

Les moteurs et moyens de locomotion terrestres du futur.

Energies et motorisations du futur

Ainsi, une *source d'énergie* est un élément physique ou chimique à partir duquel il est possible d'exploiter une énergie à des fins industrielles (ex : transport) ou biophysiques (ex : organisme vivant). L'activité humaine utilise l'énergie stockée dans la biomasse, le solaire, l'éolien, le géothermique, l'hydraulique, le marémoteur et l'énergie hydrolienne qui font parties des *énergies renouvelables* ; l'énergie issue du nucléaire et les combustibles fossiles sont dits quant à eux *non renouvelables* car ils ne sont disponibles qu'en quantités limitées.

La notion de *vecteur énergétique* sert à désigner un élément ou une méthode permettant de transporter de l'énergie d'un endroit à un autre. De cette manière, des éléments associés culturellement à la notion d'énergie tels que par exemple l'électricité, l'hydrogène, la vapeur ou encore l'air comprimé, sont en fait des vecteurs d'énergie. Il faut dépenser de l'énergie pour les produire avant de pouvoir la récupérer par divers procédés. A la lumière de ces informations, il est donc possible d'appréhender nos technologies sous divers aspects.

L'Histoire fait remonter la première machine à vapeur au I^{er} siècle de notre ère avec Héron d'Alexandrie et son *éolipyle*. Il faudra attendre le XVII^{ème} siècle pour voir apparaître nombre de machines industrielles à vapeur, mais aussi des solutions techniques pour le transport (trains, bateaux,...). Cependant, ce type de motorisation dit à *combustion externe*, requiert une source d'énergie. L'image de la chaudière à bois ou à charbon vient naturellement, toutefois avec quelques modifications, il est possible d'obtenir nos actuelles centrales fonctionnant au *gaz*, *pétrole*, *nucléaire* ou encore grâce au soleil (centrale *héliothermodynamique*). Pour le bois, charbon, gaz et pétrole, la question d'émissions polluantes se pose. Concernant le nucléaire, il s'agira de questions sur les déchets et la gestion des risques. La vapeur quant à elle permettra grâce à des machines et systèmes plus ou moins complexes de produire un déplacement, de générer de l'électricité ou encore de fournir de la chaleur.

Tout comme la machine à vapeur, la motorisation à partir d'*air comprimé* n'est pas récente, comme l'illustre parfaitement la mise en service de tramways à air comprimé en 1879

à Nantes. Elle est alors déjà largement reconnue pour ses diverses qualités : légèreté du moteur, silencieux, pas besoin de lubrifiant et le moteur n'émet ni fumées ni gaz polluant. En effet, son fonctionnement repose exclusivement sur l'énergie récupérée lors de la *détente de l'air* au travers d'un système de conversion d'énergie, le moteur. Il faut néanmoins garder en mémoire que tout comme l'électricité, il faut une source d'énergie pour obtenir de l'air comprimé. Certes, cela peut se faire grâce à des énergies renouvelables, mais peut être aussi réalisé à partir « d'énergie polluante ». Enfin, il s'ajoute au problème de l'origine de l'air comprimé, le défi de *l'autonomie limitée* lors d'application aux transports.

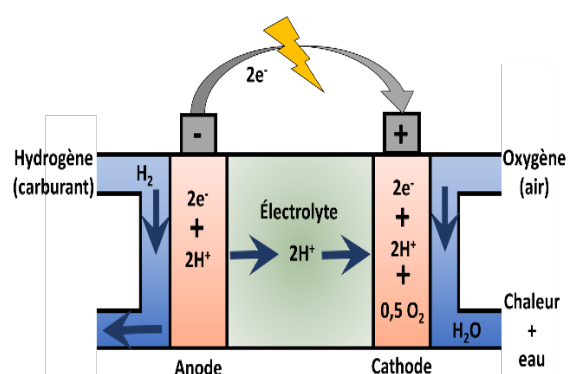


Figure 1: Schéma d'une pile à combustible

Un autre type de moteur utilise lui aussi un vecteur énergétique : il s'agit du *moteur à hydrogène*. Développé dès le XIX^{ème} siècle, il est possible de nos jours d'en trouver des applications sur des moteurs à *piston*, *rotatifs* ainsi que la génération d'électricité par *pile à combustible*. L'emploi d'hydrogène (plus précisément de dihydrogène H₂) possède un gros avantage, car sa réaction ne donnera comme principal produit de l'eau (H₂O) et de l'énergie électrique ou thermique selon le type de « moteur ». La question de la pollution se limitera aux matériaux de la pile à combustible et surtout aux moyens de production de l'hydrogène. Enfin, c'est l'aspect du stockage du dihydrogène au sein des véhicules qui peut poser quelques difficultés avec l'embarquement d'une quantité suffisante de carburant et les risques d'explosion relativement élevés en cas d'incident. Néanmoins, les véhicules modernes tendent à montrer que des solutions à ces problèmes sont de plus en plus fiables.

Quand l'utilisation de vecteurs énergétiques comme solution écologique est critiquable car elle ne fait que « *délocaliser* » les émissions polluantes et ne permet de limiter les rejets de pollution que si l'énergie primaire

provient d'une énergie renouvelable, l'emploi de la *biomasse* semblerait alors plus respectueuse de l'environnement. Cependant, certains points peuvent également porter à discussion.

