

TPE

Thème : Environnement et progrès

Année scolaire : 2011-2012

VANDEWATTYNE Thomas

DEPOERS Quentin

BELVERGE Cyprien

CASISA Anthony

La voiture hybride



Introduction :

Un peu d'histoire...

En 1835, Sibrandus Stratingh invente un prototype de voiture électrique à échelle réduite.

Depuis, elle a connu des améliorations : en 1899, la *Jamais contente*, est la première voiture électrique à franchir le cap des 100 km/h.

Cependant elle a très vite été concurrencée :

Depuis la 2^{nde} révolution industrielle à partir de 1880, les transports sont facilités, avec la découverte du pétrole, et des hydrocarbures en général.

Puis une idée est venue, celle d'allier ce moteur performant devenu si populaire au bon vieux moteur électrique. C'est en 1905 qu'une demande de brevet est faite par H.PIPER. L'idée était bonne, deux moteurs auraient permis un démarrage plus rapide, mais le brevet fut obtenu plus tard, quand le moteur thermique était devenu bien plus performant.

Ca n'était pas la fin de cette voiture, à partir des chocs pétroliers dans les années 70, il y a eu une progression des investissements, associée à l'avancée technologique. C'est le même phénomène que l'on va retrouver des années plus tard, avec la continuelle augmentation du prix du brut.

Il est important de remarquer que, depuis une trentaine d'années on commence à parler de **Développement Durable**, et à s'inquiéter du sort de la planète, de la pollution. Ainsi on se pose des questions sur les moyens de réduire l'émission de pollution, tout en gardant le confort, les avantages qu'apportent les moteurs actuels. C'est ainsi que la voiture électrique retrouve sa place.

Cependant, elle comporte des inconvénients, qu'il sera utile de discuter, et une des solutions au problème peut être la voiture hybride essence/électrique. Reste à savoir si elle est la seule solution, si elle ne comporte pas elle aussi des inconvénients irréversibles, si des alternatives peuvent être proposées. On se posera en effet la question :

☆ **La voiture hybride a-t-elle un rôle à jouer dans la préservation de l'environnement ?**

Lors de notre étude, après une brève présentation des moteurs, nous suivrons comme fil conducteur ledit Développement Durable, et nous nous appuierons sur les 3 piliers : l'écologique, l'économique, le social.

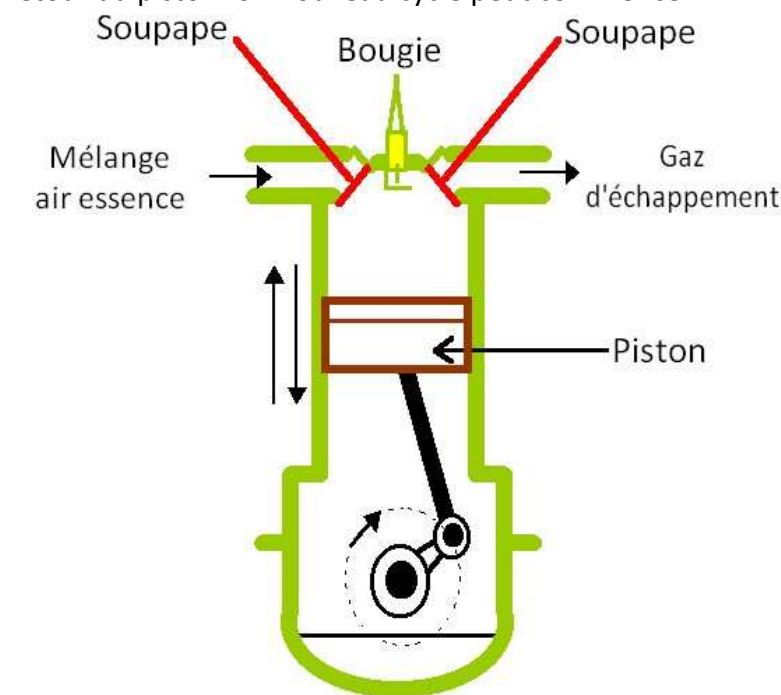
Fonctionnement des moteurs

Nous nous sommes tout d'abord intéressés au fonctionnement des deux moteurs :

Thermique : Le moteur à essence nécessite une combustion déclenchée par une source d'énergie externe (ex : bougie).

