

# ÉVOLUTIONS AUTOMOBILES

Ce dossier est édité par l'Observatoire de  
L'Association Nationale pour la Formation Automobile

**Service études et prospectives**

**2, Rue Capella**

**44483 CARQUEFOU CEDEX**

**02.28.01.08.01**

observatoire@anfa-auto.fr

A participé à cette édition :

**Jocelyn GOMBAULT**

Avec le concours de **M. Serge CABANEL**



Edition 01/2007, Carquefou (44)

61 pages

# TABLE DES MATIERES

Evolutions automobiles	2
Table des matières	3
Lexique	5
Résumé	8
Prologue	10
I. Situation du parc automobile français	10
1. Parc et immatriculations	11
2. L'inexorable poussée du diesel	13
3. L'âge moyen du parc : plus de 7 ans et demi	14
4. Augmentation de la puissance des véhicules.	14
5. La consommation en essence stagne.	15
II. Impact d'une innovation technologique sur les métiers	17
1. L'évolution chronologique d'une innovation.	17
2. Intégration des innovations par les entreprises et les salariés.	19
Partie 1 : Les moteurs de l'évolution technologique automobile	22
I. L'environnement et la consommation	22
A. Normes et palmarès	22
1. La réglementation européenne sur les émissions de COV	22
2. Les règlements européens Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV et Euro V.	23
3. Le palmarès ADEME	24
B. Améliorations du moteur thermique	24
1. Injection directe, gestion des soupapes d'admissions, contrôle de la combustion.	24
2. Rationaliser le fonctionnement des véhicules en remplaçant la mécanique et l'hydraulique par l'électronique.	27
3. Les solutions de post-traitement	28
C. Environnement : autres solutions	30
1. Solutions électriques : l'alternateur réversible (alternateur démarreur)	30
Des carrosseries plus légères : l'aluminium.	31
2. L'amélioration de la climatisation	31
D. Alternatives au moteur « tout thermique » à essence	31
1. La motorisation hybride	32
2. La pile à combustible / véhicules à hydrogène	32
3. La voiture électrique	33
4. Biocarburants	34
II. La sécurité	36
A. Les crash-tests Euro Ncap	36
B. Evolutions automobiles de sécurité	36

1. Sécurité Active	36
2. Sécurité passive	37
III. Le confort des usagers	39
IV. La fiabilité	41
A. Les palmarès	41
1. Les classements de fiabilité JD-Power	41
2. Les statistiques du Contrôle Technique (UTAC-OTC)	42
B. Impact sur les compétences en atelier	43
C. Garanties anti-corrosion	44
V. Multiplication de l'électronique embarquée.	44
A. Conséquence des innovations automobiles : le passage de 12 à 42 volts.	44
B. Le carrossier et l'électronique embarquée	45
Partie II : un frein à l'évolution technologique - le prix	46
Partie III : Evolution de l'équipement de garage	48
I. L'outillage de diagnostic	48
A. Les outils des constructeurs	48
B. Les outils multimarques	49
II. Autres outils de garage.	50
Conclusion :	51
Annexes	53
I. Comment marche une automobile ?	53
Présentation des composants :	54
Le moteur 4 temps	54
II. Comment recherche-t-on une panne ? ( <i>Réalisation GNFA</i> )	57

## 1

1400-2002, 20

## 4

42 volts, 44, 45

## A

ABS, 37

Acier Haute Limite Elastique, 38

actionneurs, 37, 39

Adblue, 29, 51

ADEME, 15, 22, 24

airbags, 37

Airless, 22

alliages à mémoire de forme, 38

alternateur réversible, 30

alternateur démarreur, 30

aluminium, 31, 38

ammoniac, 29

appareil de géométrie FACOM Touchless, 50

arbre d'entrée, 55

arbre de sortie, 55

autoroute automatique, 40

Autosar, 43

## B

Batscap, 33, 34

batterie, 32, 33, 44, 53

Biocarburants, 34

Biodiesel, 35

bloc d'allumage, 53

Blue Car, 33, 34

bobine, 53

boîte de vitesse séquentielle, 28

Boite de vitesses robotisée, 28

bougie, 25, 53

BY WIRE, 27

## C

CAI, 27

calculateur, 28

calculateurs, 40, 48, 49

Camless, 27

capot actif, 37

capteur, 18, 28, 37, 39, 40, 45

cardans, 56

cartech, 45

catalyse quatre voies, 29, 30

catalyse trois voies, 28, 30

CFC-12, 31

chambres de combustion, 53

City Safety, 37

climatisation, 17, 31, 39, 50

climatisation au CO<sup>2</sup>, 17, 31

Clip, 49

CO Voir Monoxyde de Carbone

CO<sub>2</sub>, 24

combustion, 24, 26, 27, 28, 30, 53, 55

Common Rail, 26

ConnectedService, 40

consommation, 15, 16, 22, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 45

Contrôle Technique, 24, 42

courroie, 55

crémaillère, 56

## D

D-CAT, 30

débosselage sans peinture, 38, 44

débrayage, 55

delco, 53

Diag 2000, 49

diagnostic accompagné, 49

diesel, 13, 14, 16, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 45, 47,  
54  
Diester, 35  
différentiels, 56  
distributeur, 53  
double embrayage, 28  
DPNR, 30  
Drive by wire, 27  
DS 800, 50

## E

E85, 34  
EGR, 30  
électronique embarquée, 44, 45  
électrovannes, 24  
EMHV, 35  
émissions de COV, 22  
EMLScan, 21  
essence, 15, 16, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 45,  
51, 53, 55  
ETBE, 34  
éthanol, 34, 51  
Euro I, 23  
Euro II, 23  
Euro III, 23  
Euro IV, 23  
Euro Ncap, 36  
Euro V, 23  
Euro-Box, 49  
Euro-Diag, 50

## F

FAP Voir Filtre à Particules  
FFV, 34  
filtre à particules, 14, 23, 29  
Flexibles Fuel Vehicles, 34  
follow me home, 39  
Frein by wire, 27  
freins automatiques, 37  
full hybrid, 32

## G

gamme, 14  
garanties, 51  
Garanties anti-corrosion, 44  
GPLc, 51  
GPS, 40  
guidage optique, 40

## H

HC Voir Hydrocarbures  
HCCI, 26  
HFC-134a, 17, 31  
HLE, 38  
HVLP, 22  
hybride, 32, 34  
hydrocarbures, 23  
hydrogène, 32, 33, 51

## I

IFP, 26  
info route en temps réel, 40  
injection directe, 24, 25, 26, 30

## J

JD-Power, 41, 42

## K

kilométrage, 14  
KTS, 50

## L

Lexia, 49  
libre diffusion des informations technologiques, 20  
lithium métal polymère, 33  
Logan, 46, 47  
low cost, 47

## M

monoxyde de carbone, 23, 28  
motos, 28

Multi-Di@g, 50  
multiplexage, 44

## N

NADI, 26  
NOx Voir Oxydes d'azote

## O

outil de diagnostic, 45, 48, 49  
oxyde d'azote, 23, 27, 28, 29

## P

papillon électronique, 28  
pare-brise, 39  
particules, 23, 27, 29, 30  
peinture solvantée, 22  
peintures « cicatrisantes, 38  
peintures hydrodiluable, 22  
pièges à NOx, 29  
pile à combustible, 32, 33  
pistolets d'application basses pressions, 22  
piston, 25, 26, 27, 53, 54  
Plug'in Hybrid, 32  
Pneumatique sans air, 41  
post-traitement, 28  
pot catalytique, 23, 28  
PPS, 49  
prétensionneurs, 37, 38  
Proxia, 49  
puissance, 15

## Q

Quickshift, 28

## R

rampe commune, 26

Recall, 40  
Réception automatisée, 40

## S

SCR, 29  
sécurité active, 36  
sécurité passive, 36  
Sensodrive, 28  
soudage par point, 38  
soupape, 53  
soupape d'échappement, 55  
soupapes d'admissions, 24  
station de climatisation, 50  
Stop and Start, 30  
SUV, 14, 24

## T

télédiagnostic, 49  
THLE, 38  
Throttle By-Wire, 28  
Tiptronic, 28  
transmission, 54  
Transmission by wire, 28  
Tweel, 41

## U

UHLE, 38  
urée, 29, 51  
UTAC, 24, 42

## V

vannes EGR, 30  
Verrouillage automatique des portières, 39  
Vision tête haute, 39  
voiture électrique, 33

### Une bipolarisation du marché

Les ventes de véhicules de gamme moyenne chutent et profitent d'un côté aux véhicules low cost et aux véhicules d'occasion et de l'autre aux voitures de prestiges induisant un marché de l'automobile en « sablier » (un marché de la réparation en sablier ?).

### La carrosserie change.

- L'organisme EuroNcap incite les constructeurs à créer des véhicules qui favorisent de plus en plus leur destruction en cas de choc ; ce qui tend à limiter les activités du carrossier (VHU).
- Les technologies de carrosserie peinture (tôles à mémoires de forme, peintures cicatrisantes), les garanties anti-corrosions et de nouvelles techniques de réparations (coussins d'air gonflés sous la tôle) ouvrent de nouveaux débouchés au débosselage sans peinture et limitent les débouchés de la carrosserie traditionnelle (pointeuses très coûteuses, garanties anti-corrosion supprimées).

### L'électronique plus fiable ?

- Les pannes électroniques récurrentes (vannes EGR encrassées, calculateurs de mauvaises qualité...) engendrent aujourd'hui une activité conséquente pour les techniciens-électroniciens dans les ateliers des réparateurs.
- Le succès commercial des marques de voitures fiables (Toyota, Honda, BMW) incite toutefois les marques françaises à élever la qualité et la compatibilité des composants électroniques des véhicules (Plan Renault 2009 ; Dispositif Autosar...)

### Automatiser ce qui peut l'être pour assister la conduite.

- La tendance des travaux de recherche sur les technologies automobiles est que les automates prennent le contrôle du véhicule à la place du conducteur. Cette tendance sera progressive pour ne pas créer de chocs culturels et règlementaires.
- La nécessité de mettre en main un véhicule à son utilisateur s'accroît avec ces technologies.
- L'automatisation induira la suppression des derniers organes mécaniques d'une voiture (technologie by wire).

