemble des technologies envisageables aujourd'hui. Avec une équipe interne de **spécialistes dédiés**, et le support de "réseaux experts" c'est-à-dire de **partenaires ciblés**, le Groupe travaille sur différentes piles et prototypes, permettant de trouver les conditions techniques et économiques acceptables pour un développement de la PAC dans l'automobile.

Dans cet esprit, le Groupe s'appuie notamment sur les **deux accords cadres stratégiques** :

- l'un avec le **CNRS** (Centre National de la Recherche Scientifique) pour intensifier et orienter les travaux fondamentaux vers, par exemple, l'amélioration de l'efficacité des composants tels que les membranes et les catalyseurs ;
- l'autre avec le **CEA** (Commissariat à l'Énergie Atomique) pour constituer un réseau de compétences techniques afin de faire avancer la connaissance sur la pile elle-même et le stockage de l'hydrogène.

Dans le cadre de ce partenariat, une pile de 80 kW, d'architecture modulaire, au meilleur niveau mondial a vu le jour : GENEPAC.

## Les démonstrateurs technologiques

Ces travaux ont amené le Groupe à réaliser **plusieurs démonstrateurs** (le Taxi PAC, H<sub>2</sub>O et le Quark) **utilisant la pile à combustible** pour tester les différentes solutions techniques. Spécificité de ces démonstrateurs : la PAC est utilisée comme Range Extender ou Auxiliary Power Unit (APU). La pile recharge les batteries, qui restituent cette énergie au moteur électrique de traction, en fonction des besoins.

Les véhicules dotés de PAC sont très bien adaptés au milieu urbain.

L'utilisation d'un moteur électrique leur permet d'être **silencieux**, qualité importante pour un véhicule circulant en ville. Leur **autonomie** est parfaitement adaptée pour des déplacements urbains et péri-urbains. Enfin, le moteur ne consomme de l'énergie que lorsque la voiture est en mouvement, et il permet, quand la voiture est en phase de décélération, de **recupérer de l'énergie**.



# Taxi PAC



Le Groupe PSA PEUGEOT CITROËN a réalisé un démonstrateur sur la base d'un Peugeot Partner électrique. Sorte de **"taxi londonien du XXI<sup>e</sup> siècle"**, il conserve son moteur électrique d'origine (d'une puissance nominale de 22 kW) et **reçoit une pile à combustible de petite dimension** (5,5 kW), des batteries Nickel-Métal Hydrure ainsi qu'un "rack" amovible constitué de bouteilles d'hydrogène.

L'hydrogène est donc stocké à bord sous forme de **gaz comprimé à 300 bars**. L'échange d'un rack vide par un rack plein se fait très rapidement. Le remplissage des bouteilles d'hydrogène est donc réalisé hors du véhicule et sans contrainte de temps majeure.



- > L'intérieur de ce Taxi PAC est réaménagé en deux parties séparées par un vitrage : un espace réservé au conducteur et un **génereux habitacle** pourvu d'une large banquette pour trois personnes, implantée au-dessus du rack et du train arrière.
- > À côté du conducteur, un emplacement est réservé au rangement des bagages, qui peut laisser place, grâce à un siège pliant et escamoté sous le plancher, à une assise dos à la route pour un éventuel quatrième passager.

# > H<sub>2</sub>O



Le **démonstrateur H<sub>2</sub>O** est un véhicule électrique à batteries muni d'un générateur électrique constitué d'une pile à combustible (5,5 kW).

Ce véhicule de pompier, rencontre entre un rêve d'enfant et un rêve d'ingénieur, propose une nouvelle utilisation de la pile à combustible.

Dans le cas présent, l'hydrogène est **produit à bord** à partir d'une solution aqueuse de borohydrure de sodium et d'un catalyseur. Ainsi, il n'y a jamais plus de **2,5 g d'hydrogène** à bord, soit l'équivalent énergétique d'un verre d'essence.





- > H<sub>2</sub>O, et c'est **une grande innovation** par rapport aux véhicules classiques, conserve l'ensemble de ses fonctionnalités en milieu anaérobie (sans oxygène), comme par exemple lors d'un incendie dans un tunnel ou un parking souterrain. Dans ce cas, l'oxygène nécessaire au fonctionnement de la PAC est fourni par deux bouteilles implantées dans le véhicule. Les occupants disposent, par ailleurs, de systèmes respiratoires ultra-compacts inclus dans l'habitacle.
- > **Réalisé conjointement avec les pompiers**, ce véhicule comporte une citerne d'eau supportant une échelle télescopique à l'arrière, ainsi que deux plots de branchements, l'un pour une alimentation en eau, l'autre pour la lance à incendie.

# > Quark



Dans la lignée de ses deux prédécesseurs, **le Quark** est un démonstrateur technologique utilisant une pile à combustible comme Range Extender. Ce véhicule à 2 places et 4 roues, totalement propre, est un symbole de liberté et se veut tout à la fois un engin futuriste, ludique mais aussi crédible par son contenu technologique.

Le Quark contient une **pile de puissance 1,5 kW**, qui vient compléter l'énergie électrique fournie par 40 éléments d'une batterie Nickel-Métal Hydrure.

Avec le Quark, PSA PEUGEOT CITROËN propose une nouvelle solution spécifique aux applications "deux roues" avec **une pile refroidie par air**.