Ces moteurs transforment l'énergie potentielle chimique contenue dans le carburant grâce à des explosions. Ils sont constitués de différents cylindres, dans lesquels des pistons coulissent alternativement. Ici il s'agit d'un moteur à 4 temps:

1. La première soupape s'ouvre : **admission** d'un mélange d'air et d'essence dans le moteur, ce mélange pousse le piston.
2. Le piston, qui après être descendu va remonter par la force de la pression, va exécuter une **compression** du mélange, le poussant contre la bougie.
3. Sous l'effet de la compression maximale, la bougie va produire une étincelle, provoquant chez le mélange une **combustion** ou **explosion** (d'où le nom du moteur). En outre les gaz chauds émis vont repousser le piston, continuant le mouvement.
4. La deuxième soupape va s'ouvrir, permettant l'**échappement** des gaz, repoussés par le retour du piston. Un nouveau cycle peut commencer.

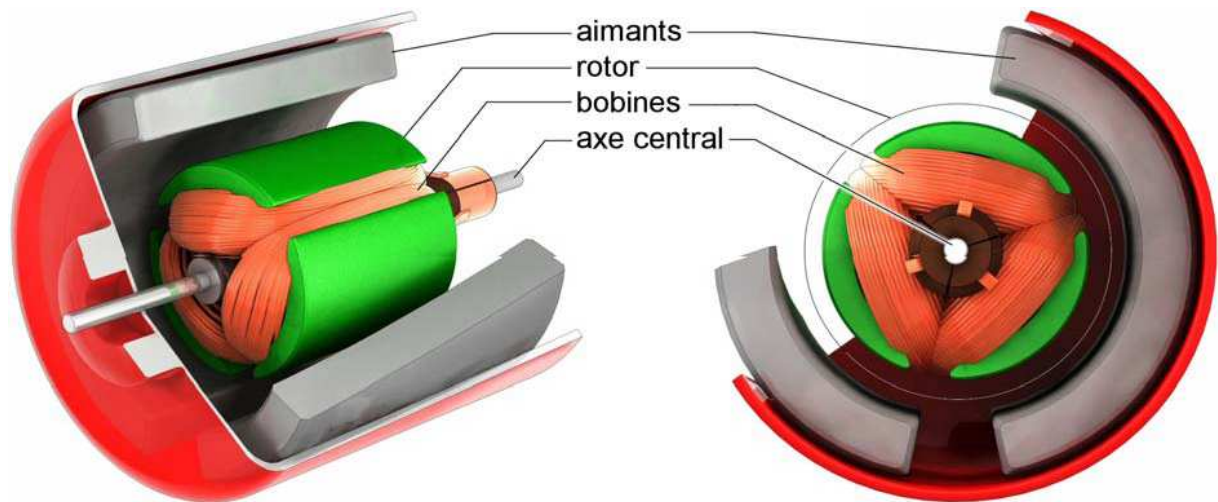


Ce type de moteur a un rendement de l'ordre de 30% : Il y a une énorme perte d'énergie due à des pertes de chaleur, des frottements.

Electrique : Le principe est relativement simple, en bref la batterie fait tourner un électro-aimant, qui fait tourner un aimant, qui fait donc tourner les roues. Mais c'est un petit peu plus subtil :

-Un **Stator** (axe central), une sorte de bobine, est enroulé par un fil. Il fait circuler un flux magnétique.

-Un **Rotor**, lui aussi bobiné, inverse la polarité dans chaque enroulement du stator, un flux magnétique circule de manière transversale.



En revanche, ce moteur a un rendement d'environ 80% : il y a aussi des pertes de chaleur (effet joule) mais elles sont moindres. Ce moteur gaspille moins d'énergie.

Alternance des deux moteurs

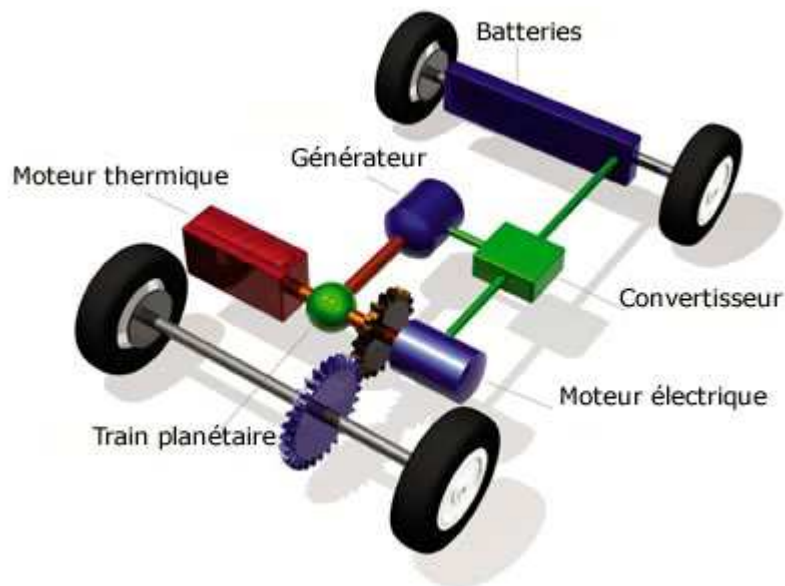
La voiture décide elle-même quel moteur utiliser à tout moment, selon sa vitesse :

-Du départ jusqu'à atteindre les 30 km/h environ, le moteur électrique est utilisé. Silencieux, non polluant, pas très rapide il est idéal pour la ville.