### Moins de pollution.

- Pour répondre aux normes Européennes Euro V et Euro VI, la piste de l'amélioration du moteur thermique traditionnel et des solutions de post-traitement est privilégiée par les constructeurs.
- Le développement des énergies alternatives (Hydrogène, Ethanol, Biodiesel) ne se fera qu'à partir d'une incitation suffisamment conséquente de l'Etat.

## L'ère du service.

- L'informatique permet d'automatiser de plus en plus d'activités du réceptionnaire.
- Le couplage des technologies de télécommunications avec les calculateurs permet de prévenir l'automobiliste de ses besoins en entretien et de le rendre plus captif d'un réseau.
- Les services à domicile sont également en plein développement (pare-brise, carrosserie pour les flottes).

**Dans l'automobile, ces innovations engendrent progressivement un passage de l'ère de l'électronique à l'ère du logiciel** (bugs et hackers compris).

# PROLOGUE

Le présent dossier est destiné à vulgariser les évolutions technologiques automobiles auprès d'un public non spécialiste. Il vise à faire le point sur ces évolutions en 2007 et est destiné à actualiser un dossier réalisé par Valérie Chiron en 2000 qui sert encore à ce jour de référence pour de nombreux services de l'ANFA.

Ce dossier ne vise pas à l'exhaustivité des innovations ; il en sélectionne toutefois certaines : celles qui sont médiatiquement les plus connues et un panel d'innovations qui ont eu, ou, qui pourraient engendrer des activités dans les ateliers des réparateurs automobile.

Ce dossier a été relu par un responsable de filière du GNFA afin d'éviter les inexactitudes. Il n'est toutefois en aucun cas un ouvrage de référence technologique.

Avant de pouvoir identifier des innovations technologiques, il est nécessaire de connaître a minima le fonctionnement d'une automobile. Le lecteur qui ne maîtriserait pas le fonctionnement de base d'une automobile est invité à se rendre en annexe.

Les automobiles évoluent, tant par leurs innovations technologiques que par des causes structurelles. Ce dossier est l'occasion de faire le point sur la situation du parc et des immatriculations automobiles en France.

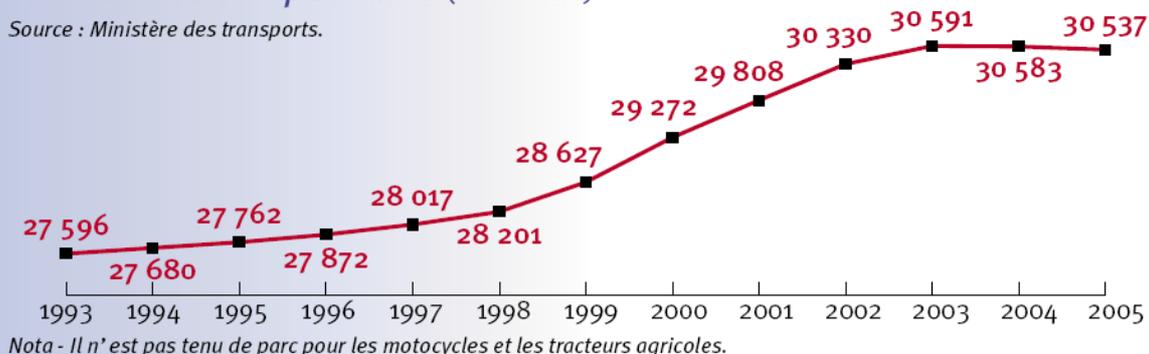
## I. SITUATION DU PARC AUTOMOBILE FRANÇAIS

Une enquête de la SOFRES traitée par le CCFA et l'INRETS (L'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité) permet chaque année d'évaluer la situation du parc et des ventes d'automobile en France. L'ensemble des données présentées ci-dessous en sont issues.

## 1. Parc et immatriculations

### Évolution du parc de véhicules particuliers de moins de 15 ans en France métropolitaine (en milliers)

Source : Ministère des transports.

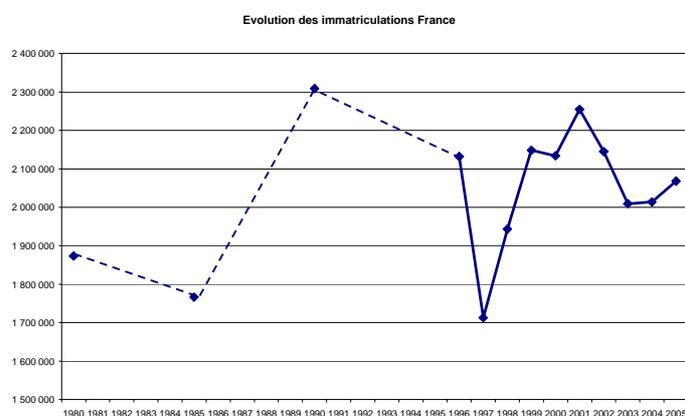


Source ANFA Observatoire Poster « La Branche des Services de l'Automobile »

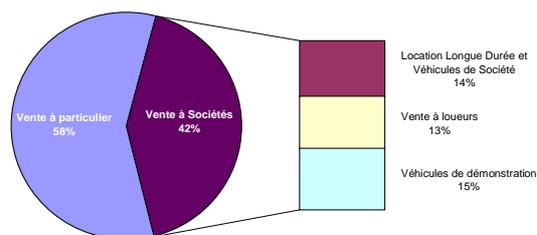
Le **parc automobile en circulation** est composé de plus de 30 millions de véhicules particuliers. Environ 28 millions de véhicules (93%) appartiennent à des particuliers et 2 millions (7%) appartiennent aux sociétés et administrations.

Parmi les particuliers, un tiers des véhicules appartient à la PCS « Employé » et 15% à la PCS « retraités ». Parmi les sociétés, près de la moitié des 2 millions de véhicules est constitué de véhicules de location.

Depuis trois années, le parc automobile de VP de moins de 15 ans diminue légèrement.



Répartition des ventes de VP neufs en 2006 (source l'Argus 12 oct. 2006)

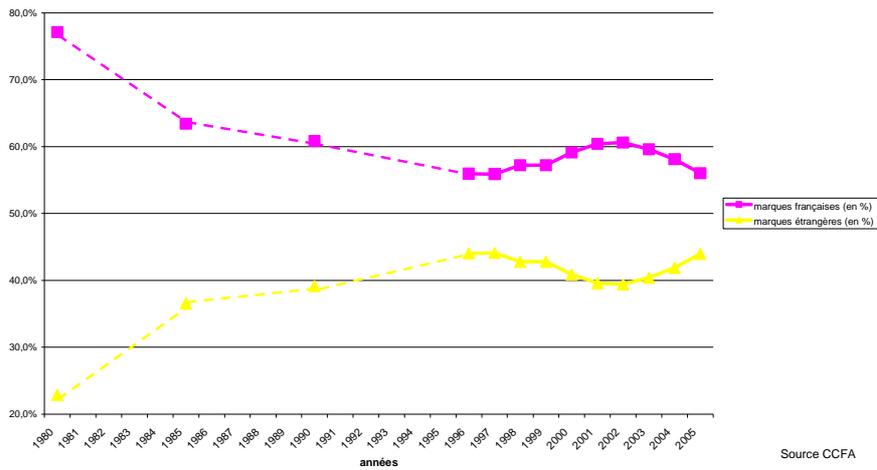


Source CCFA : véhicules particuliers neufs uniquement

Les **immatriculations** annuelles de Véhicules Particuliers neufs représentent un peu plus de 2 millions d'automobiles en 2005. Un peu plus de la moitié (58%) sont achetés par des particuliers et 42% par des sociétés ou flottes.

En terme d'évolution, l'industrie automobile a connu une baisse importante de ses immatriculations en 1997. La tendance actuelle est à la légère hausse.

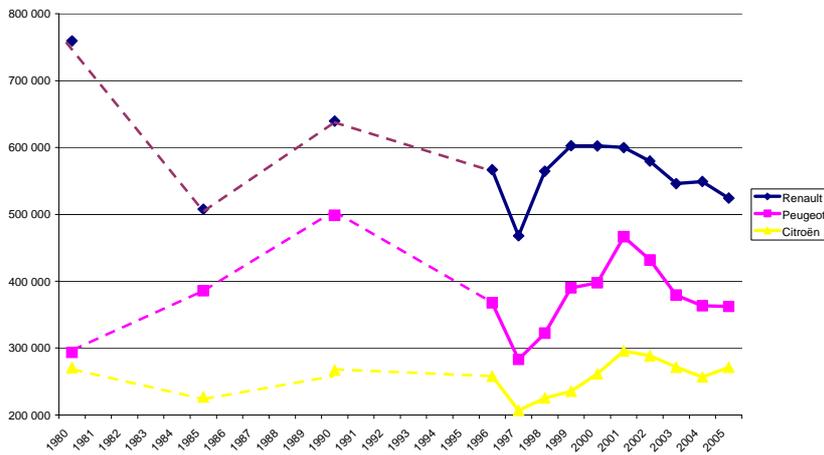
### Immatriculations de véhicules par origine de la marque



Source CCFA

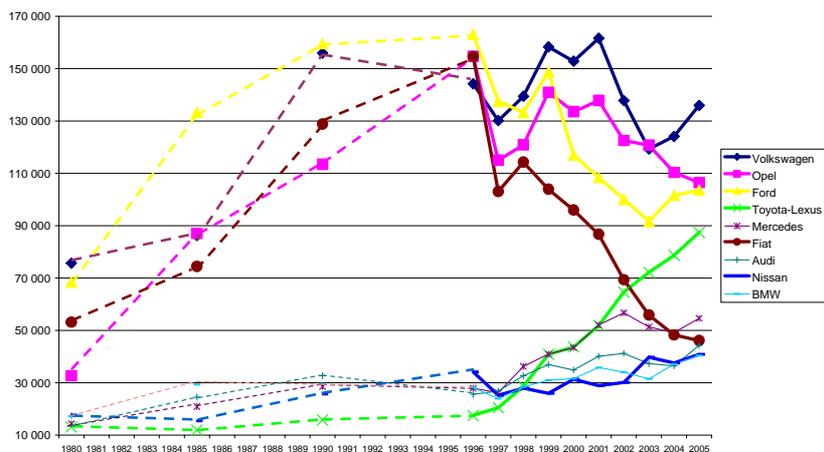
Les marques étrangères représentent en 2005, 44% des immatriculations de véhicules neufs. Elles n'en représentaient que 23% en 1980.

