

L'utilisation dans les moyens de transport :

Les voitures fonctionnent déjà en partie à l'hydrogène, en effet le pétrole et le gaz sont des hydrocarbures composés d'hydrogène et de carbone, il faut «simplement» utiliser uniquement l'hydrogène et ne plus utiliser le carbone qui pose problème.

L'hydrogène peut être utilisé dans une pile à combustible entraînant un moteur électrique, ou dans un moteur à combustion interne (qui doit être légèrement modifié), de plus ce carburant est non polluant ce qui est un progrès majeur dans les villes (il n'y a pas d'effet de serre non plus).

Pour les transports on utilisera dans un premier temps des moteurs thermiques à hydrogène, car les piles à combustible sont très chères et la technologie n'a pas encore atteint la maturité nécessaire.

Les inconvénients des piles à combustible pour les voitures :

- elles sont chères,
- il faut un réseau de distribution très bien établi, car elles ne fonctionnent qu'avec de l'hydrogène,
- le problème du platine nécessaire pour certains types de piles à combustible, il est très cher et disponible en quantité limitée,
- la durée de vie est encore limitée.

Les avantages des piles à combustible pour les voitures :

- le rendement de conversion très élevé,
- il n'y a aucune pollution de l'air et sonore.

La bicarburation (possibilité d'utiliser de l'essence ou de l'hydrogène) est une excellente solution dans une phase de démarrage de l'économie de l'hydrogène tant que les réseaux de distribution de l'hydrogène ne couvrent pas tout le territoire.

Le véhicule fonctionne avec de l'hydrogène quand il y en a, sinon il fonctionne avec de l'essence quand le réservoir d'hydrogène est vide.

Car on n'aura pas de l'hydrogène disponible partout, alors que les piles à combustible ont besoin d'avoir de l'hydrogène disponible partout.

Les piles à combustible pourront se développer, avec un développement de piles à combustible embarquées pour le transport une fois que le réseau de distribution de l'hydrogène se sera mis en place progressivement grâce aux voitures à moteurs thermiques fonctionnant à l'hydrogène. Par exemple : BMW utilise ce système avec la série 7, et Mazda avec un moteur bicarburant essence ou hydrogène à piston rotatif sur la RX8 RE.

Avec les voitures bicarburant, fonctionner à l'hydrogène n'est pas une obligation, c'est une possibilité, l'utilisateur voit ainsi les avantages de rouler à l'hydrogène : moindre pollution, prix plus bas de l'hydrogène (si on y arrive), psychologiquement c'est très important, il ne faut pas que l'utilisateur se sente obligé, sinon il y aura un blocage, cela doit être perçu comme un supplément offert.

Ce type de véhicule doit être favorisé fiscalement pour que le surcoût de l'hydrogène (réservoir supplémentaire, etc) soit effacé par cette aide fiscale lors de l'achat, et aussi à l'usage par un prix plus bas du carburant, des assurances, etc.

La technologie des moteurs thermiques est très mature (fabrication, entretien, etc) :

- la fabrication est bien connue et optimisée, il n'est pas nécessaire de construire d'autres usines,
- les coûts de fabrication sont bien connus et optimisés,
- la durée de vie des moteurs est bien connue,
- la maintenance est connue,
- toutes les pièces composant les moteurs sont bien connues et optimisées,

- les utilisateurs sont habitués à ce type de moteur, il y a simplement un changement de carburant, donc le changement est plus progressif, sur le plan psychologique c'est important, car l'achat d'une voiture n'est pas quelque chose de totalement rationnel,
- les moteurs thermiques permettent une bicarburant, ce qui est très important tant qu'il n'y a pas un nombre de station service fournissant de l'hydrogène couvrant tout le territoire,
- etc.

Cela fait des dizaines d'années que cette technologie est utilisée à très large échelle et on n'a pas de surprise avec ce convertisseur énergétique.

Avec les piles à combustible, il faut construire les moteurs électriques et tous les sous-systèmes.

L'utilisation d'hydrogène dans des moteurs à combustion interne produit néanmoins du bruit et des oxydes d'azote (NOx), car la combustion se produit en présence d'azote de l'air à pression et température élevées.

Néanmoins l'utilisation de pots catalytiques et de filtres permet d'éliminer en grande partie ces oxydes d'azote (NOx).

En réalisant la combustion dans certaines conditions de pression et de température on peut même éviter la production de NOx comme le fait BMW.

Les piles à combustible permettent un rendement supérieur aux moteurs thermiques, elles sont totalement non polluantes, elles permettent la cogénération, et elles sont silencieuses.

Les piles à combustible sont en début de commercialisation, il y a encore beaucoup de progrès à faire et le prix doit être compétitif.

