



Ecole supérieure d'Electricité, de
Production et des
Méthodes
Industrielles

LES TECHNOLOGIES HYBRIDES

CARTON Romain
STRASSER Caroline
IAE

SOMMAIRE

I. Les pollutions dues aux moteurs thermiques	6
A. Effets des polluants sur l'homme	6
B. Effets des polluants sur l'environnement	7
C. Origines des polluants	7
II. Principes des technologies hybrides	8
A. Analyse des moteurs	8
1. Moteur thermique.....	8
2. Moteur électrique.....	10
B. Fusion des deux moteurs : le moteur hybride	11
1. Les hybrides à moteurs en série.....	11
2. Les hybrides à moteurs en parallèle.....	12
3. Les hybrides compound ou dual.....	12
4. La constitution des moteurs hybrides.....	13
5. Les différents fonctionnements suivant le régime.....	14
6. Avantages et inconvénients.....	15
III. Exemple : Hybrid Synergy Drive de Toyota	16
IV. Perspectives	17
Conclusion	18
Bibliographie	19
Annexe A : Introduction	20
Annexe B : Les pollutions dues aux moteurs thermiques	21
Annexe C: Hybrid Synergy Drive	22
Annexe D: Perspectives	23
Annexe E : Plaquettes Honda et Toyota	24

Mind Mapping

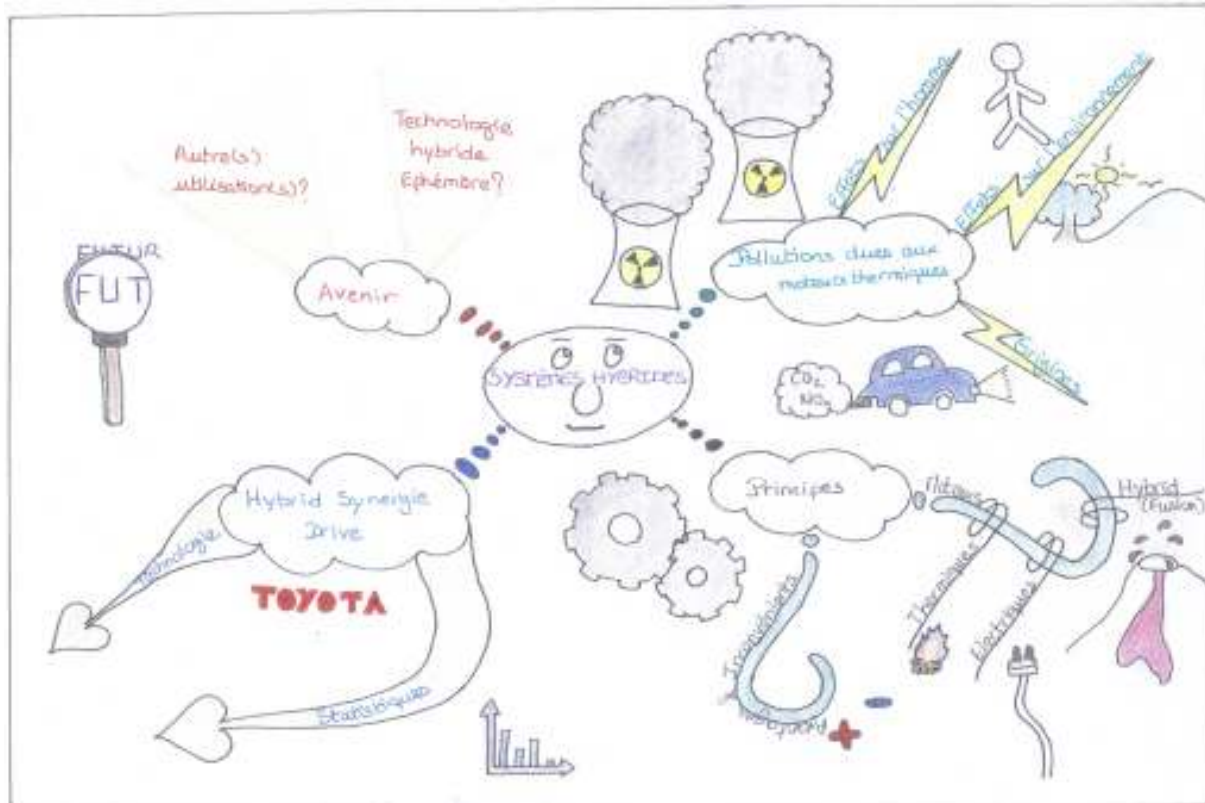


Figure : Mind mapping Systèmes hybrides

Un mind mapping, ou encore carte heuristique, est une représentation cartographique sur un thème, par l'intermédiaire d'idées. Elle représente un diagramme qui montre les connexions sémantiques entre différentes idées, les liens hiérarchiques entre différents concepts intellectuels. A la base, il s'agit d'une représentation principalement arborescente des données.

N.B : Tout au long du rapport nous avons utilisé la syntaxe suivante :
[x] : pour faire référence à la bibliographie

Résumé

Associant moteur thermique et électrique, la voiture hybride est en voie de démocratisation. C'est une répartition précise des tâches entre assistance électrique et moteur à essence ce qui est la clef de ces remarquables prouesses écologiques.

Pourquoi tant s'attacher à ce thème ? Les technologies hybrides sont de plus en plus d'actualité pour plusieurs raisons : l'inflation du prix du pétrole, mais également cette technologie peut réduire considérablement les diverses émissions des gaz d'échappement d'un moteur thermique qui nuisent à l'environnement, mais aussi à la santé.

En raison de l'envergure du sujet nous avons dû cibler le rapport sur un thème précis, par conséquent nous avons jugé utile d'élaborer un plan rigoureux afin d'éviter de trop nous éloigner. C'est pourquoi nous avons souhaité développer les parties sur la pollution et les conséquences sur l'environnement, les mécanismes de ces technologies, et enfin comment pourrait-on envisager un avenir à celle-ci.

Mots-clés : moteur thermique, moteur électrique, hybride, consommation, pollution, Hybrid Synergy Drive, avenir.

Planning prévisionnel et organisation

Pour déterminer dans quelle voie nous allions nous diriger, une recherche commune a été nécessaire. De ce fait, nous avons abouti à différents résultats, qui nous ont permis de faire le choix de s'axer sur les véhicules hybrides ainsi que la pollution.

Par conséquent, nous nous sommes départagés des missions, qui par la suite ont été rédigées par chacun des membres du binôme puis auto corrigées.

Suite à nos recherches nous nous sommes rendus compte que nous trouvions plus d'informations sur Internet, mais aussi dans des revues (scientifiques, journalistiques), comparé à des ouvrages. La partie la plus conséquente pour rédiger ce rapport fut la recherche. Pour la rédaction, nous avons à peu près respecté notre planning, en effet, nous avons rédigé chacun de notre côté pour ensuite mettre en commun et aboutir à un dossier simple et complet. Cependant, il nous est arrivé de rédiger des parties en commun ce qui n'était pas prévu dans notre organisation.

Pour permettre une meilleure compréhension du sujet, nous avons jugé utile d'insérer des illustrations.

Pour finir, nous avons : assisté à la conférence de Mr. Bouallaga sur L'Energie Electrique et Automobile ; pris contact avec Jean-Marie Vespasien ; enfin, été chez deux concessionnaires Honda et Toyota dont nous avons pris deux plaquettes qui se trouvent à la fin de ce présent rapport.