### Evolution des immatriculations des trois marques françaises



Source CCFA

### Evolution des immatriculations des neuf premières marques étrangères



Source CCFA

En terme d'évolution des immatriculations de VN, on peut distinguer trois groupes de marques :

- Les trois marques françaises suivent une évolution parallèle depuis 1990. La tendance pour ce groupe est plutôt à la baisse des immatriculations.
- Le second groupe est composé des quatre marques généralistes européennes : Opel, Ford, Volkswagen et Fiat ; Après une phase de pénétration du marché jusqu'en 1996, elles s'orientent plutôt à la baisse depuis cette date. Fiat est passé de la place de 5<sup>e</sup> vendeur de voiture en 1996 à la 9<sup>e</sup> place en 2005. Depuis 1998, Volkswagen est la première marque de voitures étrangères immatriculées en France.
- Le troisième groupe en plein essor est composé d'une part des marques de prestige Audi, BMW et Mercedes et d'autre part des marques japonaises Nissan et Toyota. Les marques de prestige ont été poussées par la croissance des ventes de véhicules de société (près d'une Audi sur trois est vendue à des sociétés ou en LLD). Toyota a septuplé ses immatriculations en moins de 10 ans (de 1996 à 2005) et représente aujourd'hui le 7<sup>e</sup> constructeur sur le territoire français.

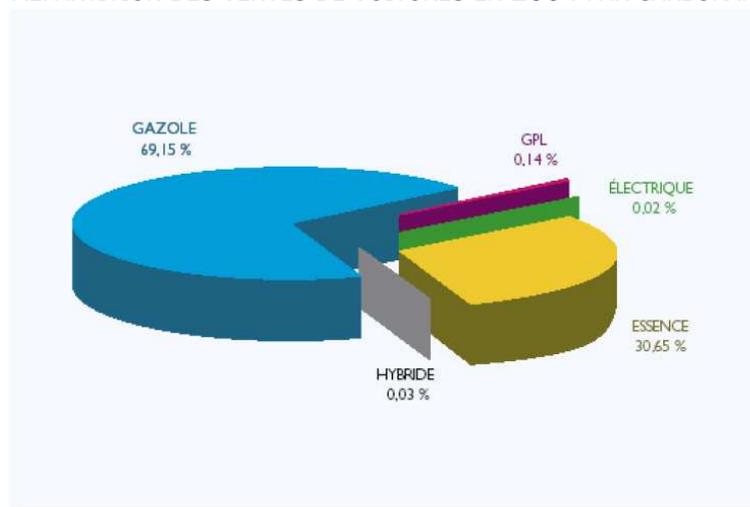
Les chiffres des immatriculations sont relatifs : les constructeurs et importateurs peuvent « corriger » leurs volumes d'immatriculations grâce aux ventes à société et aux véhicules de démonstration. Ainsi près d'une Opel sur trois est vendue à des loueurs de courte durée pour seulement 10% des Toyota. Un tiers des Skoda sont des véhicules de démonstrations dont la première vente à particulier se fera sous la forme d'un véhicule d'occasion.

Toyota est en réalité le 5<sup>e</sup> vendeur de véhicules neufs à particuliers sur le marché français (devant Opel et Ford) et non le 7<sup>e</sup>.

## 2. L'inexorable poussée du diesel

En **2004, les véhicules diesel représentaient plus des deux tiers des ventes d'automobiles en France.** En 1990, ils n'en représentaient qu'un tiers et en 1980, ils ne constituaient que de 4% des ventes.

REPARTITION DES VENTES DE VOITURES EN 2004 PAR CARBURANT



*Graphiques extraits du rapport parlementaire 2757 « Sur la définition et les implications du concept de voiture propre » du 14 décembre 2005.*

Le diesel représente donc en 2005, **49% du parc** automobile français.

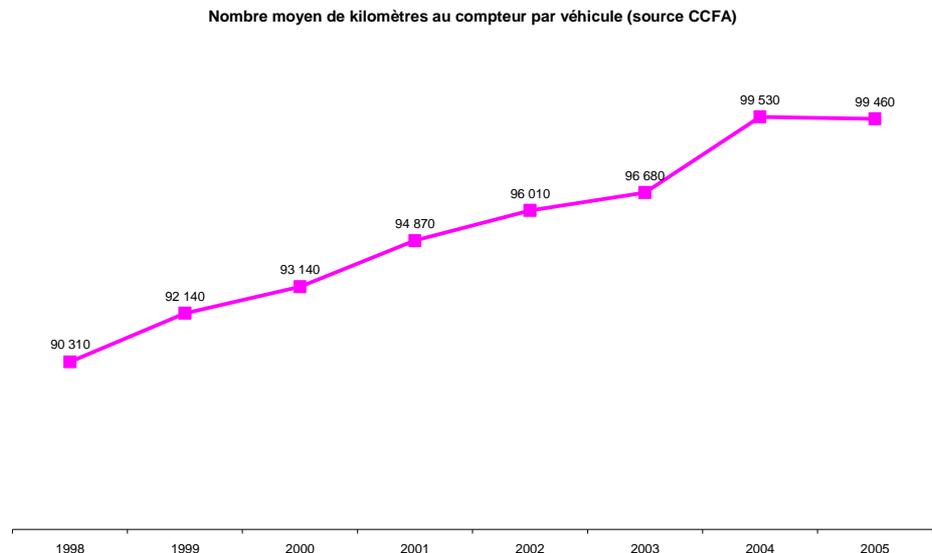
Cette percée du diesel pose question car, comme le souligne un technicien expert diesel du GNFA, le carburant diesel est destiné aux grands rouleurs ; on considère qu'en dessous de 20 000 km par an, l'utilisation d'un véhicule diesel n'est pas conseillée en termes de retour sur investissement et surtout de pannes : actuellement de nombreuses pannes sur les véhicules diesels (notamment sur filtres à particules) proviennent notamment d'une insuffisance d'utilisation du véhicule.

### 3. L'âge moyen du parc : plus de 7 ans et demi

En dix ans, de 1995 à 2005 **l'âge moyen des véhicules est passé de 6,6 ans à 7,6 ans**. Le parc de voiture continue à vieillir et accélère son vieillissement (il était de 6,2 ans il y a 20 ans en 1985).

Corrélativement, **la part des véhicules achetés neufs passe de 55% en 1980 à 40% en 2004**.

De même, **le kilométrage moyen des véhicules en circulation croît** d'environ 1% par an. Si le kilométrage moyen semble stagner en 2005, c'est en raison d'une stagnation du parc de véhicules et d'une



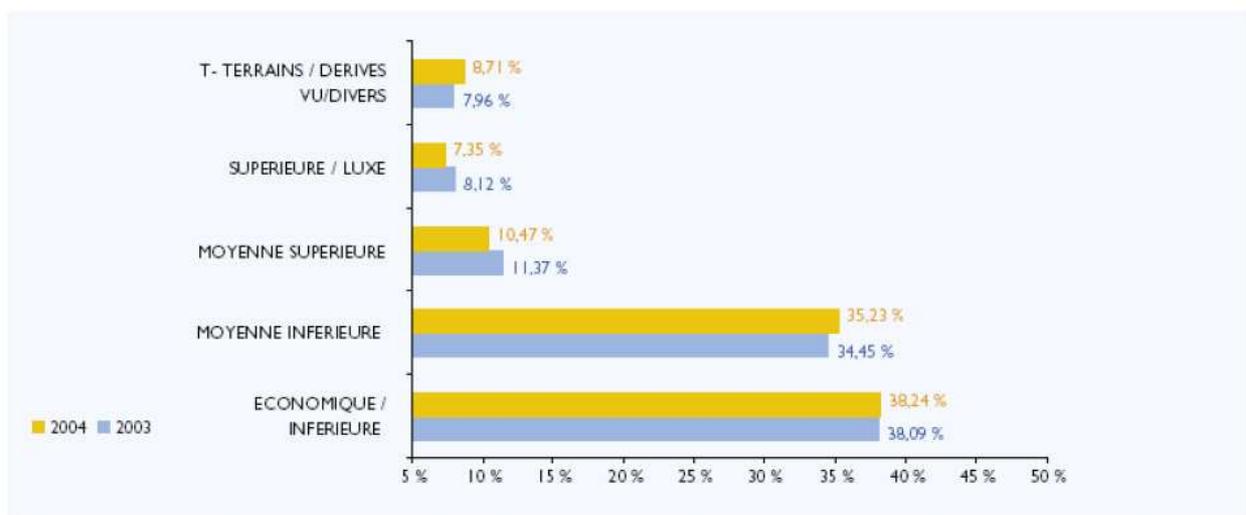
plus faible utilisation de la voiture due au prix du pétrole (et non en raison d'un renouvellement du parc) qui a engendré une diminution des trajets maison-travail (61% des véhicules étaient utilisés pour le trajet domicile travail en 2003 pour 55% en 2005.)

### 4. Augmentation de la puissance des véhicules malgré la baisse des ventes de grosses berlines.

Contrairement à une idée couramment admise, **les ventes de véhicules des gammes moyennes et économiques croissent** au détriment des véhicules de gamme supérieure et moyenne supérieure. Même si les SUV (Sport Utility Vehicle : les 4x4) progressent et représentent désormais 8,4% de parts de marchés, cela n'impacte pas le développement des gammes économiques et gammes moyennes inférieures. La France constitue à cet

égard une exception sur le sol européen et il semblerait que le « culte de la grosse berline » y soit moins développé que dans les pays voisins.

#### PART DE MARCHE DES VEHICULES PAR SEGMENTS (2003 – 2004)



Graphique extrait du rapport parlementaire 2757 « Sur la définition et les implications du concept de voiture propre » du 14 décembre 2005

Il n'en demeure pas moins que la **puissance moyenne des véhicules a progressé** de +38% entre 1984 et 2003 selon l'ADEME. Ce phénomène est dû aux besoins énergétiques des équipements de confort, de sécurité, aux dispositifs anti-pollution (ce qui peut sembler paradoxal) et au poids croissant du véhicule (+300 kg en moyenne entre 1984 et 2003).