Il faut diminuer le prix des piles à combustible qui sont 100 fois plus chères que les moteurs à combustion interne, 5 000 Euros le kW contre 50 Euros le kW.

Le prix des piles à combustible baissera au fur et à mesure.

Plus il y aura de piles à combustible fabriquées plus les prix baisseront et plus la technologie deviendra mature.

L'intérêt des constructeurs automobiles est de proposer des véhicules à hydrogène rapidement, car un prix élevé des carburants entraîne une vente de véhicules plus faible.

Par exemple si l'Iran arrête sa production et bloque le détroit d'Ormuz ou si la pétromonarchie saoudienne est renversée, l'impact sur les ventes automobiles serait catastrophique, ces deux scénarios sont tout à fait possibles, parmi d'autres.

Les normes européennes et américaines en matière de rejet de CO2 et d'autres polluants sont de plus en plus strictes.

La solution des véhicules à moteur à bicarburant hydrogène ou essence est à réaliser rapidement.

La durée moyenne du renouvellement du parc automobile est d'environ 12 ans.

Les deux roues :

Les piles à combustible sont très intéressantes pour les deux roues qui sont extrêmement bruyants et polluants avec les moteurs thermiques habituels.

Les deux roues (scooters, etc) consomment 0,7% du carburant mais sont responsables de 8% de la pollution atmosphérique dans les villes.

Les piles à combustible sont à utiliser en priorité pour les scooters et les motos :

- la puissance requise est faible à cause de leur poids, donc le problème du coût des piles à combustible est moindre,
- les distances parcourues sont faibles, donc l'autonomie requise est faible, ainsi que la taille des réservoirs nécessaires (faible autonomie + faible puissance = petit réservoir),

- l'utilisation est en général urbaine,
- le réseau de distribution d'hydrogène est plus facile à mettre en œuvre (par exemple uniquement dans certaines villes au début),
- ces véhicules polluent beaucoup l'air par rapport à leur puissance,
- ils font un bruit énorme, alors que les moteurs ont une faible puissance,
- le renouvellement du parc existant est très rapide,
- ce sont des jeunes qui achètent ce genre de véhicules, ils n'ont donc pas encore pris l'habitude de l'essence, et ils n'ont pas encore les blocages psychologiques des personnes plus âgées.

Les incitations financières doivent être importantes.

Les bus urbains :

Le fonctionnement étant à l'intérieur des villes l'aspect non polluant des piles à combustible est très intéressant.

Les bus et les flottes captives reviennent à leurs entrepôts tous les soirs, donc il y a un seul point de ravitaillement en hydrogène, il y a plus de facilité et plus de temps pour faire le plein, le personnel faisant le plein est professionnel, et il y a une plus grande intervention de l'état et des collectivités.

Il est facile de mettre les réservoirs sur le toit des bus.

Les camions :

- c'est du business to business :
 - le choix des acheteurs est plus rationnel,
 - les aides financières peuvent être plus faciles (avantages fiscaux),
- il est plus facile de loger les réservoirs que dans des voitures,
- moins de stations de ravitaillement sont nécessaires,
- la pollution est plus importante car :
 - les moteurs sont plus puissants,
 - l'utilisation est intensive,
 - plus de kilomètres sont parcourus,

Le plus simple au début est d'avoir une bicarburation avec des moteurs thermiques.

Le stockage de l'hydrogène dans les véhicules :

La logique du remplissage des réservoirs avec un carburant liquide comme les utilisateurs en ont l'habitude avec l'essence ou le gas-oil n'est pas forcément adaptée pour les réservoirs d'hydrogène sous une forme gazeuse :

- cela prend du temps,
- il est obligatoire de dissiper la chaleur due à la compression lors du remplissage,
- il est préférable que ce soit réalisé par des professionnels,
- il faut éviter les fuites d'hydrogène lors du transfert.

Comme pour les bouteilles de gaz butane ou propane, on les achète pleines en échange de la bouteille consignée.

Les automobilistes ne se serviront probablement pas seuls mais il y aura de nouveau des "pompistes" remplaçant les conteneurs standardisés vides.

Comme il reste probablement de l'hydrogène dans le conteneur, on ne facture que la différence d'hydrogène entre ce qui est mis dans le container plein et ce qui reste dans le container vide.

Il faudra peut être un design différent des voitures pour le logement du stockage de l'hydrogène.

Certains constructeurs (principalement BMW) optent pour le stockage liquide de l'hydrogène, mais la plus part des autres constructeurs optent pour un stockage sous forme de gaz comprimé.

La liquéfaction consomme beaucoup d'énergie, les réservoirs sont encore plus complexes que pour le stockage gazeux.