Introduction

La fin du XIX^{ème} siècle marque le début d'une formidable aventure : les premiers engins équipés d'un moteur à explosion. A l'origine des carrioles, montées sur des roues de vélo, se dotent bientôt de véritables carrosseries et gagnent en confort, en sécurité et en tenue de route. Au fil du temps les voitures deviennent de plus en plus accessibles au public. En 1899, on assiste à la création de la première voiture électrique : la *Jamais-Contente*. Les moteurs deviennent de plus en plus puissants, les voitures consomment donc plus. La fin du XX^{ème} siècle connaît une croissance importante du nombre de ventes de véhicules dans le monde (*cf. Annexe A figure 1*). L'augmentation de l'effet de serre est due à cette croissance, ce qui entraîne une pollution importante de l'atmosphère, mais qui représente en plus un danger pour l'homme. Des réglementations ont donc été mises en place afin de réduire l'émission de ces polluants. De plus depuis quelques années le monde est contraint de subir l'envolée du prix du pétrole. Tous ces facteurs ont poussé les chercheurs à élaborer de multiples solutions, dont l'une d'actualité : la technologie hybride. L'historique de cette technologie se résume en trois dates clefs : 1902, première voiture hybride essence-électricité (la *Lohner-Porsche*) ; Années 70, premières préoccupations en matière de consommation et de pollution ; 1999, première voiture à motorisation hybride commercialisée hors du Japon (L'*Insight* de Honda). Mais en quoi consiste cette nouvelle technologie ? Notre rapport traitera de l'origine des polluants et ses conséquences ; des principes de la technologie hybride et enfin de son avenir ; tout en s'appuyant sur un exemple de véhicule présent sur le marché automobile. [1]

I. Les pollutions dues aux moteurs thermiques

Les moteurs thermiques sont la cause de beaucoup de phénomènes : atteintes dangereuses sur la vie de l'homme, réchauffement climatique, pollution de l'environnement... Nous allons donc approfondir ces différents cas pour aboutir sur l'origine des polluants.

A. Effets des polluants sur l'homme

L'air est indispensable à la vie, en effet l'homme respire vingt-quatre heures sur vingt-quatre. L'action des polluants contenus dans l'air est donc permanente. Ces polluants peuvent atteindre la santé par différents cheminements : l'inhalation (voie respiratoire), l'ingestion (voie digestive) et contact avec la peau (voie cutanée). Les moteurs thermiques dégagent des gaz toxiques comme le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone et les oxydes d'azote. Ces émissions de gaz toxiques sont nocives à l'homme.

La toxicité rejetée par les moteurs thermiques est bien connue, elle agit sur le système respiratoire, entraînant des affections d'autres fonctions physiologiques. Les principaux polluants pour l'homme sont les suivants :

- Le principal toxique, est le monoxyde de carbone bloquant l'hémoglobine et amenant vertiges, nausées, pertes de conscience. Cette création est essentiellement due à une combustion incomplète ou par manque d'oxygène.

Les normes (*cf. annexe B figure 1*), demandent de ne pas dépasser 2,5 à 3% de carboxyhémoglobine dans le sang.

- L'oxyde d'azote NO, peu toxique mais précurseur du dioxyde d'azote (NO₂) qui altère les structures pulmonaires et affaiblit les défenses de l'organisme.

Les limites environnementales, demandent de ne pas dépasser 0,04 ppm* pour le NO₂.

- L'anhydride sulfureux SO₂ agit sur les personnes asthmatiques.

La limite atmosphérique est fixée à 2ppm.

- Les hydrocarbures (HC) imbrûlés provoquent des leucémies, des anomalies chromosomiques et sont à l'origine de cancers des voies respiratoires. La création des HC est du carburant imbrûlé résultant d'une combustion incomplète.

- Les aldéhydes, provoquant des irritations concernant les muqueuses oculaires, la gorge et les bronches.

- Les particules Diesel, amènent un encrassement des conduits pulmonaires.

- Les métaux, agissant sur le système nerveux et se fixant sur les os.

- L'ozone troposphérique, présente les mêmes effets que le NO₂. [2]

ppm : nombre de « parties » (en poids) d'une substance, pour chaque million de parties d'eau. Unité fréquemment employée pour désigner les concentrations de polluants. Les fortes concentrations sont exprimées en pourcentage.

B. Effets des polluants sur l'environnement

Les polluants émis par le trafic automobile sont principalement les oxydes d'azote. Ces derniers provoquent des phénomènes catastrophiques pour l'environnement tels que la contribution au phénomène des pluies acides, provoquant l'acidification des nappes d'eau douce, la mort des forêts, d'où des réglementations sur les émissions automobiles ; les polluants acides qui sont la cause de la dégradation accélérée de la corrosion des monuments et édifices publics ainsi que le noircissement des constructions ; enfin la réduction de la visibilité atmosphérique et de la clarté de l'atmosphère.

On trouve aussi le dioxyde carbone (CO_2), qui est responsable du réchauffement de la planète. La masse de CO_2 rejetée est directement proportionnelle à la quantité de carburant consommé. Il y a donc une augmentation de l'effet de serre, d'où le phénomène de réchauffement climatique. [2]



Figure : Image environnement

C. Origines des polluants

Il y a trois origines des polluants :

- Les gaz de ventilation de carter :

Ils proviennent des défauts d'étanchéité de la segmentation. Ils sont mélangés d'air carburé et de gaz d'échappement. Ces gaz, sont riches en hydrocarbures, ils étaient au début rejeté directement dans l'atmosphère, désormais un recyclage des gaz est obligatoire, soit 25% des hydrocarbures émis.

- Les pertes par évaporation :

Leur production est principalement due aux moteurs à essence (perte d'essence : 7,4 g/jour/véhicule). On trouve parmi elles, les pertes en parcours routier ; les pertes dues à la respiration du réservoir ; et les pertes à l'arrêt à chaud. Mais aussi les pertes au remplissage par éclaboussure, évacuation et évaporation.

-Les gaz d'échappement.

Ils constituent la source principale de pollution. Ces gaz d'échappement sont dûs à la réaction du carburant avec l'air. Ces carburants sont composés d'un mélange d'hydrocarbures provenant du pétrole et d'additifs destinés à améliorer les performances. En effet au contact de l'air, le carburant brûle, l'énergie qui est ensuite dégagée par la combustion permet au véhicule d'avancer. Les produits de la réaction, sont eux, expulsés sous forme de gaz par le pot d'échappement. Ces gaz sont nocifs pour l'environnement, et principalement le CO_2 , en effet ceux-ci ont un impact important sur l'effet de serre qui engendre le réchauffement planétaire. [2]

Comme les moteurs thermiques ont des effets nocifs sur la santé de l'homme mais aussi sur l'environnement, des normes antipollution ont été établies, elles sont de plus en plus exigeantes (cf. Annexe B figure 1). Celles-ci prennent en compte quatre facteurs principaux : le niveau du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures imbrûlés (HC), d'oxydes d'azote (NO_x), et le mélange de NO_x et HC.

II. Principes des technologies hybrides

Les technologies hybrides ont été inventées pour plusieurs raisons : le respect de l'environnement, le confort du conducteur, de meilleures performances, mais aussi pour améliorer le rendement de la partie thermique et augmenter l'autonomie entre deux pleins. Nous allons donc étudier dans cette partie les deux types de moteurs contribuant à cette technologie, mais aussi analyser les différentes technologies utilisées, les constituants, les fonctionnements, et enfin voir les points forts à améliorer.

A. Analyse des moteurs

1. Moteur thermique

Le fonctionnement d'un moteur thermique traditionnel reste un domaine complexe et réservé à un monde professionnel et spécialisé, par contre, nous pouvons donner quelques idées sur le principe global, qui nous permettra de mieux appréhender et de découvrir la technologie hybride.