## 5. Malgré la croissance du parc et la puissance des véhicules, la consommation en essence stagne.

Consommation globale d'énergie des voitures particulières (en milliers de tep : tonne équivalent pétrole)

Années	1973	1979	1990	1995	2000 <sup>(1)</sup>	2001	2002	2003	2004
Essence, super et GPL	12 966	14 804	17 696	15 351	13 969	13 711	13 182	12 400	11 647
gazole	481	1 429	4 483	7 866	10 344	11 275	11 768	12 306	12 648
Total	13 447	16 033	22 179	23 217	24 313	24 986	24 951	24 706	24 294

Source : estimations CPDP - SESP. Il s'agit des consommations effectuées sur le territoire national.

\* à partir de 2000, modification des densités

Consommation moyenne de carburant des voitures particulières (en litres)

Années	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Consommation annuelle par véhicule	963	954	949	925	906	899	894
Consommation moyenne aux 100 km	8,3	7,8	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2
Dont super	8,7	8,5	8,1	8,2	8,1	8,0	7,8
Dont gazole	6,7	6,7	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6

Sources : ADEME, OE/SESP (panel SECODIP) : 3 000 voitures particulières dont les conducteurs notent en permanence les achats de carburant.

Malgré l'augmentation du parc de véhicules français et son vieillissement, **la consommation en carburant des automobiles françaises est bloquée sous la barre**

**des 25 millions de « tonnes-équivalent-pétrole » (tep) depuis 2000** grâce à la diminution de la consommation moyenne au 100Km des véhicules particuliers qui décroît de près d'un litre au cent pour les véhicules essence de 1990 à 2004.

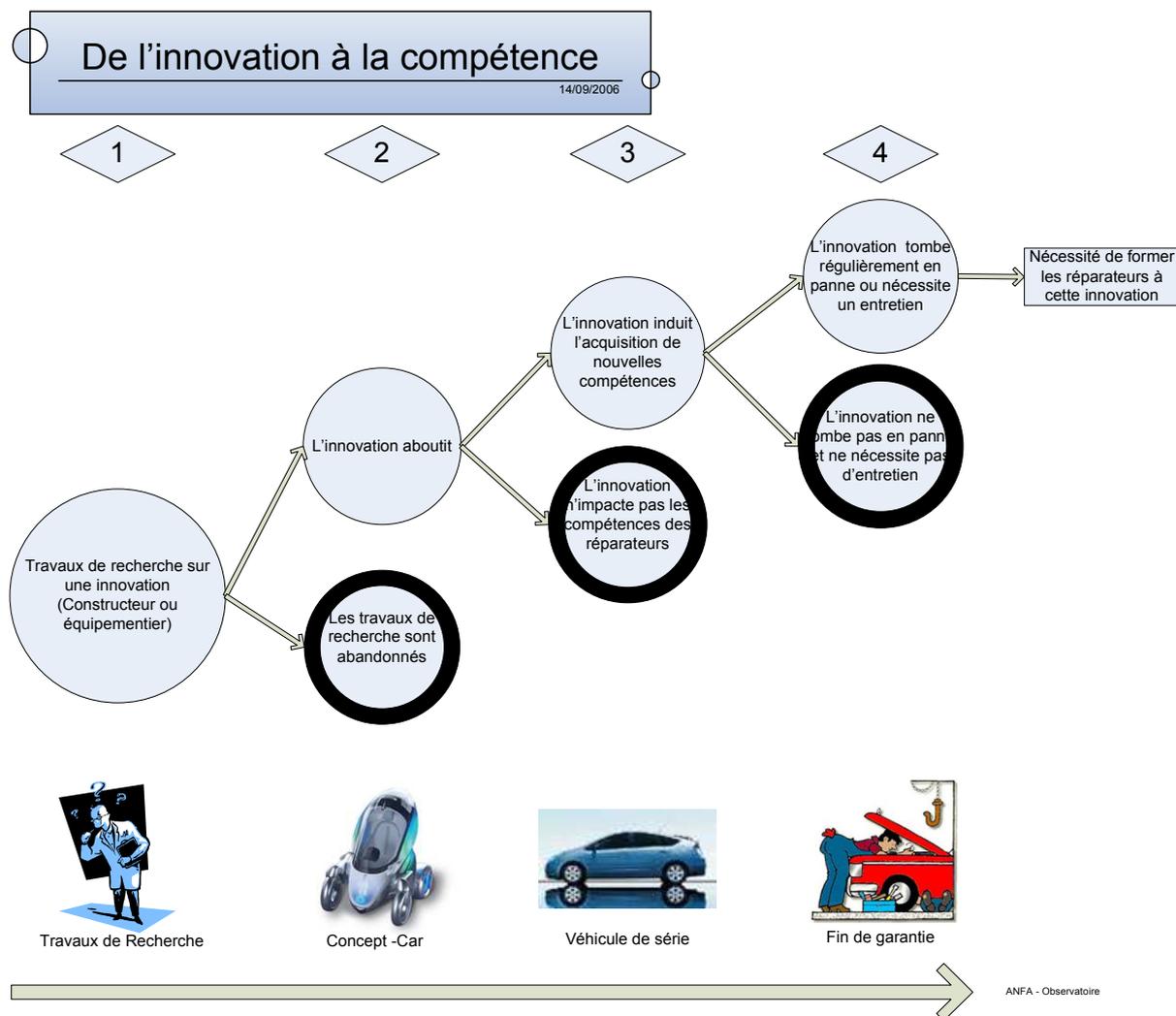
La consommation des véhicules diesel étant plus faible que la consommation des véhicules essence, la croissance du parc diesel a permis également une diminution du volume de carburant consommé.

En résumé : les véhicules du parc automobile roulant :

- Sont de plus en plus puissants,
- Sont de plus en plus lourds,
- Sont de plus en plus âgés,
- Se situent de plus en plus sur la gamme économique.
- Utilisent de plus en plus un carburant Diesel.
- Et grâce à ces deux derniers points : consomment de moins en moins de carburant.

## II. IMPACT D'UNE INNOVATION TECHNOLOGIQUE SUR LES METIERS

### 1. L'évolution chronologique d'une innovation.



Une innovation technologique automobile suit 4 étapes fondamentales :

◆ **Phase 1 : les travaux de recherche** des équipementiers et des constructeurs. Leurs directions à la communication diffusent leurs thèmes de travail très tôt à la presse spécialisée. Celle-ci divulgue donc très rapidement les principes de l'innovation dans ses colonnes : les équipementiers sont notamment fréquemment en recherche de partenaires d'investissement sur leurs innovations. Parmi ces innovations, certaines ne verront jamais le jour : on peut citer l'exemple de la climatisation au CO<sup>2</sup> présenté par la presse ou Internet comme la solution alternative à la climatisation au HFC-134a mais dont le projet a été finalement abandonné par Renault.

◆ **Phase 2** : l'innovation aboutit. En règle générale, elle voit le jour sur un **concept car**. A ce moment là, il est possible de savoir si l'innovation est susceptible d'affecter les

connaissances des techniciens dans les ateliers. Certaines innovations technologiques n'impacteront pas les réparateurs soit parce qu'il s'agit d'une ancienne innovation appliquée à un nouveau système (un nouveau capteur par exemple) ; soit parce que le réparateur n'a pas accès à la réparation de l'innovation (il doit par exemple, en cas de panne, réaliser un échange standard de l'ensemble du système). A ce stade, l'innovation pourra ne jamais voir le jour sur véhicule de série (principalement pour des raisons de coûts).

 **Phase 3** : Elle intervient lors du **lancement du véhicule de série**. A ce stade si l'innovation induit l'acquisition de compétences nouvelles, les constructeurs mettront en place des formations continues pour leurs réseaux. Lors de cette phase, il n'est possible de réaliser des formations que sur le fonctionnement d'un système et non sur ses dysfonctionnements (pannes) ; quelques stages de formation continue multimarque et stages de formation de formateur ont été créés à ce stade sans grande satisfaction des participants car les stages ne traitaient pas de réparation. A ce stade, sauf nécessité d'entretien régulier, il est également impossible de savoir si l'innovation générera ou non une activité dans les entreprises. **Les taux de retour des véhicules de préséries seront les premiers indices qui permettront d'identifier des dysfonctionnements**, donc des activités en entreprises et peut-être de nouvelles compétences à maîtriser pour les compagnons.

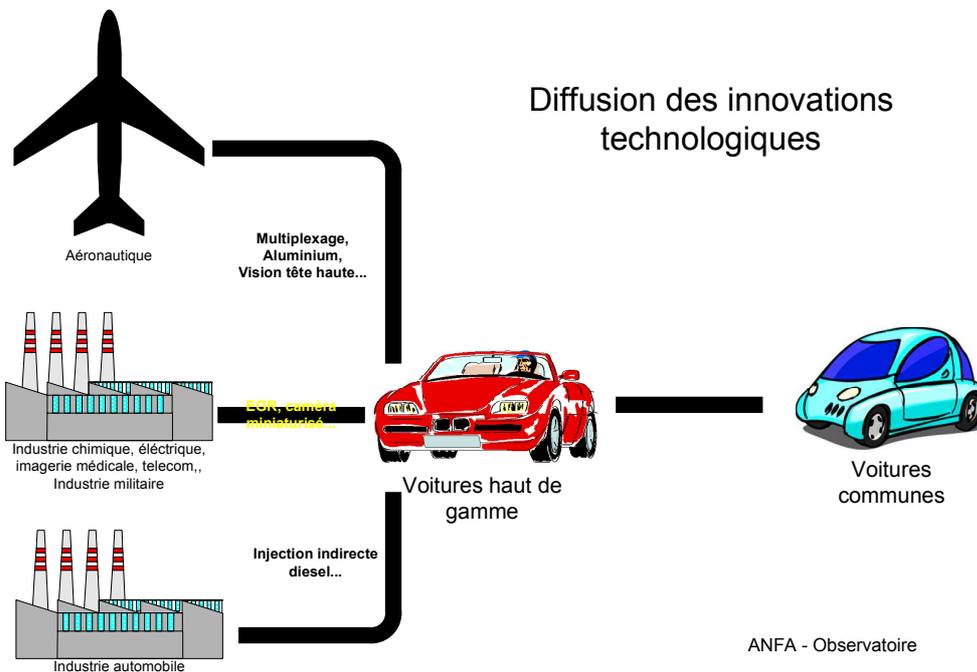
 **Phase 4** : **A la fin de la période de garantie des premiers véhicules** équipés de l'innovation, on peut disposer d'une représentation plus fine de l'activité en atelier inhérente à l'innovation. Ainsi, il est généralement admis que **c'est à partir du moment où un constructeur définit un barème de temps à une réparation ou à un entretien que l'on sait avec certitude qu'il existe une activité relative à cette innovation en entreprise et qui fait appel à des compétences précises**. C'est donc à partir de ce moment qu'il est le plus opportun de former des individus sur les dysfonctionnements ou l'entretien de l'innovation.