-Lorsque la voiture va au-delà, le moteur à essence prend le relais, il va permettre d'aller à des vitesses supérieures.

-Lors d'une grande accélération, les deux moteurs sont utilisés ensemble, permettant une optimisation de la vitesse.

Le schéma ci-dessous montre l'organisation des moteurs dans la *Toyota Prius*[®] : c'est le générateur qui s'occupe de gérer les moteurs, le convertisseur s'occupe de convertir le courant, comme son nom l'indique.



De plus lors d'un freinage ou d'une décélération, l'énergie perdue dans le frottement, l'énergie cinétique obtenue sans que les moteurs de fonctionnent sont récupérées, rechargeant la batterie. Une augmentation légère de l'autonomie est ainsi permise.

Plusieurs niveaux d'hybridation...

Le fonctionnement précédemment vu et le plus courant, le plus "classique", c'est le *full-hybrid*. Il va permettre à la fois des petits trajets en ville, et des longs trajets telle une voiture classique.

Il y a deux autres types d'hybridation :

-Le *mild-hybrid*, utilisant au minimum l'électricité, elle n'est sollicitée que pour aider aux reprises. Ce système n'est pas très avantageux, et ne nous intéresse pas du tout.

-Le *plug-in hybrid*, permet une utilisation continue, la recharge se faisant par exemple la nuit. Ce type est surtout utile pour les trajets courts, le moteur à essence reprenant le relais quand la batterie est vide. C'est une sorte d'amélioration du tout électrique, compensant le manque d'autonomie. Certes l'idée est bonne, mais cela ne le remplace pas, et n'est en somme qu'une variante du modèle classique, utilisant en fin de compte à peu près la même quantité d'énergie

Ici nous nous intéresserons au full-hybrid, modèle en plein essor de commercialisation, et nous essaierons de prévoir si cette commercialisation à la capacité de devenir une réussite.

I) Etude sociale

Dans cette partie nous utiliserons une étude de cas, des avis de consommateurs sur des forums, et étudierons également l'aspect confort, le design des voitures hybrides actuelles.

1) Etude de cas

Nous sommes allés sur un forum automobile, et avons recueilli des avis de consommateurs.

Les avis sont globalement plutôt positifs :

⇒ Sur le confort : « l'intérieur est très habitable », « je m'y suis sentie à l'aise »

⇒ Sur la consommation d'essence : « c'est pas mal avec le moteur à essence j'ai réussi à descendre à 2,5L/100 », « un proprio d'une voiture hybride m'a montré sa conso. Sur 4500km, la consommation est de 4,3L/100 km »

Il est vrai que la consommation basse est un sérieux avantage, tant économique qu'écologique.

Cependant le design laisse à désirer selon les internautes, Ils trouvent que l'extérieur n'est pas à la hauteur de leurs espérances, par exemple la Prius n'est pas très appréciée, « le design est médiocre », comparée à des modèles naissants ayant un meilleur design.

On retiendra que :

⇒ Le design ne plaît pas.

⇒ La vitesse de la voiture est trop basse en mode tout électrique.

⇒ La faible consommation d'essence est avantageuse.

La voiture hybride n'est pas à la hauteur de leurs espérances, en revanche, ils trouvent que ces voitures sont une bonne avancée technologique et écologique, peut-être ce concept n'est-il pas abouti.

Du côté des commerciaux, l'avis va également vers un sens négatif : nous avons discuté avec un concessionnaire Renault® au salon de l'étudiant, qui nous a dit qu'ils préféreraient passer directement à l'électrique, la voiture hybride n'étant pas assez rentable.

2) Etude du design, de l'ergonomie

Nous avons pris des exemples de voitures hybrides sur le marché, et nous nous sommes demandés ce que leur design donnait, à quel genre de personnes elles pouvaient prétendre appartenir.

☆ La Seat Ibiza®



Le design est assez joli, plutôt simple, cette voiture sera destinée à des classes sociales moyennes.

En effet, coûtant dans les 20 000€, cette voiture est adaptée à la classe moyenne à laquelle elle est destinée.

☆ L'Opel Ampera®



Ici on a un design plus sportif, l'apparence n'est pas forcément de tous les goûts, cette voiture vise des classes sociales un peu plus hautes.