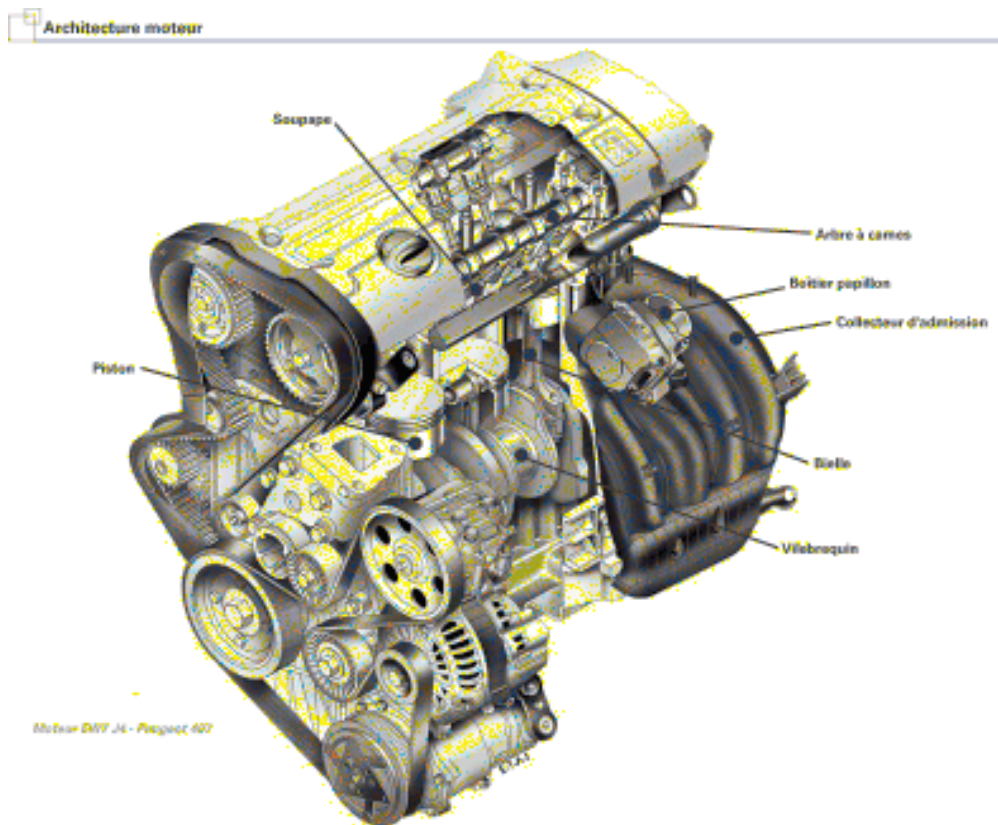
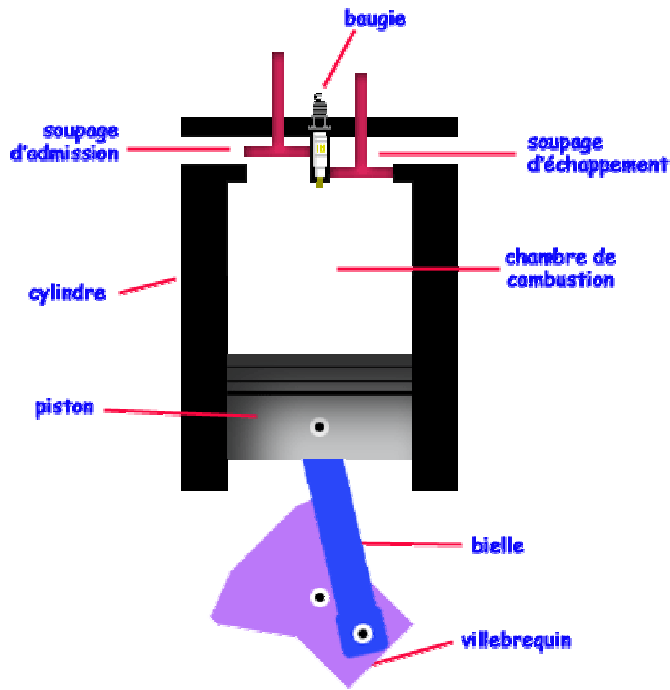


Figure : Architecture moteur thermique

[3]

Le moteur thermique (ou moteur à explosion) permet de transformer une énergie thermique en énergie mécanique qui dans un premier temps sera linéaire (bielle) puis rotative (vilebrequin). Le principe de fonctionnement d'un moteur quatre temps (mélange air essence, pour info deux temps air essence huile) se décompose comme suit :

- compression élevée du mélange air essence par le piston
- étincelle provoquée par la bougie, qui permet de faire exploser le gaz comprimé contenu dans la chambre à combustion repoussant le piston.
- Ainsi le vilebrequin est mis en mouvement
- Ce dernier va entraîner un système complexe qui mettra les roues en mouvement.



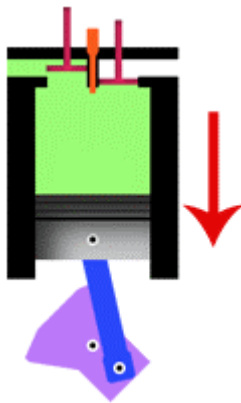
Voici une coupe des principaux éléments constituant un cylindre de moteur à explosion 4 temps.

Figure : Coupe d'un cylindre

Décomposition des 4 temps

1^{er} TEMPS

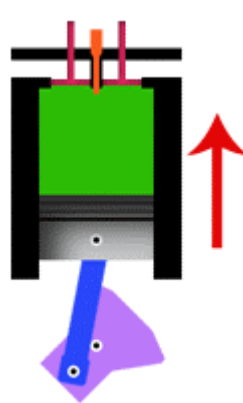
Admission



-Ouverture soupape d'admission.
-Descente du piston.
-Aspiration du mélange air essence par le piston.

2^{ème} Temps

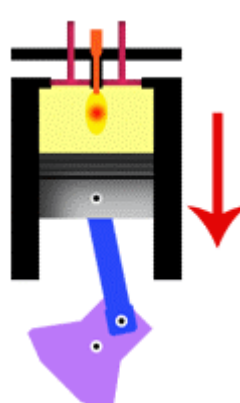
Compression



-Fermeture des soupapes d'admission & d'échappement.
-Remontée du piston.
-Compression du mélange air essence par le piston.

3^{ème} Temps

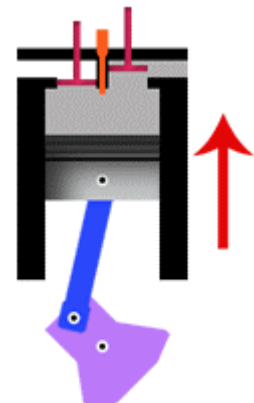
Explosion



-La bougie émet une étincelle.
-Explosion du mélange.
-La pression fait redescendre le piston.

4^{ème} Temps

Echappement



-Ouverture de la soupape d'échappement.
-Le piston remonte.
-Evacuation des gaz brûlés vers le pot d'échappement.

[4]

2. Moteur électrique

La voiture électrique, ou véhicule à énergie embarquée, apparaît sur le plan environnemental comme la solution « zéro émission ». Analysons alors de quoi est composé le moteur de celle-ci.

Un moteur électrique comporte une batterie, telle que nickel-hydrure métallique ou bien encore lithium, qui est le point de stockage de l'électricité. Un régulateur et un convertisseur permettent la connexion de la batterie au moteur électrique. L'intensité du courant alimentant le moteur est assurée par le biais du régulateur. Enfin, le convertisseur permet de convertir du courant continu en courant alternatif par simple action du conducteur appuyant sur la pédale d'accélération.