Actuellement la majorité des stages de formation continue se conçoivent en phase 4. C'est pour cette raison que le GNFA considère qu'il existe **un délai de cinq ans entre l'aboutissement d'une innovation et la mise en place d'un stage** ou d'un module relatif à l'innovation.

La question peut se poser différemment en formation initiale. Une part importante des référentiels, notamment des diplômes propédeutiques, est consacrée à la compréhension des systèmes techniques et non à leur réparation. La question est de savoir s'il faut former sur les technologies et/ou sur les process de réparation des technologies.

*Nous caractériserons chaque innovation dont nous parlerons dans ce rapport avec les pictogrammes     pour visualiser rapidement la phase de l'innovation au*

moment de la rédaction du rapport. L'outil de veille sur les innovations utilisera ces quatre mêmes phases.



Avant d'être montée en série sur des véhicules à fort volume de vente, une innovation suit en général, un parcours en plusieurs étapes : de fait, les innovations technologiques automobiles sont fréquemment issues d'autres industries. Ces derniers temps, l'industrie aéronautique fût particulièrement porteuse d'innovations pour l'automobile (le multiplexage en premier lieu). D'autres proviennent des industries chimique comme l'EGR (la réinjection des gaz refroidis était déjà employée dans les cheminées d'usine). D'autres innovations sont, par contre, créées par et pour l'industrie automobile. En général, les innovations sont dans un premier temps montées sur véhicules haut de gamme (captifs du réseau de réparation des concessions plus longtemps que des modèles de gamme économique) pour être montées sur des véhicules à fort volume de vente dans un second temps.

## 2. Intégration des innovations par les entreprises et les salariés.

Il est fréquent de lire qu'une innovation technologique va de créer de nouveaux métiers. Pourtant il est rare que les choses se passent de cette manière : l'évolution technologique entraîne plutôt **de nouvelles pratiques** voire **de nouvelles fonctions** dans des métiers existants. Certaines innovations vont créer des compétences qui s'échelonnent depuis une simple précaution d'emploi ou d'utilisation jusqu'à la compréhension d'un système complexe.

Une étude de l'observatoire des PME de l'OSEO (Anvar) a démontré qu'avec une « *politique d'innovation bien menée* » les petites entreprises étaient à même d'intégrer les innovations

technologiques grâce à trois « atouts » habituellement considérés comme des handicaps : le nombre d'entreprise, la faible taille des unités prises individuellement et leur dispersion géographique :

- *« Ce nombre important d'entreprises permet, d'un point de vue macroéconomique, d'avoir un fort coefficient d'amortissement qui intègre l'adaptabilité des individus.*
- *La faible taille des entreprises permet de ne pas avoir de « catastrophes sociales » massives*
- *et la dispersion géographique autorise, si elle est bien comprise et exploitée, un aménagement économique du territoire qui est une des bases de la stabilité sociale de toute société moderne. »<sup>1</sup>*

Toutefois l'offre technologique potentielle notamment dans le commerce et la réparation automobile tend à dépasser les capacités d'absorption des petites entreprises soit parce qu'elles n'en n'ont pas connaissance, soit parce qu'elles n'ont humainement pas les moyens d'envoyer quelqu'un en formation, soit parce qu'elles n'ont pas procédé à l'investissement matériel qui leur permettrait de traiter l'innovation. Ceci tend « naturellement » à les pénaliser par rapport aux grandes entreprises. L'Oseo suggère à cet égard de créer des « interfaces » pour leur permettre d'accéder à la technologie.

D'une certaine manière, le constructeur joue ce rôle d'interface pour ses réparateurs agréés : il diffuse les informations techniques, oblige ses réparateurs à disposer des outils nécessaires au traitement des technologies et forme les techniciens de son réseau. Cette interface est plus aléatoire chez les indépendants : elle peut provenir partiellement d'un réseau formel (panneau, groupement) ou informel (relations). A travers les dossiers EDEC, la branche professionnelle vise aussi à jouer un rôle d'interface envers les réparateurs indépendants à travers la mise en place d'un système d'évaluation, de formation et de qualification. La branche n'interviendra toutefois directement ni sur l'équipement ni sur l'accès aux informations techniques

Or la maîtrise et l'accès à l'information technologique des garagistes indépendants constituent aujourd'hui des enjeux centraux. L'article 26 du règlement européen 1400-2002 a posé le cadre de référence de la libre diffusion des informations technologiques des constructeurs :

*« Afin de garantir une concurrence effective sur le marché des services de réparation et d'entretien et d'éviter que les réparateurs indépendants ne soient exclus du marché, les constructeurs automobiles doivent autoriser tous les opérateurs indépendants intéressés à avoir un accès complet à toutes les informations techniques, à tous les systèmes de diagnostic et autres, à tous les outils, notamment les logiciels appropriés, et à la formation nécessaires pour la réparation et l'entretien des véhicules automobiles. »*

---

<sup>1</sup> « Source : *Regards sur les PME* n° 10, Observatoire des PME, OSEO services ».

Toutefois malgré quelques dispositifs mis en place par les constructeurs, les indépendants se trouvent désavantagés par rapport aux réseaux des constructeurs : la FEDA souligne notamment « *le coût excessif de l'information, un accès trop lent aux renseignements et l'impossibilité d'exploiter l'information souvent fournie «dans des formats inexploitable.»<sup>2</sup> »*

Les verrous des constructeurs donnent aussi naissance à des réseaux d'électroniciens et d'informaticiens « hackers », qui cherchent à faire sauter ces verrous grâce à des ordinateurs portables et des interfaces (type EMLScan de Scantool), à des trafics de logiciels de constructeurs piratés (crackés), et à des manipulations diverses de remise à jour d'indicateurs de maintenance en provoquant de légers court circuit... etc.... Ces réseaux se développent via Internet et semblent toucher autant d'amateurs de voitures que de professionnels.

---

<sup>2</sup> Autoactu 08/03/2005.

# PARTIE 1 : LES MOTEURS DE L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE AUTOMOBILE

## I. L'ENVIRONNEMENT ET LA CONSOMMATION

Respect de l'environnement et limitation de la consommation vont souvent de pair : limiter la consommation de carburant est le meilleur moyen pour rejeter moins de polluants dans l'atmosphère. Toutefois, les polluants de carburants ne sont pas les seuls produits par l'automobile : il faut citer en premier lieu les composés toxiques issus des peintures.

### A. Normes et palmarès

#### 1. La réglementation européenne sur les émissions de COV (composés organiques volatils).

Les directives européennes 1999/13 et 2001/81 ont fixé des objectifs de réduction des émissions de COV aux états de l'Union Européenne. Pour y parvenir, la France a défini trois arrêtés (2 février 1998, 29 mai 2000 et 29 mai 2006) qui ont également donné lieu à un « schéma de maîtrise des COV » réalisé par l'ADEME, le Ministère de l'écologie et du développement durable accompagnés par les organisations professionnelles des Services de l'Automobile.

Ce schéma prévoit l'usage des **peintures hydrodiluable**  par les entreprises de carrosserie-peinture, l'utilisation de pistolets d'application basses pressions (HVLP), Airless (sans air) ou mixtes (Airless et pneumatique), ainsi que des normes de nettoyage des outils. Outre l'investissement matériel (environ 400 euros pour un pistolet), les techniques d'applications, de séchage et de nettoyage du matériel doivent être adaptées. Il est à noter toutefois que certaines sous-couches restent solvantées mais inférieures à une norme de 420g de solvant par litre de peinture : ce qui induit un produit plus visqueux que les anciennes sous-couches (et donc des applications également légèrement différentes).

L'arrêté du 29 mai 2006 interdit la vente et l'achat de peinture solvantées (supérieur à 420g de solvant par litre) à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2007. Les entreprises qui ne seront pas passées à

la technologie hydrodiluable devront donc a priori cesser leur activité de peinture. Or en juillet 2006 la presse<sup>3</sup> notait que près de la moitié (45%) des entreprises du CRA disposant d'une cabine de peinture n'avaient pas passé le cap de cette technologie. Ces entreprises ne représentent toutefois que 20% des ventes de peinture de carrosserie.

## 2. Les règlements européens Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV et Euro V.

Grâce au législateur européen, le respect de l'environnement représente la première cause d'investissement de l'industrie automobile européenne. L'objectif des partenaires européens est de réduire la production de gaz à effet de serre (Oxydes d'azote et hydrocarbures) et de gaz toxiques ou nocifs (Monoxyde de Carbone, particules).

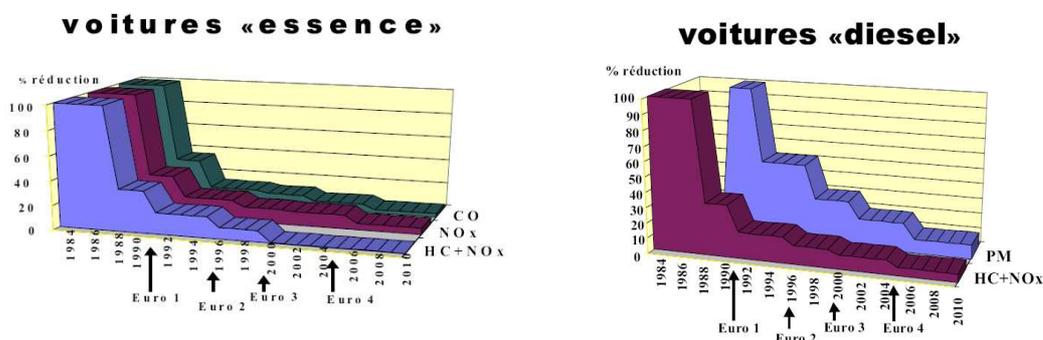
Ces normes sont extrêmement coercitives pour les constructeurs.