Son prix est de 40 000€. Il s'agit d'un prix pour un budget bien plus large, le design va de soi et relève d'exigences différentes.

☆ La Capstone CMT 380®



C'est une vraie voiture de sport, les clients recherchés sont très exigeants, on sent que cette voiture sera de toute évidence moins abordable.

Avec un prix de base de 200 000€, cette voiture montre bien qu'une voiture typée coûte bien plus chère.

On remarque que tout comme chez une voiture à essence, le design est pensé pour être adapté à une classe sociale spécifique, influençant sur les revenus, il est vrai que le prix est aussi un facteur d'achat, on en reparlera.

D'autres facteurs interviennent, telles que les capacités de la voiture en question.

De plus, d'un point de vue simplement technique, le silence du moteur électrique permet de toute évidence un confort supplémentaire, et l'intérieur de voitures est pensé pour le confort du client.

Globalement, on peut dire que niveau ergonomie, les voitures hybrides n'ont rien à envier aux thermiques. Pour ce qui est de l'apparence il y a une large gamme déjà, s'élargissant encore.

Cependant, un détail est à remarquer, que la plupart des tableaux de bord des véhicules hybrides sont très complexes, trop même. Il y a beaucoup d'indications inutiles, tel que des lumières qui pourraient déconcentrer et être dangereuses pour le conducteur.

II) Aspect économique

1) Comparaison du prix

Nous allons étudier dans cette partie la différence de prix entre une voiture à essence et une voiture hybride. Dans l'idée générale, il s'agit d'un luxe. En effet les plus prestigieux modèles varient entre 40 000 et 150 000 € ; mais on peut aussi trouver des modèles intéressants à partir de 18 000 €. Il s'agit tout de même d'un prix qui n'est pas à la portée de tous.

Donc, à l'achat car la différence est conséquente : la voiture hybride coûte plus chère qu'une voiture classique.

Mais le prix revient, au bout d'une certaine distance de trajet, en fonction des différentes consommations d'essence, va inverser la donne.

Cependant on vient de le voir, les prix des voitures hybrides sont très variés, en fonction du design, des capacités, et il faut prendre en compte cet aspect pour faire une comparaison juste.

Ainsi, pour cette étude nous nous intéresserons à la **Toyota Prius®**, et la comparerons à un autre coupé d'une qualité équivalente : la **Toyota Avensis®**.

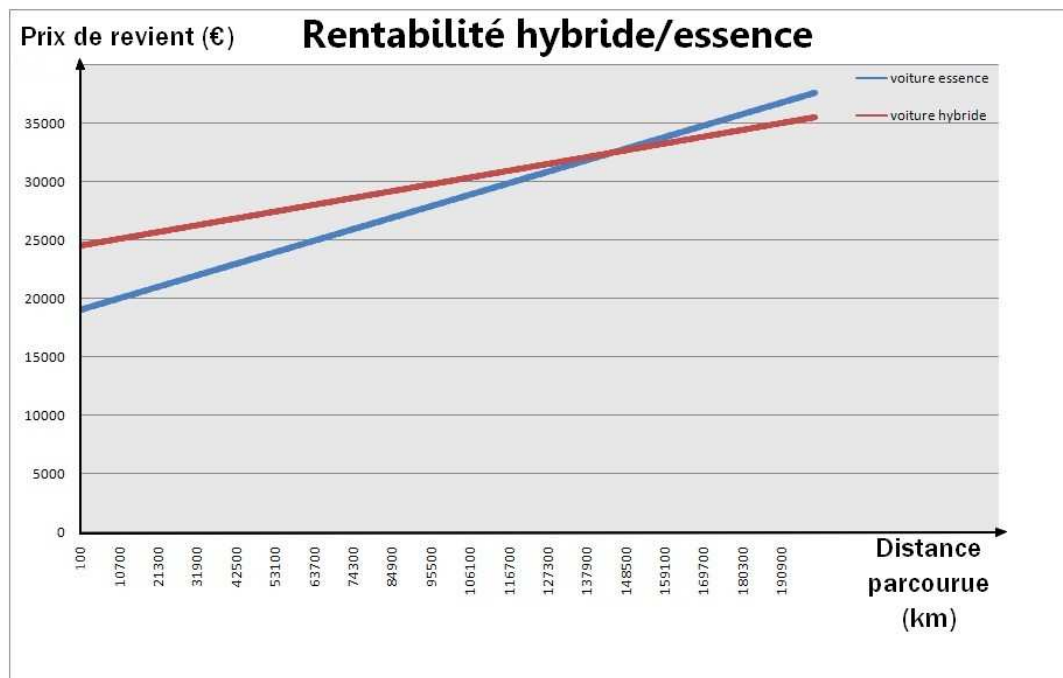
La Prius coûte à la base 26 500€ minimum, et l'Avensis 19 000€ Minimum.