Le moteur électrique est essentiellement constitué d'une bobine de cuivre mobile et d'un stator fixe. La partie fixe est composée d'un ou plusieurs aimants. Un champ magnétique est généré lorsque le courant passe dans la bobine. Ce champ est opposé à celui créé par les aimants. Cette opposition crée une force tangentielle à l'axe de rotation, autrement dit un couple. Ce couple étant proportionnel au courant, plus il y a de courant, plus la vitesse sera grande. Un véhicule a besoin d'un couple élevé à basses vitesses afin de pouvoir accélérer et d'un couple moins important à des vitesses de croisière. La batterie du véhicule électrique peut être rechargée de deux manières : par conduction, c'est-à-dire en utilisant le réseau électrique ; ou par induction, sans contact. [5]

Les points forts d'une telle technologie comparée à celle d'un moteur traditionnel sont :

- que le véhicule est silencieux, non polluant (pas d'émission), et souple de conduite
- l'absence d'embrayage, de boîte de vitesse, de pot d'échappement...
- un très bon rendement énergétique de la motorisation électrique (au moins 70% de l'énergie électrique est transformée en énergie motrice, contrairement aux moteurs thermiques où moins de 30% de l'énergie contenue dans le carburant est transformée en mouvement).
- la transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique (décélération et freinage), le moteur devient un générateur qui permet de recharger la batterie

$$E_c = (1/2)mv^2 \quad [6]$$

Les points à améliorer :

- le prix élevé des batteries, du moteur (électronique cher)
- la maintenance
- l'autonomie du véhicule (de 100 à 200Km avant de recharger la batterie)
- la taille des batteries



Voici un exemple avec la Kangoo Electri'cité équipée de huit composants nécessaires à la mise en œuvre d'une technologie tout électrique. Nous avons la prise de charge pour une recharge de la batterie (bac batterie avant et arrière) en mode conduction, le moteur électrique qui est relié aux roues motrices, mais aussi un variateur de vitesse qui contrôle, gère et régule la puissance. Pour finir, le conducteur freine par l'intermédiaire d'une commande électrique, soit le frein de parking. [7]

Figure : Kangoo Electri'cité

B. Fusion des deux moteurs : le moteur hybride

D'après les analyses effectuées sur les deux systèmes précédents, nous constatons que l'utilisation de véhicules purement électriques ou thermiques provoqué des inconvénients majeurs, que ce soit de grande pollution, stockage de l'énergie, de coût ou tout simplement de distance moyenne parcourue par le véhicule. Une solution : l'hybride ; soit une fusion du moteur électrique et thermique.

Un véhicule hybride, est la combinaison d'une motorisation électrique avec une motorisation thermique, assurant la propulsion du véhicule. Par ce biais, nous pouvons assurer la baisse de pollution en ville ainsi que la puissance et l'endurance du véhicule sur route.

1. Les hybrides à moteurs en série

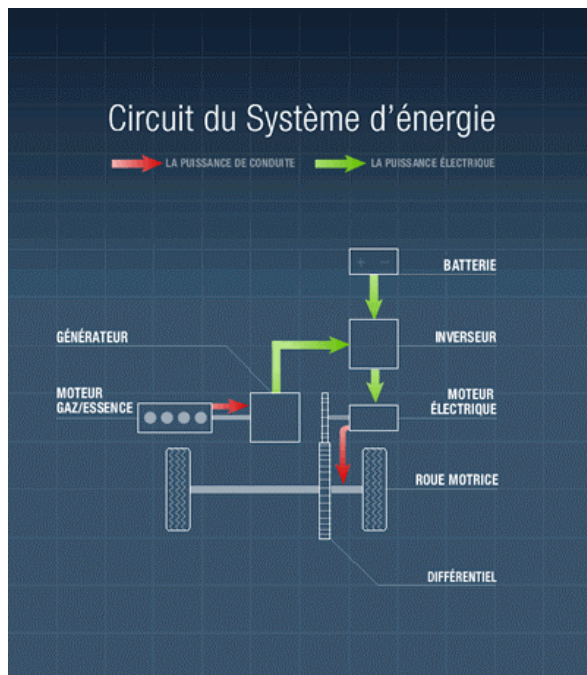


Figure : Circuit du système hybride série

Le système Hybride série permet au moteur électrique de diriger seul la rotation des roues en utilisant la puissance générée par le moteur thermique. Un Hybride série, est composé d'un moteur électrique, d'un moteur thermique, d'un générateur, d'une batterie et d'un inverseur. Lors des faibles vitesses, le moteur thermique est utilisé par intermittence pour alimenter soit le moteur électrique, soit pour recharger la batterie. Le tout électrique, est utilisé en ville, sur route le moteur thermique assure la recharge de la batterie ainsi que l'alimentation du moteur électrique. Le nom série vient du fait que le moteur thermique, est directement lié en série au moteur électrique. [8]

2. Les hybrides à moteurs en parallèle

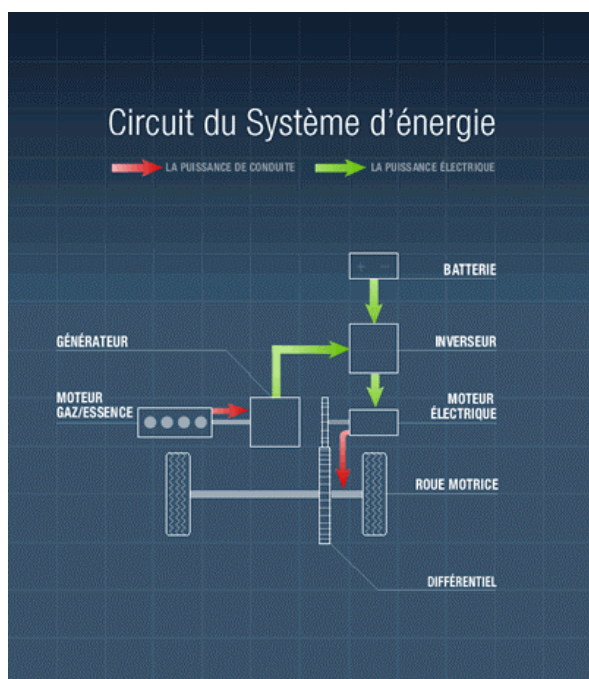


Figure : Circuit du système hybride parallèle

3. Les hybrides compound ou dual

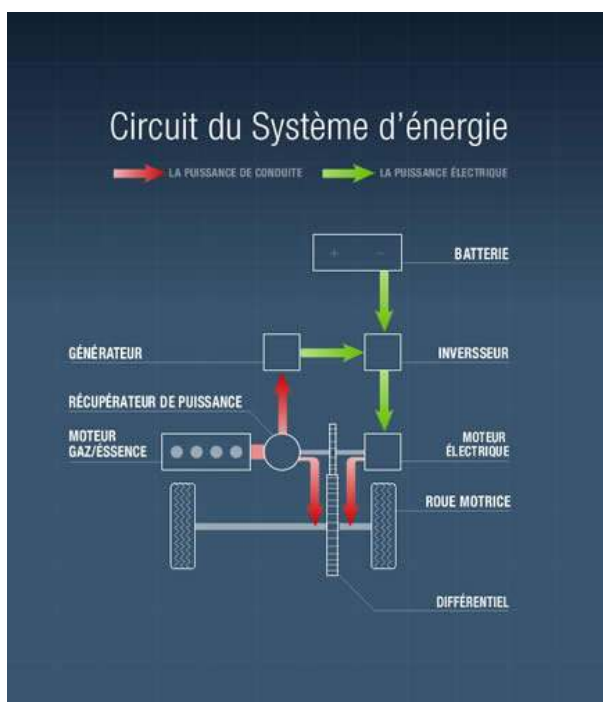


Figure : Circuit du système hybride série/parallèle

Ici, les moteurs électrique et thermique assurent tous les deux la rotation des roues, par contre, c'est le moteur électrique qui recharge la batterie.