### Normes européennes d'émission maximale de rejets de polluant pour véhicules particulier

Emissions standards	Particules (mg/km)		Oxydes d'azote (NOx) (mg/km)		Hydrocarbures (HC) (mg/km)		Monoxyde de Carbone (CO) (mg/km)	
	Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence
-								
Euro 2 (1996)	80-100	-	-	-	-	-	700/900	500
Euro 3 (2000)	50	-	500	150	-	200	560	-
Euro 4 (2005)	25	-	250	80	-	100	300	-
Euro 5 (2010) <sup>4</sup>	5	5	200	60	-	75	-	-

Source Commission Européenne

**La réduction des particules** et en partie des oxydes d'azote est **la priorité des partenaires européens pour 2010**. De même que la norme Euro 1 de 1991 avait engendré la généralisation des pots catalytiques, il est vraisemblable que la norme Euro V engendrera la généralisation sur l'ensemble du parc des filtres à particules.



Graphiques extraits du rapport parlementaire 2757 « Sur la définition et les implications du concept de voiture propre » du 14 décembre 2005.

<sup>3</sup> Journal de l'Automobile n° 966-967

<sup>4</sup> Proposition de la Commission Européenne au Parlement Européen au 21 décembre 2005

Comme le montrent les graphiques ci-dessus, au fil du temps, les normes européennes antipollution ont permis la réduction de certaines émissions polluantes de 99% par rapport aux normes des années 80.

Les SUV (4x4) échappent jusqu'à présent à législation sur les normes anti-pollution des véhicules légers car la majorité d'entre eux étaient rattachés aux normes des véhicules utilitaires (plus de 2,5 tonnes). En 2008, la barre sera fixée à 2,84T, ce qui permettra de placer un certain nombre de ces véhicules dans les normes des autres VL.

### 3. Le palmarès ADEME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie publie chaque année à partir des données du Contrôle Technique (UTAC) la liste des modèles de voitures particulières neuves les plus performantes en termes de rendement énergétique classés, pour chaque type de carburant, par ordre progressif **d'émissions de CO<sub>2</sub>**.

En 2006, les petites C1, 107, Aygo ainsi que la marque Smart (pour le diesel notamment) occupent le haut du classement des plus faibles émissions de CO<sub>2</sub>.

Les normes anti-pollutions engendrent des travaux de recherche importants chez les constructeurs, les équipementiers, les instituts et certaines universités. Deux pistes sont parallèlement explorées : d'une part la piste de l'amélioration du moteur thermique, d'autre part les solutions alternatives au moteur thermique.

---

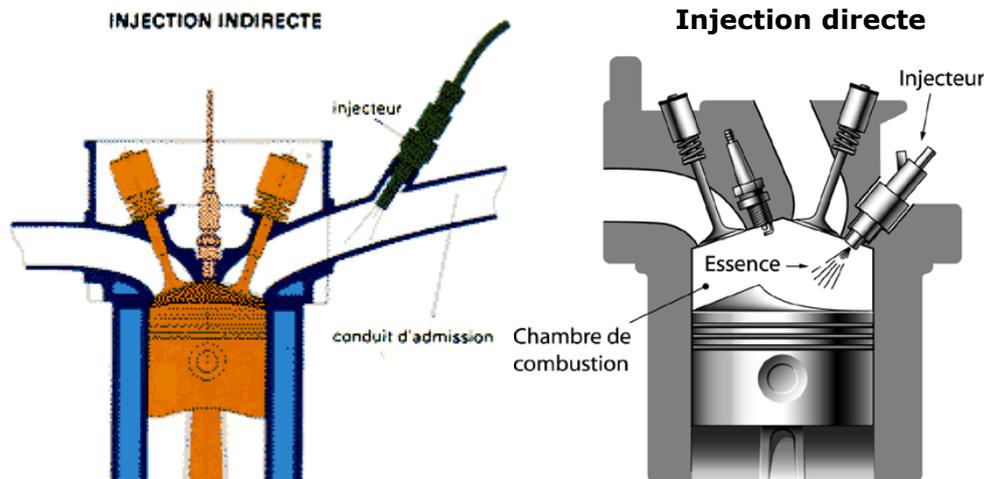
## B. Améliorations du moteur thermique

### 1. Injection directe, gestion des soupapes d'admissions et contrôle de la combustion.

Le meilleur moyen pour moins rejeter de polluants, c'est de moins consommer de carburants. C'est l'objectif de l'injection directe qui pulvérise dans la chambre de combustion une brume de carburant. La quantité de carburant dans la chambre de combustion est optimisée grâce à des vannes électroniques (des électrovannes) qui en définissent la quantité optimale.

## Injection directe essence

4



Source Thot Vulgum

Source GNFA

Dans l'injection indirecte essence (classique), l'injection d'essence est réalisée dans le conduit d'admission. Il y est mélangé à l'air dans le conduit. Les soupapes font entrer le mélange dans la chambre d'admission où il est enflammé sous l'effet de l'étincelle de la bougie.

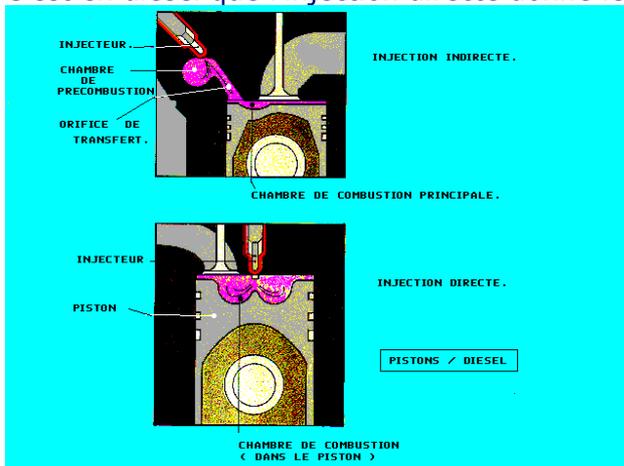
L'objectif de **l'injection directe essence** est d'utiliser un mélange (air-essence) plus pauvre en essence que dans l'injection classique. Le problème est que plus le mélange est pauvre, plus il s'enflamme difficilement. L'idée aurait pu être de pulvériser directement l'essence sur la bougie mais celle-ci se serait rapidement encrassée. Dans l'injection directe, grâce à une forme aérodynamique du piston, le mélange suit un mouvement circulaire et au contact de la bougie, il va s'enflammer progressivement (front de flamme).

En terme de dépollution, l'injection directe essence doit toutefois encore faire ses preuves surtout à régime élevé.

## Injection directe diesel

4

C'est en diesel que l'injection directe donne les résultats les plus satisfaisants.



source Thot

Dans les systèmes à **injection directe diesel**, le piston comprime uniquement de l'air. L'air ainsi comprimé produit de la chaleur (comme après une utilisation intensive d'une pompe à vélo); ensuite, le carburant est pulvérisé par un injecteur directement dans la chambre de combustion qui s'enflamme instantanément sous l'effet de la chaleur, ce qui a pour effet de repousser le piston. Pour pouvoir être pulvérisé dans la chambre de combustion dont l'air est comprimé, le carburant est comprimé à une pression de 1350 à 1700 bars (C'est 10 fois plus dans des systèmes à injection indirecte – pour repère un pneu moyen est gonflé à une pression de 4 bars).

Les quatre injecteurs des quatre chambres à combustion reçoivent dans la plupart des cas leur carburant comprimé à partir d'une même rampe (rampe commune / Common Rail).

## Travaux de recherches sur la combustion

La majorité des travaux actuels des chercheurs et des constructeurs automobiles concernent toujours la chambre de combustion et cherchent à optimiser la combustion pour réduire consommation en carburant, donc les résidus. **Aucun des systèmes présentés ci-dessous n'est encore opérationnel** et certains ne verront sans doute jamais le jour. Les trois systèmes que nous décrivons sommairement ci-dessous **nous permettent de rappeler que le moteur thermique a encore un bel avenir devant lui** et que de nombreuses améliorations sont encore possibles pour limiter la consommation d'essence et les résidus polluants.

Le système diesel **NADI** <sup>1</sup> développé par l'Institut Français du Pétrole (IFP) est un système d'injection directe qui cherche à limiter l'angle du cône d'injection et à adapter une chambre de combustion à cet angle.

Le système diesel **HCCI** <sup>1</sup> (Homogeneous Charge Compression Ignition, allumage par compression à charge homogène) est développé par Bosch, l'Université de Stanford et Général Motors (premiers résultats prévus en 2010). Dans ce système, le carburant est

mélangé de façon très homogène avec l'air dans la chambre de combustion, et le mélange est chauffé pendant la compression lors de la remontée du piston, conduisant à l'auto-allumage. L'objectif recherché est d'obtenir une température homogène dans toute la chambre de combustion.

Le système essence **CAI**  (Controlled Auto Ignition) sur lequel travaille Ford devrait permettre de provoquer une combustion de l'essence sans étincelle (auto-inflammation ; comme pour un moteur diesel) en gardant des gaz chauds de la précédente combustion dans le cylindre. [l'auto-inflammation ne produit pratiquement pas d'oxyde d'azote (NOx) – c'est d'ailleurs la raison pour laquelle un diesel n'en produit quasiment pas... mais par contre produit beaucoup de particules].

## 2. Rationaliser le fonctionnement des véhicules en remplaçant la mécanique et l'hydraulique par l'électronique.

De nombreux autres travaux de recherche et technologies abouties visent à supprimer des éléments mécaniques pour les remplacer par un pilotage électronique afin d'optimiser un processus, d'alléger le véhicule et de réduire la consommation. D'une manière générale, si l'on réduit les organes mécaniques, on réduit également l'entretien et la maintenance.

La technologie « **Camless** »  développé par Valeo vise à supprimer les cames et de piloter les soupapes électroniquement afin d'optimiser le temps et la fréquence d'ouverture et de fermetures des soupapes.