Le *gazogène* dans un premier temps, inventé lui aussi durant le XIX^{ème} siècle, il permet d'alimenter des chaudières ainsi que des moteurs à *gaz pauvres* ou à *explosion classiques* en gaz obtenu à partir de matières solides et combustibles tels que le bois, charbon, ... Si le *gazogène* a été mis de côté, l'emploi de processus de *gazéification* de matière organique est toujours développé, notamment avec des processus du type *réaction de Sabatier* (essence synthétique) ou encore via le *procédé Fischer-Tropsch* (ersatz de gazole).

Dans la même lignée, se trouvent les *biocarburants* et *biogaz*. Ils sont obtenus à partir de matières premières animales, végétales ou de déchets et sont généralement mélangés à des carburants d'origine fossile. Comme la *gazéification*, ils visent à retarder l'épuisement des ressources mondiales en carburants fossiles mais également à limiter voire réduire les émissions de *gaz à effet de serre*. En effet, même si le carburant issu de la biomasse produira des émissions polluantes du fait de la combustion, la biomasse lors de sa croissance réassimile certains éléments comme le CO₂ par exemple.

De cette manière, les sucres de végétaux après *fermentation* donnent de l'*éthanol* et de l'*ETBE* pour former des biocarburants en substitution ou additivation à l'essence, quand la *trans-estérification* des huiles fournit des biocarburants pour les moteurs Diesel. Des biocarburants de 2^{nde} et 3^{ème} génération sont développés en essayant de ne pas concurrencer les débouchés alimentaires par l'utilisation de matières premières non comestibles comme la paille, le bois ou les algues.

Une dernière famille concerne les *véhicules hybrides*. Ils ont vu le jour dès le XIX^{ème} siècle et leurs architectures étaient déjà à l'image de celles présentes dans nos rues. Le principe général consiste à propulser un véhicule en associant un moteur électrique (souvent réversible) avec un moteur thermique. Les différentes architectures mécaniques [*hybride série, parallèle, série-parallèle*] combinées à la définition du niveau d'hybridation [*mild, full, plug-in hybrid*] permettent de caractériser le véhicule, son

comportement et sa méthode de fonctionnement.

Tout l'intérêt de l'hybridation s'illustre dans l'optimisation de l'énergie d'un moteur thermique ou à pile à combustible grâce à l'adjonction d'un système de récupération d'énergie. Ainsi de la récupération d'énergie sous forme électrique (i.e. air comprimé) sera effectuée lors des freinages ou lorsque plus d'énergie que nécessaire est produite. C'est cette énergie qui sera réutilisée durant les phases d'accélération, très énergivores et sources de fortes émissions de polluants pour des moteurs thermiques.

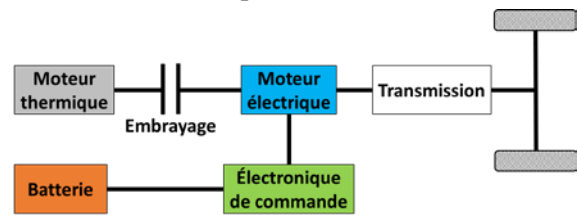


Figure 2: Exemple de système full hybrid parallèle

En conclusion, il faut bien être conscient qu'actuellement et sans exception, toutes les formes de motorisations utilisées dans les transports datent de plus de 100 ans. Elles ont été développées et de fait, indéniablement liées au progrès ainsi qu'à l'évolution des sciences et des sociétés. Toutefois, de nos jours comme au siècle dernier, un véhicule performant reste à tort défini par sa vitesse de pointe, sa puissance et parfois son autonomie à l'image des marques de véhicules de prestige et des courses automobiles. Or le véhicule du futur ne pourra se développer que suite à une évolution de nos mentalités.

Tout d'abord d'un point de vue utilisateur, si le souhait est réellement la protection de la planète et la limitation de l'*impact écologique*, il faut prendre conscience que pour l'avenir, la performance ne doit plus être synonyme de vitesse et de puissance mais plutôt d'endurance et d'économie d'énergie. Nul besoin de véhicules pouvant dépasser les vitesses autorisées sur routes ouvertes.

En ce qui concerne la technique, il apparaît que l'évolution vers des systèmes *hybrides* semble être le meilleur *compromis*, notamment avec des hybrides utilisant comme base du Diesel ou de l'hydrogène, combiné à de l'électrique ou du pneumatique par exemple.

Le mot de la fin sera qu'un changement d'état d'esprit des utilisateurs est nécessaire. Alors seulement, le véhicule du futur à court et moyen terme pourra être celui d'un véhicule

hybride, vrai compromis et solution temporaire. Cette *transition* nécessaire permettra donc de laisser espérer à long terme un véhicule du futur qui ne pourra apparaître que suite à une *rupture technologique*, c'est-à-dire à la découverte d'une nouvelle source d'énergie et/ou moyen de conversion d'énergie efficace et propre pour ce XXI^{ème} siècle, à l'image respectivement du pétrole et de l'électricité pour le XX^{ème} .