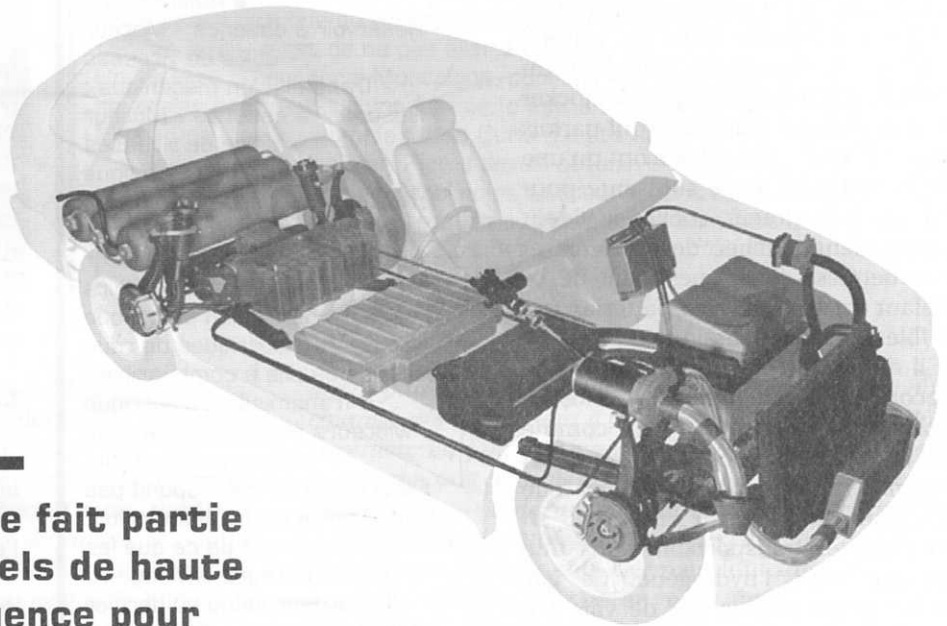


Au-delà du moteur à essence

Pile à combustible

et voiture du futur

**YVES
PAUMIER**



La pile à combustible fait partie des projets industriels de haute technologie que l'Agence pour l'Investissement industriel (AII), créée il y a quelques semaines par Dominique de Villepin sous la direction de Jean-Louis Beffa, se propose de financer. Vu l'importance du secteur automobile pour la France, l'enjeu est de taille.

Vous allez vous disputer : il n'y aura que cinq mille Toyota Prius prévues pour la France en 2006, alors que les trois mille unités de 2005 se sont vendues comme des petits pains. Or la Prius n'est pas un modèle 4x4 à la mode, bien au contraire, c'est une voiture comparativement sous-performante en accélération. C'est une voiture hybride dotée de deux moteurs. Au bon vieux moteur à explosion est adjoint un moteur électrique alimenté par une batterie qui sert surtout en parcours urbain. Est-ce l'avenir ? Oui et non, mais avant de voir cela, petit retour sur le siècle de l'automobile.

LA VOITURE AUJOURD'HUI ET DEMAIN

La conception de nos voitures est héritée un de la première moitié du XX^e siècle. Le moteur à quatre temps fut développé par M. Diesel et le pneu par M. Michelin. Il y a toujours des progrès dans la sécurité mais rien de révolutionnaire, uniquement des gadgets année après année. Le futur est connu, et chaque constructeur cherche à rester « à la pointe du progrès ». Nous restons dans l'économie du pétrole.

Cette économie a modifié les modes de transport, les réseaux et l'urbanisation. La ville moderne s'est étendue comme une tache d'huile, et les urbanistes qui s'y opposèrent ne furent pas secondés par les politiques, bien au contraire. L'emprise routière occupe plus de 10 % du territoire dans le Nord-Pas-de-Calais et au Benelux ! Il nous faudra remettre à plat tout le problème et penser à reconverter cette industrie automobile en quelque chose de semblable de par la précieuse qualification de la force de travail qui œuvrera toujours sur des voitures, mais aussi en quelque chose de différent car l'automobile n'aura plus ce moteur à explosion.

Ce qui suit est subjectif, car des choix devront être faits par notre gouvernement, aidé des constructeurs. Ces

Ci-dessus : « La pile automobile » utilise l'air comme comburant. L'hydrogène combustible est conservé soit sous forme comprimée, soit liquide à très basse température, soit dissoute dans des métaux, soit produite à la demande par une petite usine chimique qui sera alimentée en GPL.

choix devront répondre à deux fortes contraintes : l'une financière et capitaliste, l'autre due à l'épuisement du pétrole comme combustible.

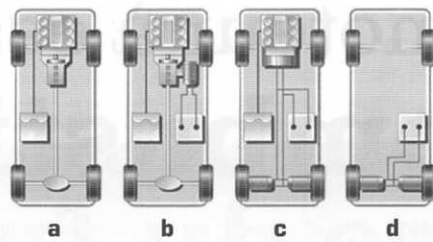
LA MOBILITÉ, DÉFI SUPPLÉMENTAIRE DE LA VOITURE

La source la plus probable d'énergie pour la voiture de demain est l'électricité. Mais on ne peut pas mettre une centrale nucléaire dans sa voiture, ni dans sa maison. Il faut donc un intermédiaire qui permette de stocker l'électricité. Les batteries sont parfois une solution, mais elles n'ont qu'une faible capacité, juste suffisante pour démarrer le moteur, et elles se vident rapidement. L'échec des voitures et des bennes électriques vient de ce défaut intrinsèque des batteries : la faible puissance massique.