**Technologie : BY WIRE**  (par fils). L'enjeu est de pouvoir supprimer les liaisons mécaniques (Freins, direction, transmission, ...) pour gagner de la place, de la productivité, augmenter les fonctionnalités et réduire la consommation. Cependant aujourd'hui la législation n'autorise pas l'absence de liaisons mécaniques entre différents organes (par exemple entre le volant et les roues ou entre la pédale et les freins). Il est vraisemblable que cette législation évoluera car d'autres engins fonctionnent sans liaisons mécaniques et sans problèmes notables (en premier lieu les avions).

Exemples :

- Drive by wire : Direction électrique. (Possibilité de créneaux automatisés et protection des jambes du conducteur en cas de choc frontal... puisqu'il n'y a plus de colonne de direction)
- Frein by wire : Freins électriques. Cela permettrait d'éviter les risques de fuite de liquide de freins et de limiter la maintenance.

- Transmission by wire : transmission électrique. Il s'agit d'un moteur électrique incorporé dans la roue associé à un système de suspension et à un dispositif de freinage. Elle permettrait de supprimer des éléments moteurs et des trains roulants entraînant un changement complet du concept de la cellule moteur du véhicule.

Le principe du Throttle By-Wire (accélérateurs électroniques)  est par contre beaucoup plus diffusé ; aujourd'hui de nombreux accélérateurs sont pilotés électroniquement : un capteur dans la pédale d'accélérateur commande le papillon (papillon électronique) qui contrôle la puissance du moteur.

**La boîte de vitesses robotisée**  (dit Sensodrive chez Citroën ou Quickshift chez Renault) est une technologie déjà bien installée qui utilise une transmission mécanique à commande électro-hydraulique. Elle permet de choisir entre un passage des vitesses automatique et une sélection manuelle sécurisée par la surveillance d'un calculateur électronique. Une technologie de Volkswagen Auto Group (VAG) de boîte de vitesses robotisée est basé sur un principe de « double embrayage » qui permet de passer les rapports plus rapidement et qui dispose également d'un programme automatique.

En mode automatique la boîte de vitesse robotisée permet au calculateur de piloter les rapports de vitesse à la place de l'utilisateur : le meilleur rapport (celui qui optimise la consommation d'essence) est donc choisi électroniquement.

La boîte de vitesse robotisée peut être adjoint d'un système séquentiel (**boîte de vitesse séquentielle** ) très diffusé sur les motos qui permet de limiter les pertes de puissance entre chaque rapport ; fréquemment associée à un système de commandes de changements de rapports au volant, elle permet de synchroniser le passage des vitesses et éviter les « à-coups » en réduisant les temps de passage d'une vitesse à l'autre.

Le système concurrent de la boîte de vitesse robotisée n'est autre qu'une boîte de vitesse automatique associé à un système de commande manuelle de passage de vitesse (système **Tiptronic**  développé par Porsche).

### 3. Les solutions de post-traitement

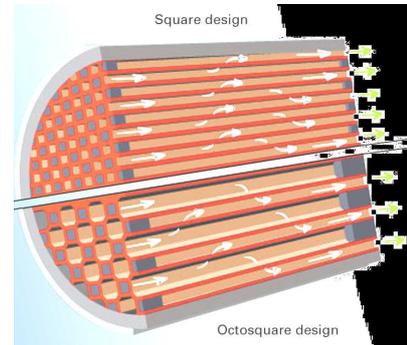
On appelle ici solution de post-traitement les **traitements effectués sur les gaz brûlés après la combustion** (donc au niveau de **l'échappement**).

La **catalyse trois voies** a été généralisée en construction automobile dans les années 90 à la suite de la norme européenne Euro 1. Le principe du « **pot catalytique** » est le suivant : par réaction chimique, sous l'effet d'un revêtement actif composé d'Alumine, de Céline et de métaux précieux (platine...), les oxydes d'azote (NOx), les hydrocarbures (HC) et le monoxyde de carbone (CO) sont transformés Azote (N<sup>2</sup>), en eau (H<sup>2</sup>O) et en dioxyde de

Carbone (CO<sup>2</sup>). Le pot catalytique a permis notamment de réduire les deux tiers des émissions de NOx.

**Le filtre à particules**, 4 inventé et développé par PSA, il est utilisé sur les moteurs diesel : il permet de réduire la quasi-totalité des particules nocives et des fumées noires des moteurs diesel.

Le principe est de bloquer avec un filtre, les particules dans l'échappement. Quand le filtre est « sale », le système met feu aux particules grâce à une forte chaleur. Cela va réduire la taille des particules et va leur permettre de passer à travers le filtre (mais avec cette taille, elles ne seront plus nocives).



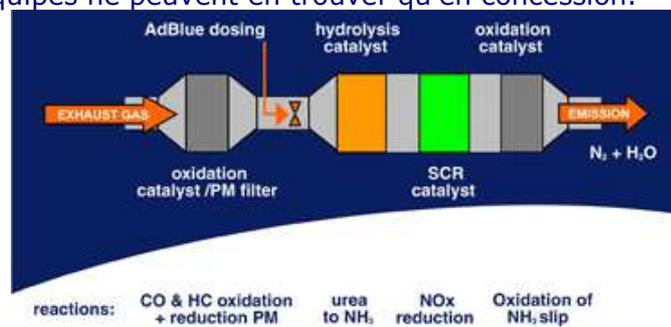
Filtre à particule  
Source PSA

Il est à noter que sur certains modèles de véhicule, le filtre à particule se change tous les 90 000 km et coûte 1 500 euros... ce qui constitue une dépense non négligeable pour un véhicule de ce kilométrage.

### Les pièges à NOx et la catalyse quatre voies.

Les **pièges à NOx** 2 fonctionnent actuellement comme une catalyse 3 voies en y rajoutant deux composant (baryum et rhodium) pour absorber les NOx. Le plus gros soucis de cette technologie est que les filtres des pièges se bouchent sous l'effet du soufre de l'essence : ce qui conduit à une durée de vie limitée. Les pièges à NOx entraînent également une légère surconsommation d'essence.

Une autre technologie appelée **SCR** 3 (Selective Catalytic System) vise également à réduire les oxydes d'azote (NOx) par une hydrolyse de solution aqueuse d'urée baptisée « Adblue<sup>5</sup> » puis par une catalyse de l'ammoniac issu de l'urée avec les gaz d'échappement du moteur. C'est la solution la plus utilisée par les constructeurs de poids-lourds pour répondre à la norme anti-pollution Euro 5 pour Véhicules Industriels. L'Adblue pourrait être à terme distribuée par les réseaux de station-service pour poids lourds des pétroliers mais pour l'heure les V.I. équipés ne peuvent en trouver qu'en concession.



Source BP

<sup>5</sup> Adblue est une marque déposée par l'union des industries automobile allemande (VDA)

Quelques constructeurs poids lourds ont opté pour un système de « ré-injection des gaz refroidis » (**EGR**  « Exhaust gaz Recirculation ») qui recycle les gaz d'échappements refroidis dans la chambre de combustion pour que la combustion se produise à température plus basse ; Cette technologie peu coûteuse qui répond à la norme Euro 4 pour VI, est généralisée sur les véhicules particuliers depuis plus longtemps que sur les poids lourds. Il est à noter que les vannes EGR font l'objet d'une activité soutenue dans les réseaux d'après-vente automobile : les suies réinjectées avec les gaz refroidissent et encrassent le circuit d'admission et surtout la vanne qui empêche alors la respiration normale du moteur. Il perd sa puissance et son rendement. Le moteur s'encrasse jusqu'à tomber en panne.

Toyota a développé une technologie de **catalyse quatre voies** (NOx, HC, CO et particules) sur moteurs diesels à injection directe appelée DPNR (Diesel Particulate NOx Reduction System)  (ou D-CAT sur Avensis et Corolla). Elle couple le principe de fonctionnement du FAP et de la catalyse trois voies et permettait la réduction de 80% des émissions de NOx et de particules. Le risque d'encrassement du filtre par le soufre de l'essence est toujours important même s'il n'y a pas encore de recul suffisant avoir connaissance des activités d'après-vente liées à ce processus. Actuellement quelques pétroliers proposent une essence réduite en soufre (maximum 10 ppm<sup>6</sup>) pour limiter le risque d'encrassement.

## C. Environnement : autres solutions

### 1. Solutions électriques : l'alternateur réversible (alternateur démarreur)

L'alternateur réversible est un dispositif mis en place par Citroën sur les C3 et C2 (système « Stop and Start »).

Le principe est d'arrêter le moteur juste avant et pendant l'immobilisation du véhicule - principalement en ville : ralentissements, feux tricolores- et de redémarrer immédiatement dès le lâcher de la pédale de frein.

Son concept se résume au remplacement du démarreur classique par une unité combinant cette fonction avec celle de l'alternateur (qui fabrique de l'électricité alimentant toutes les fonctions du véhicule). C'est le principe d'un générateur qui, soumis à un courant électrique, s'inverse et joue le rôle d'un moteur. D'où le nom « d'alternateur réversible » retenu par Citroën.

La baisse de la consommation et des émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par ce système sont de l'ordre de 10% dans le cadre d'une utilisation urbaine (soit l'équivalent de 14 g de CO<sub>2</sub>/km) et proche de 6% en cycle mixte. Pour une C3 1.4 16V classique cela représente une consommation moyenne de 5,7 l/100 km contre 6 l/100 km et une baisse de la quantité

---

<sup>6</sup> 1 ppm : 1 partie par million soit 1 gramme par tonne de carburant

de dioxyde de carbone émis : 135 g/km contre 143 g/km. Cela ne représente donc pas un gain très important.

## Des carrosseries plus légères : l'aluminium .

Avec l'accroissement des systèmes électroniques, le poids du véhicule s'en ressent et la consommation également. Le coût du pétrole et surtout l'obligation de respecter les règlements européens incitent donc les constructeurs automobiles à limiter la consommation en carburant en limitant le poids du véhicule. L'utilisation de l'aluminium dans la carrosserie d'un véhicule permet de l'alléger.

Actuellement, les véhicules disposant d'une structure entièrement en aluminium proviennent de marques de luxes (Jaguar, Audi A2 et A8). D'autres marques disposent actuellement de parties en aluminium (avant de BMW série 5...). A ce jour, la réparation aluminium nécessite un tel investissement matériel que la réparation reste l'apanage des réseaux des constructeurs concernés.