2) Rentabilité

Premièrement, le bonus écologique qu'apporte l'acquisition d'une voiture hybride est non-négligeable : il s'agit d'une baisse de 2000€ sur le prix de base. Déjà, la Prius ne s'annonce plus si chère.

Ensuite, la différence de consommation de carburant est conséquente : L'Avensis consomme 6.6L pour 100km, La Prius ne consomme que 3.9L pour 100 km, en moyenne.

Nous avons calculé la rentabilité de ces deux voitures, le prix qu'elles couvriraient en fonction du nombre de kilomètres parcourus, nous avons pour cela utilisé le prix actuel du carburant, qui est de 1.41 € pour 1 L d'essence.



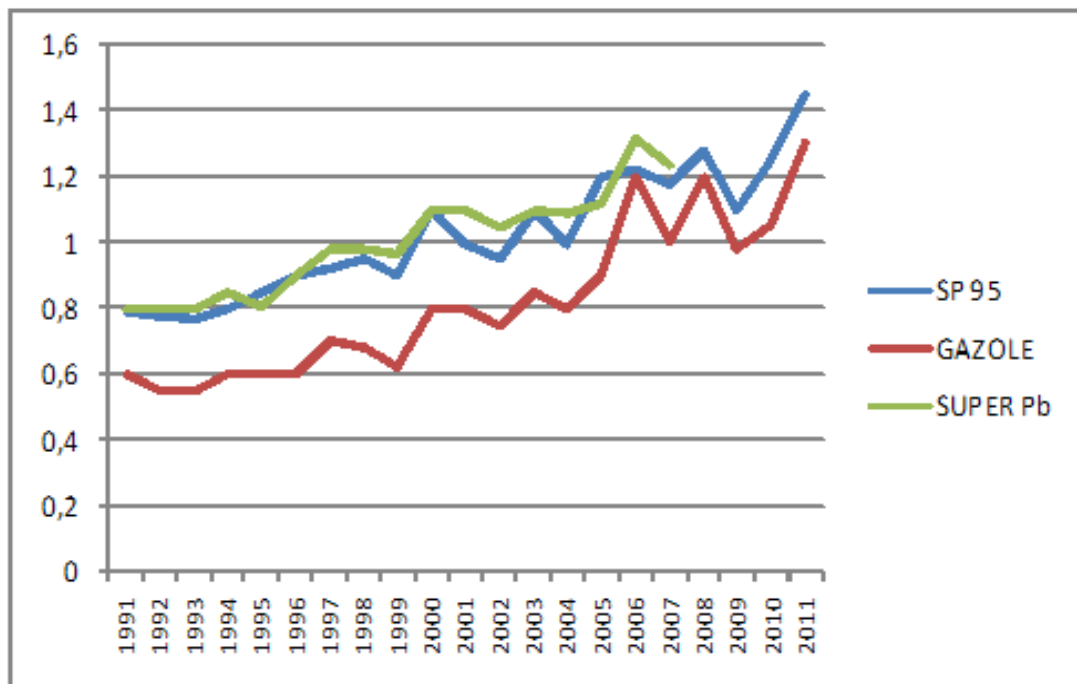
Nous pouvons constater que l'achat d'une voiture hybride ne devient rentable qu'à partir de 144 500 kilomètres. C'est une distance considérable, la rentabilité est sur très long terme, pour un écart relativement faible. Le souci économique n'est donc pas le centre des préoccupations, ni la motivation nécessaire pour acheter une voiture hybride.

Un autre facteur à prendre en compte est la batterie. En effet elle n'est pas éternelle, et peut coûter très cher ; pour la batterie NiMH (Nickel-Métal-Hybride) : si celle de la Prius vaut 2700 €, celle de la Honda Accord® coûte 4600 € déjà, et on peut atteindre les 11 500€ pour la Ford Escape® ! Cette batterie est garantie 8 ans ou 160 000 km, donc on n'est pas loin du point de rentabilité, étant donné qu'il faudra la changer, la voiture hybride s'annonce encore moins rentable.

Ainsi, tant du niveau des consommateurs que, par continuité, des commerciaux, la voiture hybride ne semble pas présenter de solutions économiques avantageuses, et ne se développerait pas assez.

Peut-être faut-il alors prendre en compte le fait que le prix du carburant n'a de cesse d'augmenter depuis quelques années, et que cela ne va pas en changeant.