Un hybride parallèle se compose d'un moteur thermique, un moteur électrique, une batterie, un inverseur, et d'une transmission. Le moteur électrique, est alimenté cette fois par la batterie et non par le moteur thermique, il fonctionne également en tant que générateur pour recharger la batterie. L'inconvénient est qu'il ne peut produire de l'électricité durant la conduite. Encore une fois le moteur électrique fonctionne lors des conduites en ville et le moteur thermique lors des plus fortes demandes en puissance soit sur la route.

Le nom parallèle vient du fait que le courant est parallèle. [8]

Le système série/parallèle est la combinaison du moteur électrique et thermique permettant la rotation des roues en rendant de l'électricité à la recharge de la batterie par l'intermédiaire du générateur.

Ce système a l'avantage de pouvoir sélectionner les moteurs soit électrique soit thermique ainsi qu'une recharge permanente des batteries. Il est composé d'un moteur électrique, d'un moteur thermique, un générateur, un répartiteur d'énergie, d'un module de commande l'alimentation (inverseur/convertisseur). Le répartiteur, permet de faire fonctionner le moteur électrique ainsi que de produire de l'électricité pour recharger les batteries, ceci tout en essayant d'obtenir le meilleur rendement possible en fonction des conduites (ville, route...) [8]

4. La constitution des moteurs hybrides

Les constructeurs automobiles, utilisent chacun une technologie différente mais dont les principaux composants restent toutefois les mêmes.

En voici une liste concernant le groupe PSA PEUGEOT CITROËN, une association de deux groupes pour l'innovation hybride.



Figure : Eléments constituant le moteur hybride PSA

[9]

3-Système Stop and Start :

Lorsque le moteur d'une voiture est en marche, il consomme du carburant et émet donc des gaz polluants, et ce même lorsque le véhicule n'avance pas. D'ailleurs, lorsque le véhicule roule au ralenti, il consomme jusqu'à 15% de carburant en plus. Le principe du système Stop & Start est de mettre le moteur en veille automatiquement lorsque la vitesse du véhicule est plus basse que 6 km.h^{-1} , puis de le relancer automatiquement lorsque l'utilisateur souhaite repartir, sans que le conducteur ait besoin de s'en occuper. Cette technologie se veut totalement transparente pour l'utilisateur. Le but recherché est, bien sûr, de réaliser des économies de carburant et donc de limiter les émissions de gaz polluants, mais aussi de limiter les nuisances sonores en milieu urbain et de rendre la conduite en ville plus agréable, en éliminant les vibrations du moteur à l'arrêt.

4-Moteur électrique (16KW)

6-Electronique de puissance (Onduleur et Convertisseur Haute Tension) :

L'électronique de puissance est l'une des branches de l'électrotechnique, elle concerne l'étude des dispositifs (les convertisseurs) permettant de changer la forme de l'énergie électrique.

8-Superviseur chaîne de traction hybride (PTMU)

Power Train Management Unit

Pour privilégier une faible consommation, le PTMU sélectionne, en fonction des sollicitations du conducteur, le meilleur mode de fonctionnement. Ce dernier, est obtenu grâce à l'utilisation, soit du moteur électrique seul, à faible vitesse et lors des décélérations, soit du moteur électrique seul, en parcours routiers et autoroutiers, soit des deux simultanément lors d'accélération franches.

9-Cables électriques Haute Tension :

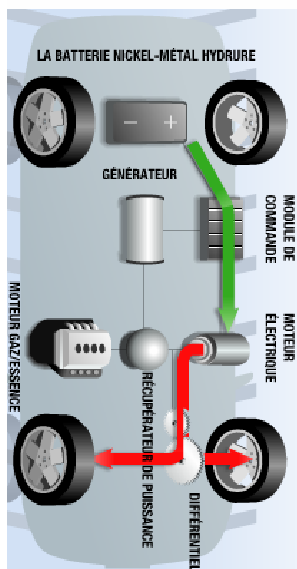
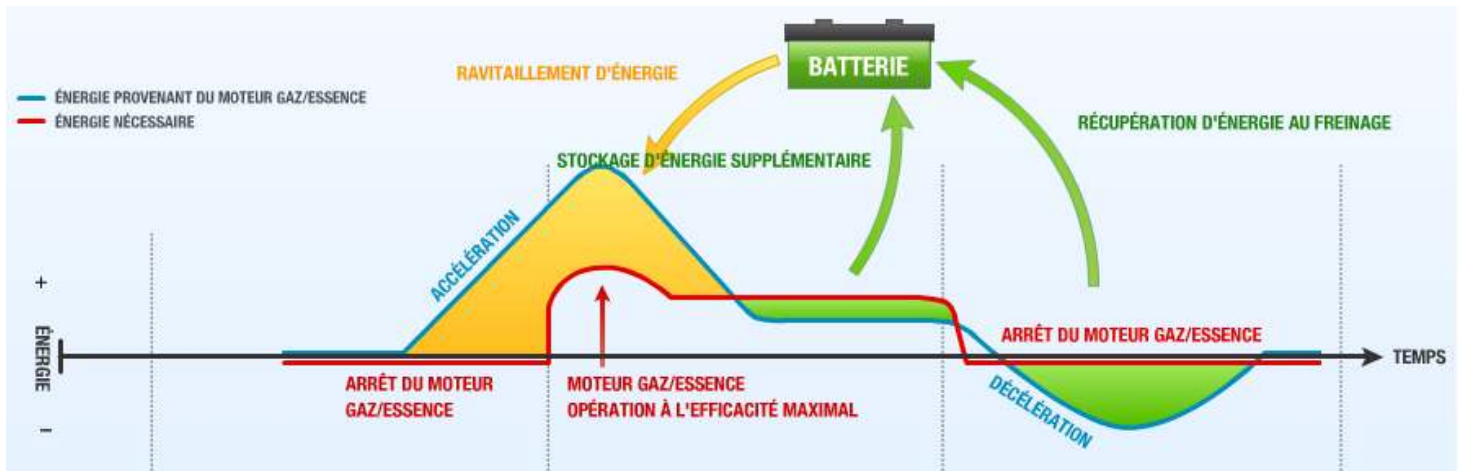
Câble en aluminium ou en cuivre, permettant le transport de grandes quantités d'électricité.

10-Batteries Hautes Tension Ni-MH 288 Volts :

Le pack batterie haute tension est composé de 240 éléments de type Ni-MH (Nickel-Métal Hydrure). Leur puissance d'échange, restitution et absorption, ressort à 23 kW sous une tension nominale élevée de 288 Volts. Leur refroidissement est assuré par des écopes spécifiques récupérant l'air de l'habitacle tout en bénéficiant de la régulation de température de ce dernier.

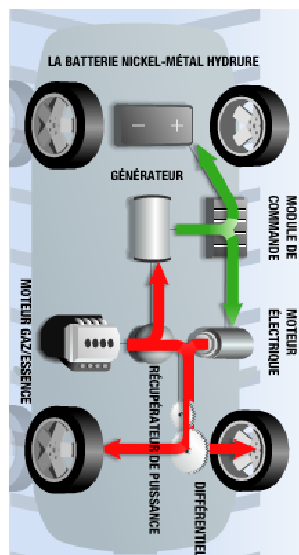
5. Les différents fonctionnements suivant le régime

Le but recherché est une consommation économique du carburant, tout en gardant les mêmes caractéristiques d'une cylindrée "normale". Pour cela les ingénieurs et constructeurs ont déterminé différentes phases (démarrage, vitesse de croisière, freinage=récupération d'énergie). Pour économiser le carburant consommé, un usage sélectif du moteur thermique et électrique a fait naissance.



