Énergies et motorisations du futur

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 disponible 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.

De la machine à vapeur aux moteurs à hydrogène

L'Histoire fait remonter la première machine à vapeur au premier siècle de notre ère avec Héron d'Alexandrie et son éolipyle. Il faudra attendre le XVIIe siècle pour voir apparaitre 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.

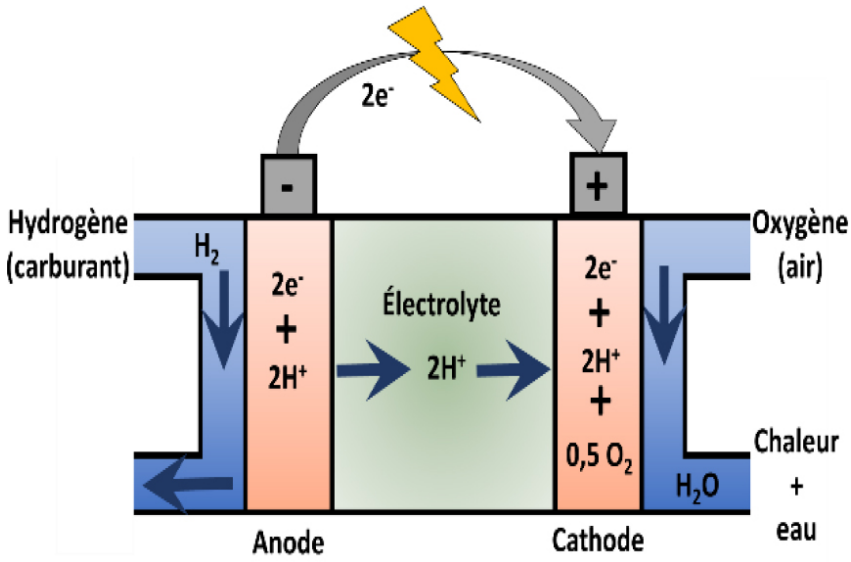


Schéma d'une pile à combustible

Un autre type de moteur utilise lui aussi un vecteur énergétique : il s'agit du moteur à hydrogène. Développé dès le XIXe 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.

La biomasse : une solution plus respectueuse de l'environnement ?

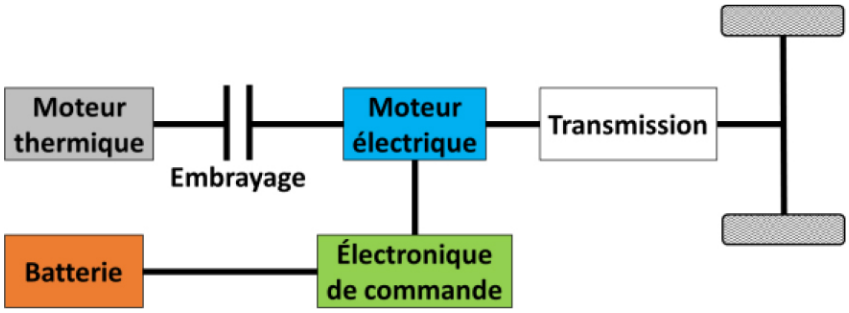
Quand l'utilisation de vecteurs énergétiques comme solution écologique est critiquable car elle ne fait que « délocaliser » les émissions polluantes et ne permet de limiter les rejets de pollution que si l'énergie primaire provient d'une énergie renouvelable, l'emploi de la biomasse semblerait alors plus respectueuse de l'environnement. Cependant, certains points peuvent également porter à discussion.

Le gazogène dans un premier temps, inventé lui aussi durant le XIXe 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 seconde et troisième 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.

Les véhicules hybrides

Une dernière famille concerne les véhicules hybrides. Ils ont vu le jour dès le XIXe 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.



Exemple de système full hybrid parallèle

Le véhicule du futur ne pourra se développer que suite à une évolution de nos mentalités

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 apparait 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 apparaitre 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 XXIe siècle, à l'image respectivement du pétrole et de l'électricité pour le XXe.

Nicolas-Ivan Hatat(auteur), docteur, École centrale de Nantes
Amélie Danloset **Christelle Périlhon** (co-auteures), maitres de conférences au Cnam

Article en pdf