

Les moteurs et moyens de locomotion terrestres du futur.

Automobile et pollution

Lorsque l'on parle de *transports terrestres* du futur au sens large, il vient rapidement à l'esprit ces véhicules amphibies, volants, ou encore pouvant se conduire seuls et pouvant fonctionner avec d'autres sources d'énergie que le pétrole ; un peu à la manière de la célèbre DeLorean DC-12 (*Figure 1*) dans la trilogie '*Retour vers le Futur*' par exemple. Toutefois, même si ces caractéristiques seraient très intéressantes à développer, l'actualité et les récentes prises de conscience concernant l'impact humain sur le réchauffement planétaire font qu'il semble plus approprié d'appréhender la question du transport du futur du point de vue énergétique et impact écologique.



Figure 1: Illustration extraite de *Retour vers le Futur II*

C'est donc dans cet état d'esprit qu'un tour d'horizon des sources d'énergie, mais surtout des motorisations de véhicules terrestres sera effectué ; notamment pour corriger certaines idées préconçues dues principalement aux raccourcis ou erreurs énoncés dans certains médias, promotions de produits grâce aux publicités ou autres discours politiques.

L'actualité relaie de manière quasi quotidienne des problèmes de pollutions urbaines atmosphériques avec des pics d'ozone, des risques liés aux particules fines, sans compter le réchauffement global de notre planète. Les principaux responsables désignés étant alors les véhicules avec des moteurs à allumage par compression, plus communément appelés *Diesel*. Il est crucial de rappeler que cette assimilation apparemment évidente entre véhicule Diesel et émissions de - particules et NO_x - provient de l'image vieillotte du fameux nuage noir sortant du pot d'échappement lors de fortes charges moteurs et accélérations. Cependant il est très rarement expliqué d'où provient ce phénomène, mais surtout la très grande majorité du temps il est caché que les

véhicules dits *essence à injection directe* connaissent le même problème : les émissions de particules et de NO_x sont liées à la technologie employée qui affecte aussi bien les véhicules *Diesel* que ceux à injection directe *Essence*.

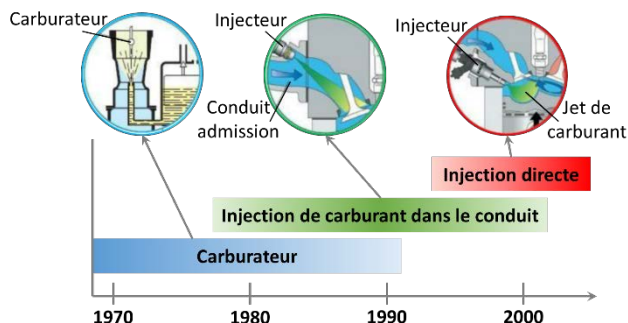


Figure 2: Evolution des méthodes d'injection d'essence

Source : www.car-engineer.com

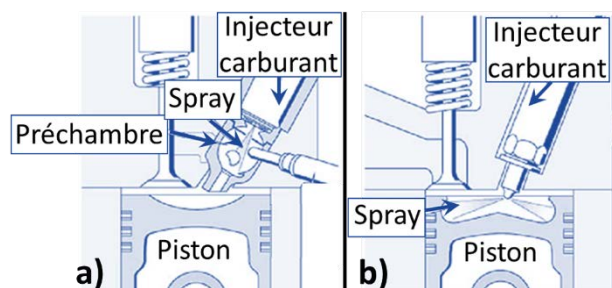


Figure 3: Moteur Diesel, injection indirecte a) et directe b)

Le système d'injection directe de carburant dans la *chambre de combustion* est très répandu de nos jours. Il apporte une économie de carburant en injectant le carburant uniquement aux endroits où la combustion aura une efficacité maximale. Dans la pratique, l'économie ne se produira que lorsque le moteur sera en *charge partielle*. Toutefois, les moteurs à injection directe produisent tous des particules, puisque le carburant n'a pas le temps de s'évaporer convenablement et ne va donc brûler que partiellement. De plus, la combustion du jet pour les moteurs Diesel comme des stratifications pour les véhicules Essences causent des zones de réaction aux températures locales élevées, favorisant la formation de NO_x .

Bien que les normes de pollutions soient en constante évolution, l'extrait des normes Euro proposé ici en *Tableau 1* permet de bien comprendre deux choses. La première est qu'un moteur thermique est complexe dans son fonctionnement tout comme dans ses émissions polluantes. La seconde étant que les normes et réglementations reconnaissent et autorisent que des véhicules *Essence* rejettent des NO_x comme les *Diesel*, et même plus de

particules fines (PN). Tolérance de 6.10^{12} jusqu'en 2017.