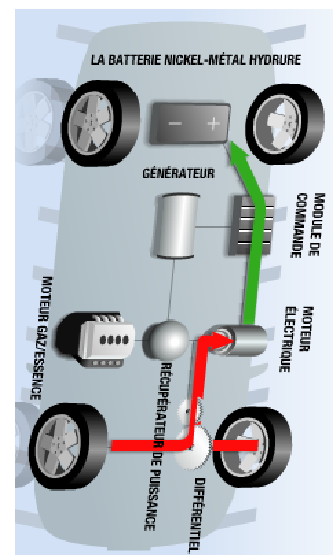
Démarrage

Vitesse basse : le moteur thermique n'est pas assez puissant, seul le moteur électrique est utilisé.



Vitesse de croisière

Le moteur thermique est efficace pour la rotation des roues mais aussi pour alimenter le générateur qui lui va alimenter le moteur électrique ou la batterie.



Récupération d'énergie

Décélération ou freinage, récupération de l'énergie cinétique de la rotation des roues en faisant fonctionner le moteur électrique en tant que générateur pour recharger les batteries.

6. Avantages et inconvénients

Les systèmes hybrides font de plus en plus parler d'eux, en effet ils se répandent petit à petit sur le marché commercial. Nous trouvons certes de nombreux avantages, mais quelques points restent tout de même à améliorer.

Les avantages sont divers. On trouve le point le plus important, qui est l'économie de carburant, ce qui nous mène aux faibles émissions en ce qui concerne la pollution, mais on trouve aussi comme point positif une conduite agréable et performante.

On se demande, de nos jours, de combien de réserve de pétrole dispose-t-on ? La seule réponse à donner est qu'il faut gérer la consommation de carburant. Les systèmes hybrides jouent un rôle primordial dans cette perspective. En effet, cette technologie combine intelligemment les moteurs électrique et thermique. On a alors une consommation de carburant faible. Prenons un exemple : une voiture hybride X aurait la puissance d'un calibre supérieur tout en consommant comme une cylindrée de taille inférieure ! Le conducteur peut aussi gérer sa propre consommation grâce à la combinaison des moteurs (conduite basse vitesse → usage du moteur électrique, donc pas de pollution).

Les hybrides appartiennent à la catégorie la plus basse des machines polluantes. On a donc affaire à un système propre, qui pourrait résoudre de nombreux problèmes comme la pollution. Les émissions de CO₂ diminuent fortement avec une telle technologie, ainsi que les autres substances contenues dans les gaz d'échappement. La combustion est elle aussi plus efficace et des éléments purifient ces gaz d'échappement.

Les systèmes hybrides ont une très bonne autonomie. Les batteries se rechargent lors de l'utilisation du moteur thermique. En effet, lorsque la voiture fonctionne sur moteur à essence, ce dernier produit de l'énergie qui passe ensuite dans la batterie principale par le biais d'un générateur. Le système de freinage veille aussi à la recharge car une partie de l'énergie cinétique est transformée en énergie électrique.

La conduite est agréable avec une accélération linéaire et puissante. On assiste aussi à une réduction du bruit, qui en fait des voitures quasi silencieuses. Il ne faut pas non plus oublier la souplesse au démarrage grâce à l'utilisation du moteur électrique.

Pour finir, le crédit d'impôt pour l'achat d'un véhicule propre va augmenter, tandis que les propriétaires d'automobiles très polluantes paieront leur carte grise plus cher.

Le point majeur des inconvénients, ou plutôt point à améliorer, est le prix d'un véhicule hybride ! Celui-ci reste bien élevé comparé aux automobiles "classiques". Cependant on pourrait assimiler cette dépense à un effort financier qui sera compensé par l'économie en consommation de carburant.

L'utilisation de pièces supplémentaires, comme la batterie hybride, en font une voiture plus lourde. Hors ville, le moteur électrique est peu ou pas utilisé. Enfin, le bruit quasi-silencieux, émis par un véhicule hybride, peut s'avérer dangereux pour les piétons qui n'entendraient pas le véhicule arriver. [10]

Série : le moteur électrique dirige seul la rotation des roues en utilisant la puissance générée par le moteur thermique.

Parallèle : le moteur électrique et thermique assurent tous les deux la rotation des roues, par contre, c'est le moteur électrique qui recharge la batterie.

Série/parallèle : combinaison du moteur électrique et thermique permettant la rotation des roues en rendant de l'électricité à la recharge de la batterie par l'intermédiaire du générateur.

La consommation : une technologie hybride permet un usage sélectif des moteurs thermique et électrique pour limiter la consommation en carburant, ainsi une baisse de la pollution atmosphérique.

III. Exemple : Hybrid Synergy Drive de Toyota

"Toyota vous propose une nouvelle vision de la technologie hybride. Nous développons des véhicules hybrides qui concilient des attentes jusqu'alors contradictoires : performances remarquables, consommations exceptionnellement faibles, conduite sereine, émissions polluantes réduites. Avec la technologie Hybrid Synergy Drive, c'est un nouveau monde qui s'offre à vous."

Annonce publicitaire Toyota

Nous avons choisi le système Hybrid Synergy Drive (HSD) pour illustrer la technologie hybride associée aux voitures, cependant d'autres grands constructeurs ont leur propre système, similaire à HSD, tel que PSA Peugeot Citroën, et bien d'autres.

Expliquons en quoi un tel système connaît un aussi grand succès, comme avec la Toyota Prius élue voiture de l'année en 2004.

Comme la plupart des voitures hybrides, le système HSD permet l'économie de carburant, des émissions faibles mais aussi une conduite performante quasi silencieuse.

La consommation de la Prius est en moyenne de 4,3l pour 100Km. Ses courbes aérodynamiques sont un facteur important en ce qui concerne la conduite, en effet le véhicule aura un meilleur contact avec l'air.

Toyota sait répondre aux conditions les plus sévères en ce qui concerne les émissions. Ces normes de dépollution sont les AT-PZEV. Ainsi, HSD réduit de 45% les émissions de CO₂, les émissions de gaz d'échappement le sont aussi : plus de la moitié de NO_x/HC. L'émission de CO₂ atteint 104g/Km, ce qui correspond à une des meilleures catégories (voiture polluant peu, nouvelle norme d'étiquetage des machines polluantes : cf. *Annexe C figure 1*) des machines polluantes. Le taux d'émission de NO_x est de 0,01g/Km et le HC de 0,02g/Km. Les solutions adaptées sont : l'économie de consommation de carburant, une combustion efficace et l'utilisation d'éléments pour purifier les gaz d'échappement. Tout ceci permettant d'atteindre un niveau mondial. [8]