- Le Quark bénéficie par ailleurs d'une bouteille d'hydrogène de 9 litres sous **une pression de 700 bars** qui permet, pour le même encombrement qu'une bouteille de 350 bars, d'augmenter la quantité d'hydrogène embarquée, et donc l'autonomie (environ 100 km). Cette bouteille se change aisément grâce au **système Plug & Drive**.
- Dernière innovation du Quark : sa motorisation. À la place d'un moteur unique, le Quark dispose de 4 moteurs électriques situés dans chacune des roues du véhicule.

# > GENEPAC

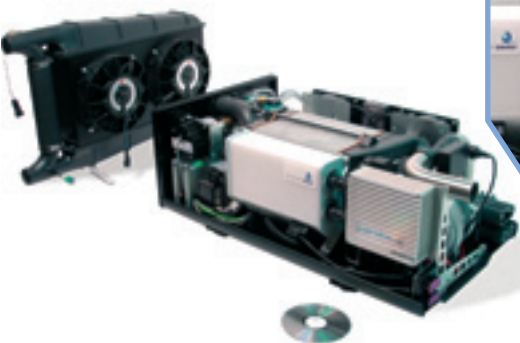


- **Issue d'un partenariat entre PSA PEUGEOT CITROËN et le CEA, GENEPAC est une pile de technologie PEMFC** (pile à combustible à membrane polymère échangeuse de protons) d'une puissance maximale de 80 kW adaptée à l'usage automobile. Ce projet est financé par les pouvoirs publics français (réseau PACO).
- Le principe technique de cette nouvelle pile repose sur **l'utilisation de plaques minces en acier inoxydable embouties**, permettant ainsi de **réduire le coût et le volume de la pile** par rapport aux plaques traditionnelles.
- Plus concrètement, GENEPAC est constituée de 4 modules comprenant chacun un empilement de plaques minces et un assemblage membrane électrode.

Ce concept permet, de façon originale, d'assurer simultanément l'alimentation en gaz (air/H<sub>2</sub>) et en liquide caloporteur. Il permet également de décliner facilement la pile sur des puissances plus petites. **Simplicité et modularité** qualifient cette pile qui offre un rendement, à charge pleine, supérieur à 45 % et à charge partielle supérieur à 50 %.



# INTELLIGENT ENERGY



- En novembre 2005, PSA PEUGEOT CITROËN a signé un **partenariat de recherche avec Intelligent Energy**, entreprise britannique spécialisée dans les technologies de l'énergie propre et en particulier sur la pile à combustible.
- Dans la lignée des recherches du Groupe sur la PAC, ce projet a pour **but d'intégrer une pile de faible puissance dans un véhicule en tant que Range Extender**. Le projet de développement du système pile, subventionné par le ministère anglais du Commerce et de l'Industrie, s'appliquera notamment à assurer le démarrage à froid de la pile.

# Les énergies alternatives



PSA PEUGEOT CITROËN s'engage sur les énergies alternatives. Leur développement constitue un facteur clé pour la **réduction des émissions de CO<sub>2</sub>**, donc de la **lutte contre l'effet de serre**. Les solutions sont multiples, satisfaisant chacune une demande spécifique.

Les grands axes de la politique de PSA PEUGEOT CITROËN en ce domaine sont les suivants :

## > Le Diesel

PSA PEUGEOT CITROËN a développé une **famille de moteurs Diesel HDi**, dont les performances en matières d'émissions sont exceptionnelles, environ **moins 20 % d'émission de CO<sub>2</sub>** par rapport à un moteur Diesel à pré-chambre. En tout, ce sont près de **11,5 millions de moteurs HDi qui ont été commercialisés depuis 1998**.

Associé au HDi, le système de dépollution Filtre à Particules éradique totalement les émissions de particules, en les ramenant au seuil du mesurable. **Depuis 2000, plus de 1,3 million de FAP ont été commercialisés.**

- 
- > Lutte contre l'effet de serre
  - > Gain en consommation

> **La technologie Stop & Start**

Depuis 2004, le système Stop & Start, gestion intelligente des arrêts et redémarrages du moteur, permet un **gain en consommation et donc en émissions de CO<sub>2</sub> de 5 à 8 %** selon les modes d'utilisation, et jusqu'à 16 % en ville. Il contribue également, de manière significative, à la réduction du bruit lié à la circulation en milieu urbain.

> **Les biocarburants**, issus des céréales ou de la betterave pour l'éthanol, des plantes oléagineuses (comme le colza ou le soja) pour le Diester, sont par nature des **énergies renouvelables**. Outre leur bilan exceptionnellement favorable sur le plan de l'effet de serre, ces carburants offrent de réelles **performances environnementales** (réduction de particules).

> **Le gaz naturel véhicule ou GNV** permet une **réduction de 20 % des émissions de CO<sub>2</sub>** par rapport à un moteur essence.

Et bien sûr, la **pile à combustible**...

**PSA PEUGEOT CITROËN** 

**Direction de la Communication**

75, avenue de la Grande-Armée - 75016 Paris

Contact presse : (33) 01 40 66 38 86

[www.psa-peugeot-citroen.com](http://www.psa-peugeot-citroen.com)