Tableau 1: Extrait de valeurs d'émissions polluantes

Norme	Diesel		Essence, GNL/GPL	
	Euro 5	Euro 6b	Euro 5	Euro 6b
NO _x	180	80	60	60
CO	500	500	1000	1000
HC	--	--	100	100
HCNM	--	--	68	68
HC+NO _x	230	170	--	--
PM	5	5	5*	4,5*
Particules (PN) (#/km)	6×10^{11}	6×10^{11}	--	6×10^{12} *

Toutes les valeurs sauf (PN) sont exprimées en mg/km

Lexique :

NO_x : oxydes d'azote ; CO : monoxyde de carbone

HC : hydrocarbures ; PM : particules

HCNM : hydrocarbures non méthaniques

PN : nombre de particules

* : pour les voitures essence à injection directe

Se présente alors le choix du véhicule totalement électrique. Bien qu'historiquement le premier véhicule à franchir les 100 km/h soit électrique (en 1899), c'est pour son caractère « zéro émission », « propre » ou « écologique » qu'il suscite tant d'engouement. En effet, les deux avantages indéniables sont : un non rejet de polluants localement et une très bonne efficacité dans la conversion d'énergie. Cependant, hormis le manque d'autonomie des véhicules électriques, leur construction et fonctionnement ne sont pas sans conséquences et impactent la planète, puisque l'extraction et le traitement du *Lithium* et composants des batteries requièrent des ressources énergétiques importantes. De plus, pour des questions de coûts et de techniques, le recyclage de ce type de batteries est pour ainsi dire inexistant.

Il sera ajouté que l'électricité se stocke très mal, un exemple quotidien est celui de batterie se déchargeant même sans utilisation. L'électricité n'est qu'un vecteur énergétique, il permet uniquement de transporter de l'énergie d'une source à un outil/système spécifique. Sachant cela, se pose la question de la production de l'électricité utilisée. En effet, lorsque l'on regarde le cas particulier de la France où environ 77% de l'électricité produite en 2014 provenait du nucléaire, à l'échelle mondiale (en 2013) se sont presque 70% qui provenait de centrales à énergies fossiles où le charbon a toujours une place de choix (Figure

4). Ainsi, mis à part le problème des risques et dangers liés au nucléaire associés aux questions du traitement des déchets et du démantèlement total des centrales nucléaires toujours impossible de nos jours, il apparaît alors clairement que l'emploi de véhicules électriques dans le monde n'a pour unique avantage que de délocaliser la pollution et aucunement de la réduire : les grandes agglomérations ne souffriraient plus des particules et autres pollutions liées au transport mais du point de vue global planétaire, l'impact resterait inchangé. Il faudrait alors compenser l'énergie utilisée par les véhicules thermiques par de la production d'électricité et de batteries.

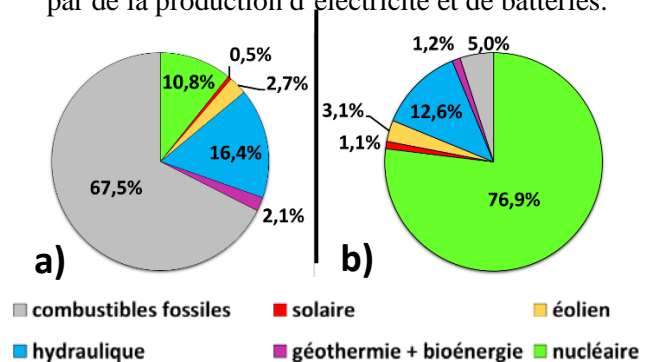


Figure 4: Production électrique mondiale a) et en France b)

Ces quelques paragraphes ont mis en évidence qu'une grande retenue face aux raccourcis et aux discours orientés de publicités et politiques est de rigueur. Il faut garder un esprit critique sur les thèmes des voitures électriques « zéro émission » et voitures Diesel polluantes du fait des particules et NO_x en comparaison avec les voitures Essences. Sous couvert d'écologie, ceci ne cacherait-il pas plutôt une volonté de forcer un renouvellement du parc automobile et donc une relance des ventes ?

Le véhicule du futur, du point de vue énergétique ne peut pas être uniquement électrique, Diesel ou à Essence comme on peut les connaître. Un effort technique est nécessaire, de même qu'une information plus juste afin que chacun puisse appréhender l'impact réel des technologies proposées. Il appartiendra alors à chaque individu de choisir et agir en toute connaissance de cause.

C'est parce que presque tout ce qui nous entoure est énergie ou tout du moins peut être potentiellement une source d'énergie, qu'il apparaît que le vrai défi est d'être capable de savoir comment l'exploiter. Pour cela, seront explicitées dans la partie suivante d'autres

sources d'énergie et motorisations plus méconnues. Mais pour ce faire, il sera crucial de corriger certains abus de langages et recentrer certaines idées vis-à-vis de l'énergie.

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 transestérification 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.

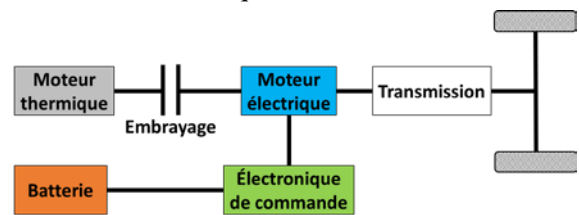


Figure 5: Exemple de système full hybrid parallèle

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} .