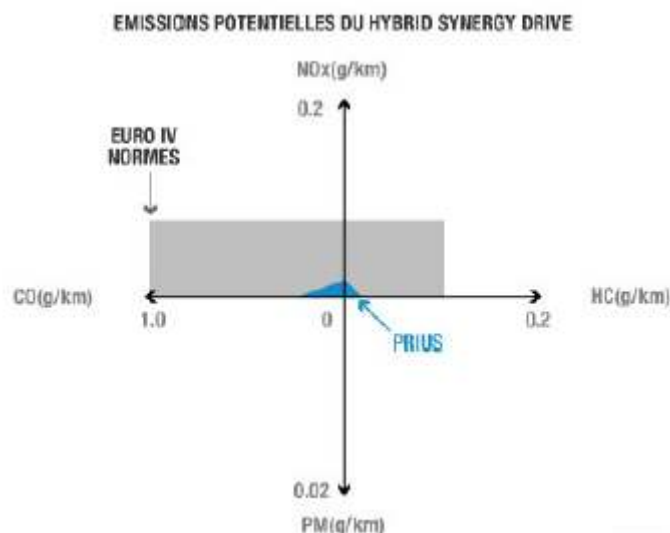


Figure : Emissions potentielles du Hybrid Synergy drive

IV. Perspectives

Les technologies actuelles, dans le domaine de l'hybride, ont suffisamment avancé pour leur entrée sur le marché. Cependant, il reste encore des points à améliorer, comme le problème des coûts dûs à l'usage de composants électroniques. Malgré ces défauts, le paysage automobile Japonais a su adopter les voitures hybrides pour délaisser les véhicules diesels. De plus, les normes américaines sur les émissions de polluants sont particulièrement strictes d'où un effort des constructeurs dans le domaine des hybrides, ce qui incite plus les automobilistes à acheter ce type de véhicules. En Europe, la mentalité est plutôt tournée vers le diesel. Par conséquent, les véhicules hybrides doivent faire face à de nombreuses attentes des automobilistes pour pouvoir percer ce marché : efficacité en terme de consommation et de pollution, ainsi qu'un confort de conduite. Ces attentes correspondent bien à l'étude que nous avons faite précédemment.

Toutefois, d'autres solutions subsistent comme les biocarburants, la pile à combustible (ou moteur à hydrogène), l'énergie solaire,...

Les biocarburants proviennent des végétaux. La prise de conscience sur l'épuisement des ressources pétrolières amène le développement industriel de deux filières : le biodiesel et le bioéthanol. Ils sont incorporés en faible proportion aux carburants fossiles et s'adaptent aux motorisations essence et diesel sans modification. Le biodiesel est extrait des graines de colza ou de tournesol. Additionné au gazole en faible proportion, ses caractéristiques sont comparables à celles du gazole. Les rejets polluants s'en trouvent diminués : environ 22 % de particules en moins. La production de bioéthanol est assurée à partir de betteraves et de blé. Il est composé de 45 % d'éthanol (alcool de blé, de betteraves, de maïs... obtenu par fermentation des sucres) et de 55 % d'iso butylène (dérivé d'hydrocarbures). L'ajout de celui-ci aux carburants fossiles permet d'accroître le taux d'oxygène du carburant et diminue ainsi les rejets polluants à l'échappement de 10 à 15 % (cf. *Annexe D figure 1*).

En ce qui concerne les piles à combustible, celles-ci développent une réaction chimique qui produit un courant à partir d'hydrogène et d'oxygène contenus dans l'air. L'utilisation de celle-ci en fait une technologie respectueuse de l'environnement car elle ne produit que de l'eau. Les piles à combustible sont aujourd'hui hors de prix, notamment parce qu'elles nécessitent des quantités non négligeables de platine (cf. *Annexe D figure 2*).

Pour finir, l'énergie solaire. Comme son nom l'indique, cette technologie utilise l'énergie solaire pour la convertir en énergie électrique par l'intermédiaire de cellules photovoltaïques. Ces cellules constituent des panneaux solaires. L'énergie électrique alimente donc le moteur électrique et permet de recharger la batterie (cf. *Annexe D figure 3*).

Pour conclure, les technologies ont suffisamment progressé ces dernières années pour que la voiture hybride passe du statut de prototype à celui de véhicule de série. [11] [12]

Conclusion

Face à une constante évolution de la pollution atmosphérique, des répercussions sur la santé de l'homme ainsi que sur l'environnement constituent un facteur à prendre en compte. De plus une consommation abondante des énergies fossiles nous a poussé à concevoir un concept innovant en terme de pollution et de consommation qui soit le plus adapté pour répondre à ces attentes. Ce dernier est : les technologies hybrides.

Ingénieurs et constructeurs ont développé les systèmes hybrides par le biais de l'association d'un moteur thermique à celui d'un moteur électrique. Cette fusion a permis de répondre à certains problèmes que pose la voiture traditionnelle, comme les émissions de gaz, la nuisance sonore, la consommation... Pour faire face à ces problèmes écologiques, des normes sévères ont été établies. Les véhicules hybrides appartiennent donc aux classes de machines les moins polluantes, ils répondent donc à ces principes. En effet, à faible régime, une automobile classique consomme beaucoup plus qu'un véhicule hybride, celui-ci n'utilisant que son moteur électrique en ville et ne polluant donc pas. Une des solutions envisagées pour cesser complètement la pollution est le tout électrique. Cette dernière fait ses preuves en milieu urbain mais est un inconvénient sur route ; la technologie hybride, permet un confort en tout milieu.

D'autres technologies ont été mises au point pour contrer la pollution telles que les biocarburants, les piles à combustibles et énergie solaire. Ces dernières n'arrivant pas à percer ou n'étant pas encore d'actualité, la solution la plus prometteuse à nos yeux semble alors être la technologie hybride. Nous nous sommes alors appuyés sur un exemple actuel : Hybrid Synergy Drive.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] La France de l'automobile
Jean-Louis Simmonet & Valérie Guidoux
Edition Gallimard
- [2] Techniques de l'ingénieur (B2710)
- [3] http://www.ifp.fr/IFP/fr/decouvertes/cles/automobile/moteur_conv/index.htm#1
- [4] <http://dispourquoipapa.free.fr/loisirs/lo0008.htm>
- [5] http://www-ose.cma.fr/evenements/2000/technologies_electrique.htm
- [6] Le véhicule électrique gagne le cœur de la ville
Roland Wolf
Edition Centre français de l'électricité (2^{ième} édition - 1999) Les guides CFE
- [7] <http://automobile.nouvelobs.com/mag/030324/electroad/default.asp>
- [8] <http://www.hybridsynergydrive.com/fr>
- [9] www.psa.fr
- [10] <http://www.lalibre.be/moteurshybrides/avinc.html>
- [11] http://www-ose.cma.fr/evenements/2000/technologies_electrique.htm
- [12] http://www.ifp.fr/IFP/fr/fichiers/cinfo/IFP-Panorama05_08-VehiculesHybridesVF.pdf

Presses :

Science & vie :

- N° 1040 (Mai 2004)
- N° 1047 (Décembre 2004)
- N° 1048 (Janvier 2005)

Enjeux Les Echos N°120 (Décembre 2005)

20 Minutes (2005/2006)

Sites Internet :

<http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/ministere/environnement/climat/gaz.asp>

www.wikipedia.fr

www.google.fr

Documentations :

Techniques de l'ingénieur (B2711)