Il existe une autre forme d'énergie secondaire qui n'est pas fossile comme le charbon, ni rare comme le deviendra le pétrole, et qui est produite facilement par une centrale nucléaire, utilisée par l'industrie en quantité et transportable dans une voiture, c'est l'hydrogène. Ce gaz brûle mieux que le gaz de ville (il sert aux fusées telle qu'Ariane) et ne donne que de l'eau comme produit de combustion! Beaucoup moins facile à manipuler que d'autres gaz, il a pourtant de meilleures qualités chimiques. Il est à la base de toute une chimie industrielle. Très léger, il se transporte comme le gaz dans des pipelines, comprimé dans des bombonnes et même dissous dans certains métaux! Pour ce qui nous intéresse ici, il va nous fournir de l'électricité qui fera tourner un moteur électrique pour déplacer la voiture.

LA PILE À COMBUSTIBLE SE SUBSTITUE À LA COMBUSTION

Nous brûlons de l'essence dans le moteur. C'est peu efficace, polluant et seuls 15 à 20 % de l'énergie potentielle de l'essence est réellement convertie en travail, en déplacement de la voiture. Or, depuis le programme de Kennedy de l'Homme sur la Lune (dans les années 1960), il existe un autre moyen d'obtenir de l'électricité et du mouvement : la pile à combustible. Elle fonctionne comme celle d'une radio : une grande surface en terme chimique, avec de chaque côté, deux produits servant à alimenter une réaction qui se fait sans flamme de combustion et génère un courant électrique. Les produits de la réaction sont apportés en continu par deux tuyaux, et la pile a un fonctionnement quasi permanent. La pile à combustible génère de l'électricité avant de produire un mouvement. Cela pourrait paraître un intermédiaire dispendieux (Encadré 2), mais paradoxalement, cela devient un avantage : de plus en plus, les équipements intérieurs du



Quatre évolutions de la voiture de demain

- a** Aujourd'hui :
- Réservoir à essence - Moteur
 - Boîte de vitesses
 - Transmission mécanique ;
- b** Réservoir à essence - Moteur
- Boîte de vitesses
 - Transmission mécanique
 - Moteur électrique de soutien
 - Batteries de propulsion ;
- c** Réservoir à essence - Moteur
- Alternateur 42 volts
 - Transmission électrique
 - Moteurs électriques de roue
 - Batteries ou pile à combustible ;
- d** Transmission électrique
- Moteurs électriques de roue
 - Pile à combustible.

Ce schéma ne correspond pas tout à fait à notre description, mais il est évocateur de ce que les constructeurs envisagent. Ils gardent jusqu'au dernier moment le moteur à combustion. La Toyota Prius correspond à l'étape n°2.

véhicule deviennent gros consommateurs d'énergie. C'est le cas par exemple de la climatisation, mais encore de gadgets en tous genres, et disposer de vraies prises électriques et non pas d'allume-cigares, deviendra obligatoire.

Cette pile a deux défauts : son coût et son poids. Son coût est lié à son industrialisation, donc pas d'inquiétude pour l'avenir car en production de masse, sa fabrication ne coûtera plus grand-chose. Son poids vient du fait qu'il faut y adjoindre des batteries classiques car l'électricité ne se stocke pas une fois produite. Mais là aussi les progrès sur les batteries classiques se poursuivent (citons le cas récent de la nouvelle batterie sensationnelle au nickel-zinc, développée par M. Doniat de la SCPS, et le stockage instantané de l'électricité dans des selfs (gros condensateurs) est prometteur.

LA TRANSITION

La transition de la production automobile se fera donc dans le cadre du passage de l'économie du pétrole à l'économie du nucléaire.

On peut distinguer plusieurs étapes dans ce processus :

1. L'Europe ou la France se lancent dans le moteur hybride : nous gardons le moteur de M. Diesel, alimenté en gasoil comme le soutient Peugeot,

mais il n'active pas de boîte de vitesse (elle disparaît) et les roues sont entraînées par des moteurs électriques. L'électricité est produite sous 42 volts. Le poids des batteries est important. Du fait de sa moindre puissance, il pollue moins et sa maintenance est réduite. Il se prête à un échange standard, sur le lieu même de la panne, par exemple. Notons que la Prius est plus primitive, car elle conserve la transmission mécanique avec une boîte de vitesse. Le moteur électrique ne vient que soutenir ou se substituer au moteur principal dans une architecture inchangée.

2. On abandonne le moteur à quatre temps qui est remplacé par une turbine et intègre la technologie de l'aviation. Cette turbine consomme du gasoil ou du GPL (gaz de pétrole liquéfié déjà commercialisé). Rouler au GPL est aujourd'hui possible, mais cela n'est viable économiquement que pour les flottes municipales, tant l'exigence en équipements spéciaux et en personnel qualifié est grande ; seul le coût d'utilisation est attractif. Cette solution est plus intelligente que la solution tout batteries électriques rencontrée parfois.

3. Le véhicule urbain passe entièrement au GPL et à la pile à combustible, adjointe à une batterie normale. Sur route, le bruit de moteur disparaît.

4. La pile à combustible consomme de l'hydrogène à la place du GPL et les batteries disparaissent.

Enfin le GPL disparaît pour l'hydrogène, mais ce n'est que le moteur qui a changé, il s'agit de la même voiture qu'à la phase 3 et l'on rencontre sur toutes les routes des stations pour faire le plein d'hydrogène.