De plus le véhicule bouge lors du transport ce qui agite l'hydrogène liquide et le réchauffe.

Les avions et les bateaux :

Pour les bateaux et les avions par contre le stockage de l'hydrogène sous forme liquide est préférable car :

- le remplissage des réservoirs est réalisé pour un trajet connu avant le départ,
- il y a un soutirage permanent d'hydrogène (les avions ne restent pas au garage comme les voitures pendant plusieurs jours),
- il faut une densité énergétique importante car il n'y a pas la possibilité de faire le plein tous les 500 Km en plein ciel ou au milieu de la mer,
- de plus les aéroports et les ports peuvent avoir des installations de liquéfaction avec des volumes traités suffisants pour être compétitifs,
- la réduction du poids du carburant est très intéressante,
- l'utilisation de piles à combustible permet d'optimiser le rendement de conversion énergétique du carburant,

ces deux éléments combinés font qu'un kilogramme d'hydrogène liquide fourni énormément plus de puissance utile qu'un kilogramme de kérosène habituel.

Les avions :

L'augmentation du prix du pétrole est un vrai risque pour le transport aérien.

Le prix des avions est tel que le prix des piles à combustible est déjà tout à fait acceptable, contrairement aux voitures.

Les aéroports internationaux sont peu nombreux donc le système de distribution n'est pas aussi compliqué à mettre en place que de permettre aux voitures de faire le plein sur tout le territoire, c'est un système de stockage centralisé (d'où une économie d'échelle) et un remplissage des avions par des camions citernes parcourant des distances faibles.

Les avions parcourent des distances qui sont toujours connues très précisément à l'avance, la consommation est connue précisément, donc la quantité d'hydrogène à embarquer est connue précisément (plus une sécurité), donc le fait que toutes les 24 heures un pour cent de l'hydrogène liquide se transforme en gaz qu'il faut évacuer n'intervient pas, c'est un des principaux problèmes de l'hydrogène liquide, généralement les avions font des escales courtes (plus les escales sont courtes plus vite le prix de l'avion est amorti), c'est uniquement en cas d'arrêt prolongé qu'il faudrait vidanger les réservoirs.

La chaleur dégagée par la pile à combustible permet de gazéifier l'hydrogène liquide.

Le transport aérien est le mode de transport le plus consommateur de pétrole par Km parcouru et donc aussi le plus émetteur de gaz à effet de serre par Km parcouru, de plus ces gaz sont émis à 10 000 m d'altitude où ils génèrent un effet de serre multiplié par deux.

Le fait d'utiliser des piles à combustible a aussi pour effet de supprimer le bruit que font les avions.

Par contre il faut une durée de vie longue et une grande fiabilité (le principe de la pile à combustible est très sûr mais il y a les sous systèmes mécaniques d'alimentation en hydrogène, etc) et donc avoir plusieurs piles pour la sécurité.

Les bateaux :

L'hydrogène peut être utilisé par les bateaux pour le transport et pour la pêche.

On voit les difficultés de la pêche et peut être sa fin : réduction de la ressource en poisson et augmentation du prix du carburant pour les chalutiers.

Analyse de l'échec des voitures électriques :

L'échec de la commercialisation des voitures électriques est riche d'enseignements, il ne faut pas refaire les mêmes erreurs (ou d'autres).

Les causes :

- l'autonomie limitée (100 à 300 Km) : l'utilisateur sait dès le départ qu'il ne peut pas utiliser son véhicule pour partir en vacances ou même en week-end,
- le temps de rechargement, il est en moyenne de 7 heures,
- le poids des batteries (en moyenne plus de 200 Kg),
- l'encombrement des batteries qui limite l'espace utile dans le véhicule,
- le prix des batteries (de plus il faut les renouveler au bout de quelques années).

Malgré les avantages :

- l'électricité coûte moins cher que l'essence (principalement à cause des taxes sur les carburants),
- il n'y a pas de pollution (si l'électricité est produite à partir d'énergie nucléaire).

Les véhicules hybrides sont utiles dans le sens où ils améliorent le développement de la propulsion automobile par moteur électrique.

Autrement les véhicules hybrides ne sont pas aussi intéressants que beaucoup le pensent sur le plan énergétique, car il faut construire un moteur électrique en plus, des batteries en plus, des sous-systèmes supplémentaires, etc, ce qui a un coût énergétique.

Après le pétrole, utilisation d'hydrogène produit à partir d'énergie solaire

© Copyright 2007 Philippe Marc Montésinos

<http://electricite.solaire.free.fr/index.htm>

E-mail : hydrogene.solaire@free.fr