Ci-dessous un tableau montre l'évolution de ce prix :



C'est un facteur à prendre en compte, mais l'augmentation n'est pas si conséquente : avant que la voiture hybride ne devienne rapidement rentable, il faudra un temps au bout duquel l'avancement technologique et le manque de ce combustible fossile, feront que cette voiture sera obsolète. D'un simple point de vue économique cette voiture n'est pas une grande avancée.

Evidemment cela dépend des voitures, ici cela n'est qu'un exemple, les facteurs changent les résultats. En effet des voitures thermiques peuvent afficher une consommation équivalente, et la voiture hybride ne seraient plus rentable, il reste que cette voiture n'est pas une solution économique.

C'est pourquoi il faut s'intéresser au cas écologique, pour se faire une idée correcte sur l'avancée que peut procurer cette voiture. Nous en venons au fait.

III) Etude écologique

1) Emissions de CO₂

Le but premier d'une voiture hybride est de consommer moins d'essence, et donc de rejeter moins de CO₂ dans l'atmosphère. Il y a en effet une différence considérable avec les voitures thermiques.

Lorsqu'on parle de consommation, il y a 3 cycles de conduite utilisant une quantité différente d'essence.

Le Cycle Urbain : Il s'agit du cycle dans lequel cette voiture est la plus avantageuse, dans lequel son utilisation va être la moins polluante.

En effet, en ville, la limitation est de 50 km/h au maximum. Dans certaines zones elle pourra être de 30 km/h, et justement notre système utilise en priorité le moteur électrique en dessous de cette limite. Ainsi en zone urbaine, la consommation d'essence sera minimale, le rejet de CO₂ sera moins conséquent, permettant une meilleure aire de vie pour les personnes vivant dans ces endroits où la circulation est intense et la pollution, un facteur primordial, en raison de sa nocivité.

Cependant, cela pourrait être amélioré. Si le moteur électrique permettait d'aller jusqu'à 50 km/h, la pollution serait quasi-nulle. Hélas, cela ne dépend pas que de la volonté des constructeurs. Si ce moteur atteignait cette vitesse, l'autonomie ne serait que plus petite encore, et c'est une chose que l'on ne pourrait se permettre pour les performances de la voiture. Si la batterie est vide avant la fin de la journée, le moteur thermique prend le relais et au final nous nous retrouverions dans le cas de la pollution d'un véhicule classique. Ce manque d'autonomie est donc un frein considérable à l'optimisation des performances de la voiture, et donc de la réduction de pollution.

Le Cycle Extra-urbain : Au-delà de la ville, sur les nationales, les autoroutes, l'hybridation n'est plus autant utile.

Sur des routes où la limitation est de 70 à 110 km/h, le moteur électrique fait pâle figure. Il ne sera utilisé que pour les accélérations, dans lesquelles il apportera certes une aide supplémentaire, aidant une petite partie à la réduction de la consommation.

Il sera également utilisé, et ici c'est un point très intéressant, dans les embouteillages. Combien de conducteurs coupent leurs moteurs quand ils sont à l'arrêt dans un de ces "bouchons" ? Et lors de ces interminables avancées pas à pas, où pendant plusieurs minutes

la vitesse ne dépasse pas 10 km/h, quand est-il de la pollution ? Ici le moteur reprend sa place, supprimant l'émission de gaz. Malgré tout la consommation est dehors de la ville reste proche de celle d'une voiture classique.

Le Cycle Mixte : La plupart des conducteurs ne roulent pas qu'en ville, ou que sur l'autoroute. Il y a toujours une part du chemin urbain, et tout le monde n'a pas le poste de travail à moins de quelques kilomètres. De plus certaines personnes se déplacent beaucoup dans la journée, pour le travail ou autre.

Calculer l'émission de CO₂ en cycle mixte n'est pas chose aisée. Il faut trouver le trajet de "Monsieur Toutlemonde", prenant en compte la durée en cycle urbain et en cycle suburbain, en s'appuyant sur des statistiques, des bases de données. On peut ainsi définir l'émission moyenne d'une voiture, et c'est ce cycle qu'on a utilisé pour la comparaison du rendement, et qu'on va utiliser pour la comparaison de l'émission.

Nous allons comparer les mêmes voitures que pour la rentabilité.

Emissions de la Prius® : 89 g de CO₂ par kilomètre en cycle mixte.