The 2002 Ohio State University Future Truck – The BuckHybrid002

ANNEXE A

Introduction

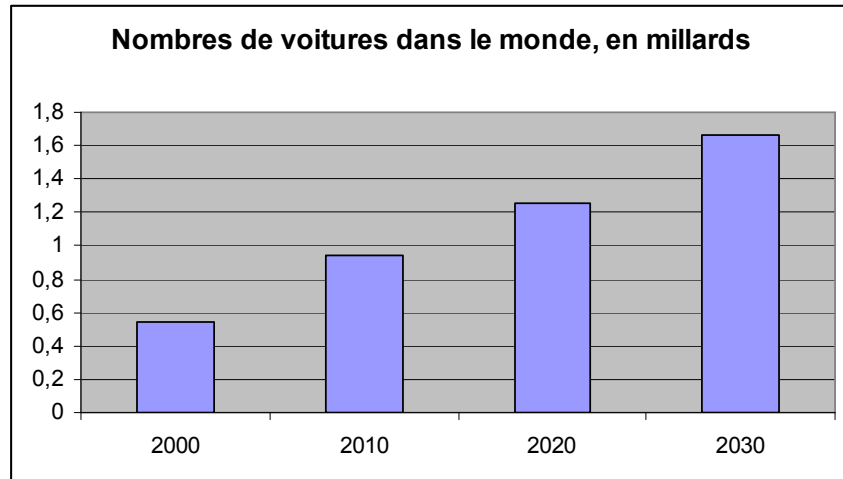


Figure 1 : Nombres de voitures dans le monde

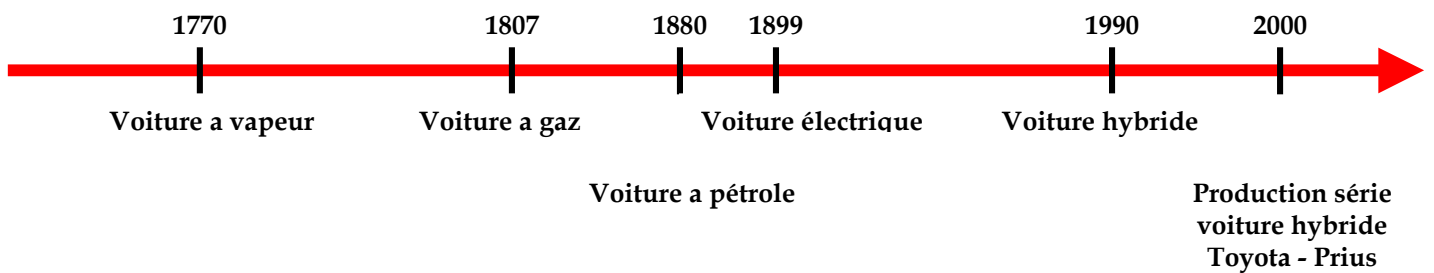
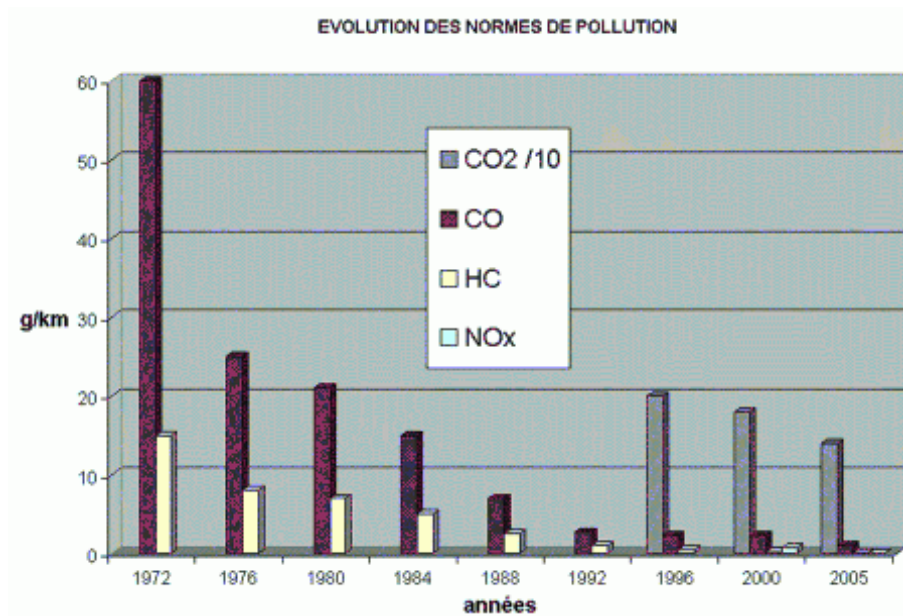


Figure 2 : Evolution des véhicules automobiles

ANNEXE B

Les pollutions dues aux moteurs thermiques



N.B : 1996 prise en compte du dioxyde de carbone (CO₂).
2000 prise en compte des oxydes d'azote (NO_x).

Figure 1 : Evolution des normes de pollution

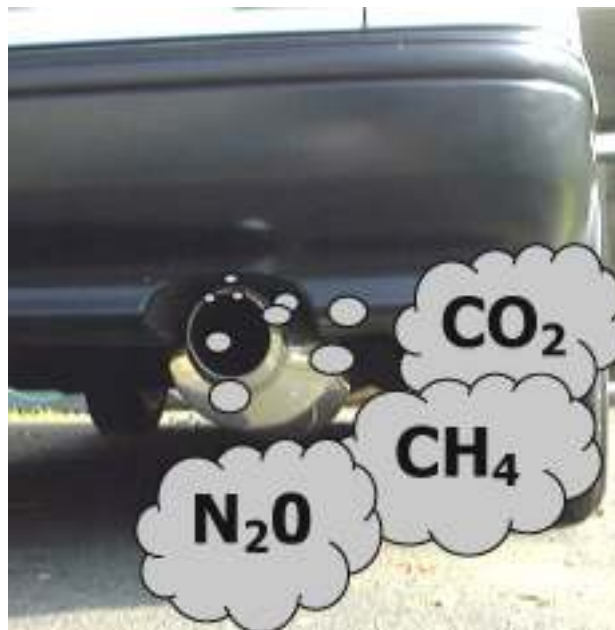


Figure 2 : Emissions des gaz d'échappement

ANNEXE C

Hybrid Synergy Drive

Émissions de CO₂ faibles



Émissions de CO₂ élevées

Figure 1 : Catégories des machines « polluantes »

ANNEXE D

Perspectives



Figure 1 : Biocarburants

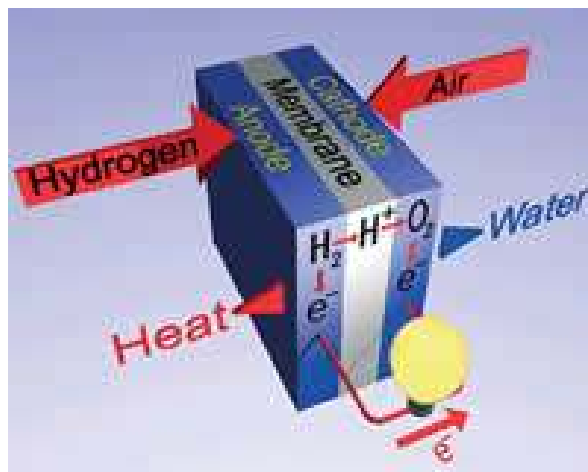


Figure 2 : Pile à combustible

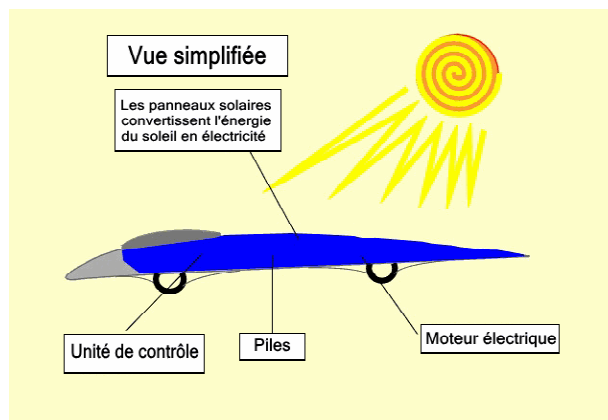


Figure 3 : Energie solaire

ANNEXE E

Plaquettes Honda et Toyota