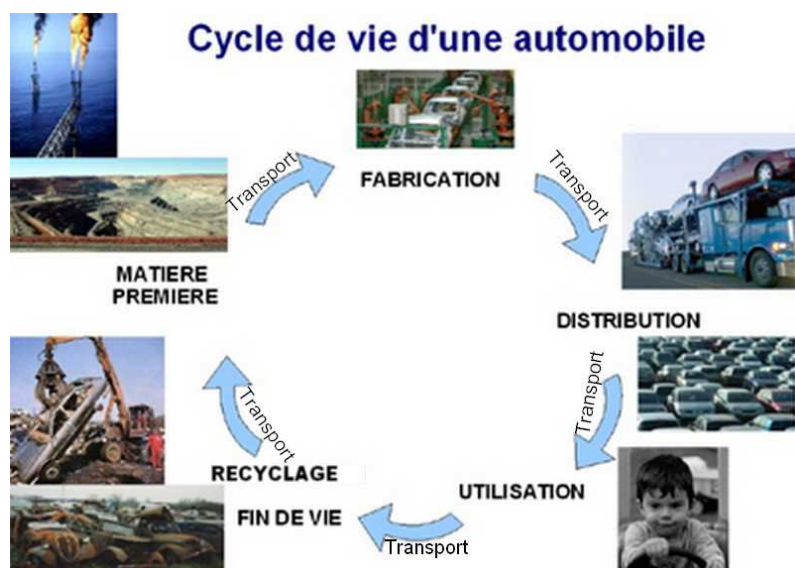
Emissions de l'Avensis® : 119 g de CO₂ par kilomètre

Distance parcourue (km)	Emissions de CO ₂ de la Prius (kg)	Emissions de CO ₂ de l'Avensis (kg)
1	0,089	0,119
2	0,178	0,238
100	8,9	11,9
1000	89	119
10000	890	1190
100000	8900	11900
110000	9790	13090
120000	10680	14280
130000	11570	15470
140000	12460	16660
150000	13350	17850

La différence se creuse peu à peu, au bout de notre point de rentabilité la différence est énorme : l'Avensis aura émis 4500 kg de CO₂ de plus au bout de 150 000 km !

2) Cycle de vie

L'hybridation permet une réduction de l'impact écologique lors de l'utilisation certes, mais y a-t-il d'autres phases de vie de la voiture, qui vont plus ou moins polluer, par rapport à une voiture à essence ? Nous nous sommes donc intéressés au cycle de vie des voitures hybrides, pour comparer pleinement son impact sur l'environnement.



Matériaux

La composition d'une voiture hybride est-elle la même que celle d'une voiture à essence, y a-t-il un souci écologique même jusqu'à la composition des matériaux ?

La carrosserie, comme sur toutes voitures, est récupérée lors de la fin de vie, pour en extraire la ferraille, et ce procédé de recyclage de l'acier, de l'aluminium en particulier, et du métal en général s'est grandement amélioré, aujourd'hui la majorité des déchets métalliques sont recyclés.

Prenons, c'est une habitude, l'exemple de Toyota®. Ici le constructeur innove avec un plastique recyclable fabriqué à partir de végétaux, appelé le *Toyota Super Olefin Polymer*. De par l'utilisation de produits recyclés, Toyota® réduit ainsi considérablement l'émission de CO2 pour l'obtention des matériaux, et permet une réduction des déchets lors de la fin de vie du véhicule. De plus ce plastique a un taux de recyclage supérieur aux polymères thermoplastiques qu'on utilise habituellement.

Dans la Toyota Prius® il y a plus de 5 kg de matériaux plastiques réutilisés pour l'insonorisation. De plus elle est composée à 95% de matériaux de récupération, 85% issus du recyclage. Encore plus loin, les phares LED réduisent de 30% la consommation

d'électricité. Il y eu le souci pour cette voiture d'être pleinement respectueux de l'environnement.

Le point noir de la voiture hybride reste la batterie. En effet, selon un rapport du **Programme des Nations Unies pour l'Environnement** moins de 1% de sa composition vient du recyclage. Les matériaux rares, en grands nombre (plus de 60 métaux différents) ne sont pas recyclés, ils sont simplement détruits.

Un des composants principaux des batteries est le lithium. Il est très nocif pour l'environnement et constitue un véritable inconvénient étant donné la faible durée de vie de ces batteries.

"Montrées du doigt" par le PNUE, ces batteries détruisent l'image de la voiture "propre", comment une voiture sensée mieux respecter l'environnement peut-elle avoir un de ses composants les plus importants non respectueux de l'environnement ?

La production

Pour ce qui est des modes de production, par exemple, l'usine de Tsutsumi qui produit la Prius® a une production écologique de ses produits. Il y a une nécessité d'utiliser les ressources naturelles de l'environnement sans pour autant le détruire. Grâce à de nouvelles dispositions qui ont permis de diminuer de moitié les émissions de CO₂ lors de la production de 1990 à 2006. Ensuite, cette société a un impact sur l'environnement par son action, mais également grâce à celle de la population qui participe avec elle à la préservation de l'environnement en plantant en 2008 près de 50 000 arbres.

L'électricité

L'électricité ne pollue pas, c'est un fait, et c'est la raison pour laquelle cette alternative est proposée. Mais l'impact environnemental de cette énergie dépend du mode de production : les éoliennes, les barrages, etc... sont écologiques. Par exemple, en 2008, afin de préparer la production de la Prius®, des panneaux solaires photovoltaïques d'une puissance totale d'environ 2 MW ont été installés dans le cadre d'un projet-pilote de la technologie photovoltaïque de production d'électricité mené par l'organisme *NEDO* (Organisation pour le Développement des Energies Nouvelles et des Technologies Industrielles).

Néanmoins, une grande partie de l'électricité vient de centrales nucléaires, parfois construites à cet effet avec des déchets pas forcément maîtrisés. En France notamment, la part de l'énergie d'origine fissile est l'une des plus grandes d'Europe.

Et la voiture thermique ?

Hormis la batterie, les matériaux sont pensés pour le recyclage, c'est effectivement une bonne idée, mais si les voitures thermiques étaient faites de même, la batterie en moins, alors elles pollueraient moins que l'hybride sur ce point.

Justement, la difficulté serait, selon Alice de Brauer, directrice du plan environnement de Renault®, de disposer de la matière recyclée : "En théorie, 100% du polypropylène utilisé dans une auto pourrait être issu du recyclage " explique-t-elle. "Ce qui manque, en fait, c'est la matière recyclée." Les matières plastiques peinent encore à dynamiser le secteur du recyclage, mais même les constructeurs d'automobiles à essence commencent à les utiliser :

Les pare-boue des véhicules du groupe PSA Peugeot Citroën® sont en plastique recyclé. La Peugeot 207 dispose, pour ses supports en plastique noir, de matériau issu d'un mélange végétal de chanvre (fibres naturelles) et de résine thermoplastique. Et le maïs, le blé, la betterave et le soja peuvent être utilisés pour fabriquer également des pièces de plastique.

Il n'y a donc pas que les voitures hybrides qui se "parent" de plastiques recyclables. Les constructeurs innovent toujours plus, pour un meilleur respect de l'environnement. Ces matériaux, fabriqués à partir de plantes, sans qu'elles soient en concurrence avec l'alimentation, devraient permettre de moins faire appel à la pétrochimie.

Des motorisations sont moins gourmandes ?

En optimisant la cylindrée des moteurs à puissance égale, et en usant de nouvelles technologies comme l'injection directe pour les moteurs essences, la récupération de l'énergie au freinage, et la généralisation du "Start & Stop" qui coupe le moteur à l'arrêt et le redémarre à l'accélération... les voitures thermiques économisent près de 1,5 litre aux 100 km et jusqu'à 40 g de CO₂ au km.

Les moteurs thermiques annoncent ainsi des caractéristiques proches de leur équivalent hybride: la Toyota Prius® affiche une consommation de 3,9 litres aux 100 km et émet 89 g de CO₂/km, tandis qu'une Ford Focus Econetic II® (moteur thermique) consomme 3,8 L aux 100km et rejette 99 g de CO₂/km.

Quoiqu'il en advienne, la voiture électrique ne devrait présenter que 10 à 20% du parc automobile à l'horizon 2020. La solution ne pourra donc pas être unique, et les constructeurs proposent d'ores et déjà des moteurs thermiques moins gourmands et moins onéreux que les technologies hybrides.

Conclusion :

La voiture hybride est une alternative plus écologique aux voitures à essence, et ce simple fait devrait en faire une voiture très prisée de nos jours où la préservation de l'environnement s'impose.

Cependant, elle ne fait pas l'unanimité, les avis sont mitigés, il se trouve que cette voiture n'est pas suffisamment aboutie.

D'un point de vue financier, ces voitures coûtent beaucoup trop cher pour le grand public, et même la faible consommation d'essence ne permet pas une rentabilité assez vite, d'ailleurs certaines voitures thermique sont équivalentes, si on ajoute à cela d'autres facteurs qu'on a vus, même sur ce point cette voiture n'a pas tout pour plaire aux consommateurs, et même aux fabricants.

Enfin, si on s'en tient au point de vue écologique, avantage visé à la base, il y a tout de même un atout positif, seulement ce n'est pas suffisant pour plaire aux clients. De plus, avec l'avancée des technologies, le moteur à essence comble la différence : la voiture hybride n'a pas sa place dans le futur.

C'est ainsi que l'on peut répondre à notre problématique ; la voiture hybride n'est pas une solution, peut-être n'est-elle qu'une "étape" entre la voiture thermique et la voiture tout électrique.