## 2. L'amélioration de la climatisation

**La climatisation au CO<sup>2</sup>**  est un système qui ne verra peut être jamais le jour sur des véhicules de série mais cet exemple est intéressant pour montrer que de nombreux travaux de recherche portent sur la thématique de l'amélioration écologique de la climatisation.

La climatisation est un équipement de confort désormais incontournable sur les véhicules neufs. Mais d'une part, elle consomme beaucoup d'énergie (carburants) ce qui contribue à rejeter plus de polluants dans l'atmosphère et d'autre part, le gaz frigorigène utilisé actuellement, le HFC-134a (famille des hydrofluocarbones), même s'il reste moins polluant que son ancêtre Chlorofluorocarbures (CFC-12), présente encore un potentiel de réchauffement de la planète relativement élevé. D'où les travaux de l'équipementier japonais Denso pour remplacer le HFC-134a par du CO<sup>2</sup> dont les conséquences sur l'environnement sont moindres. Ce système de climatisation adopte un réfrigérant au CO<sup>2</sup>, et induit une pression de fonctionnement de 7 à 10 fois supérieure à celle du HFC-134a.

Il est à noter enfin qu'un **projet de réglementation sur les émissions de gaz à effet de serre** est actuellement en cours. Celle-ci prévoirait l'habilitation de tous les opérateurs intervenant sur des circuits de climatisation. Tous les réparateurs automobiles devront justifier d'une compétence pour exercer cette activité. Ce qui pourra induire des activités sur le champ de la formation initiale et continue.

## D. Alternatives au moteur « tout thermique » à essence

Pour répondre à de futures normes environnementales, la presse automobile affirme qu'il n'existera **pas de solution unique alternative au moteur thermique traditionnel**. Les

constructeurs ont réalisé de nombreux prototypes de véhicules « propres », techniquement au point mais non commercialisés car encore loin de pouvoir assurer leur rentabilité :

## 1. La motorisation hybride

C'est la technologie alternative (ou « semi-alternative ») aujourd'hui la plus aboutie. Elle a été initiée par les constructeurs japonais Honda et Toyota. Trois modèles de véhicules hybrides sont en circulation en octobre 2006 (Toyota Prius, Lexus RX400h et Honda Civic IMA).

### **Mode de fonctionnement**

La technologie hybride (dite « full hybrid ») repose sur l'utilisation de deux moteurs électrique et thermique.

Un système électronique répartit automatiquement la force d'entraînement des deux moteurs, sans aucune intervention du conducteur.

Au départ et à basse vitesse, l'automobile n'utilise que l'électricité. Le moteur à essence recharge la batterie par le biais d'un générateur. Lorsque le véhicule requiert un surcroît de puissance et d'accélération, le moteur à essence et le moteur électrique assurent ensemble le déplacement. Au moment du freinage et dans les descentes, le moteur à essence est automatiquement coupé et l'énergie cinétique de l'automobile sollicite le moteur électrique, qui recommence à produire de l'électricité.

L'évolution possible de la motorisation hybride est le **Plug'in Hybrid**  : une motorisation hybride avec une prise électrique.

## 2. La pile à combustible / véhicules à hydrogène

La pile à combustible a été découverte en 1839. On ne commencera vraiment à s'y intéresser qu'à partir des années 60 dans les programmes spatiaux. A partir des années 90, on commence à l'imaginer comme énergie alternative au pétrole dans l'automobile. Le premier constructeur à s'y intéresser fut le groupe Daimler-Chrysler. Mais aujourd'hui, PSA, BMW, Audi, Daihatsu, Ford, GM, Honda, Hyundai, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Renault, Toyota et Volkswagen ont tous développés un concept-car mu par une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène.

Malgré la croissance du prix du baril de pétrole, la pile à combustible ne parvient pas encore aujourd'hui à s'imposer sur un véhicule en série.

**Mode de fonctionnement :** (source *Ressources pédagogiques de l'Université de Marne-la-Vallée*)

« La pile à combustible est un générateur de courant qui transforme l'énergie d'une réaction chimique en courant électrique de façon continue. Les piles à combustibles d'aujourd'hui possèdent généralement un compartiment de stockage d'hydrogène et un compartiment à

oxygène. Les deux compartiments sont séparés par un électrolyte. Selon le type de pile, l'électrolyte laisse passer les protons ou les ions d'hydrogènes. Les électrons créés lors des réactions passent par un circuit électrique extérieur et alimentent une réaction sur l'autre électrode. De l'eau est formée et parfois du CO<sub>2</sub> (si l'hydrogène est remplacé par des hydrocarbures). »

### **Des avantages...**

« - rendement supérieur (énergie produite par rapport à l'énergie consommée). Pour les moteurs par exemple, la pile à combustible atteint 55% contre 40% pour un diesel et 25% pour un moteur à essence.

- fonctionnement silencieux
- aucune pollution avec l'hydrogène
- facilités d'entretien, de rechargement, de remplacement »

### **Mais des obstacles technologiques**

« Pour les PMEC (pile à membrane échangeuse de protons) :

- coût élevé (quelques centaines de milliers de francs pour un kWh) notamment dû à l'utilisation de platine pour les catalyseurs.
- problème du stockage de l'hydrogène (réservoir à haute pression pour le gaz, cryogénique pour le liquide, système de reformage) une consommation d'environ 50 litres d'hydrogène liquide (-253°C) aux 100 km
- problème de miniaturisation. »
- la fabrication de l'hydrogène nécessite des besoins en énergie très importants.

Toutefois, malgré ces obstacles, courant 2007, BMW devrait sortir une centaine de véhicules à piles à combustible pour des administrations allemandes.

## **3. La voiture électrique**

Les voitures tout-électrique se heurtaient jusqu'à présent à deux problèmes : une autonomie et une vitesse de pointe dérisoire ; ce qui a considérablement freiné leur développement : en 2003, seuls 113 véhicules électriques ont été immatriculés et depuis les constructeurs français ont retiré ces voitures de leur catalogue. Quelques travaux en cours permettent de suggérer que les voitures électriques peuvent encore avoir un avenir.

La Blue Car <sup>2</sup> utilise une batterie utilisant la technologie *lithium métal polymère* baptisée Batscap développé par le groupe Bolloré. Elle permet une vitesse de pointe de 125 km/h tout en ayant une autonomie de 200 km. Même si 6 heures sont nécessaires pour une recharge complète, deux

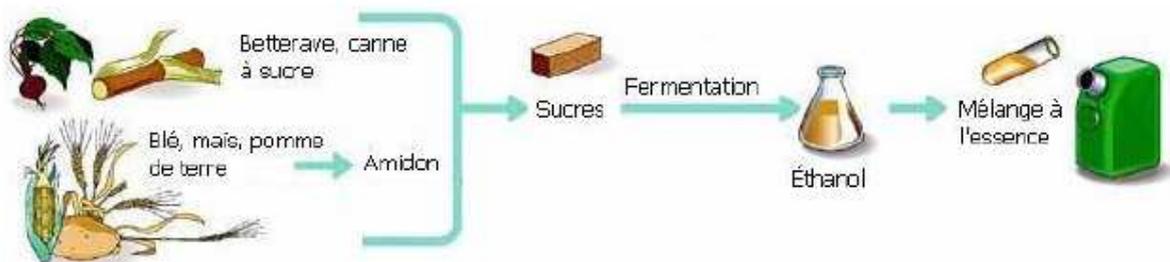


heures suffisent pour récupérer 50 % de la capacité. La plus grande difficulté est de trouver ensuite une prise pour se raccorder.

Pour l'instant le groupe Bolloré n'est pas parvenu à trouver de constructeur automobile partenaire, pour la diffusion des « Blue Car » en série mais Bolloré a toutefois décidé de développer en série ses Batscap à partir de 2008 dans une nouvelle usine finistérienne. La Batscap pourrait aussi être utilisé dans le cadre d'une motorisation hybride.

## 4. Biocarburants

### Ethanol



*Schémas extraits du rapport parlementaire 2757 « Sur la définition et les implications du concept de voiture propre » du 14 décembre 2005.*

**L'éthanol** est issu du sucre de betterave, de canne à sucre, ou d'amidon de blé, pomme de terre ou maïs. L'éthanol rejette 60% de CO<sup>2</sup> de moins que l'essence fossile. Lorsqu'il n'est pas utilisé directement, l'éthanol est utilisé pour la fabrication de l'éthyl tertio butyl éther (ETBE) : composé pour moitié d'éthanol et pour autre moitié d'isobutène (issu du pétrole). L'éthanol peut être adjoint à l'essence à hauteur de 5% sans modifications des moteurs actuels (mais avec quelques précautions de mélange). A la suite du plan biocarburant annoncé par le Premier Ministre en 2004, le parlement a prévu l'incorporation progressive des biocarburants dans l'essence actuelle pour atteindre 5% en 2009.

Certains pays comme le Brésil ou la Suède ont mis en place une distribution d'essence composé de 85% d'éthanol (dite **E85**). La Suède a intégralement défiscalisé l'E85, ce qui lui permet de se situer 40% moins cher que l'essence fossile. Certains constructeurs automobile proposent des véhicules adaptés à l'E85 : **Flexibles Fuel Vehicles** [FFV (<sup>3</sup> en Suède, Brésil, Etats-Unis...)] communément appelés véhicules ou moteurs « Flex ». Volkswagen a été le premier sur le marché brésilien. Ford, Saab, Daimler-Chrysler et bien d'autres ont également développés des FFV pour ces pays.

Le coût actuel de l'éthanol et un marché automobile français de plus en plus centré sur le diesel n'avaient pas incité le législateur à mettre en place une politique plus incitative vis-à-vis de l'éthanol. Toutefois depuis peu de temps, à la suite du rapport Prost de septembre 2006, le ministre de l'Economie, des Finances et du Budget a exprimé le souhait de développer l'E85. Mais le dispositif financier qui permettrait de rendre le coût de l'E85 attractif par rapport au Diesel avec une juste rétribution des agriculteurs français n'est pas encore en place : la défiscalisation de la totalité de la TIPP sur l'E85 ne suffirait pas. Or le

ministre de l'Agriculture a exclu de faire appel à l'éthanol brésilien<sup>7</sup> (avec des coûts de revient moins cher) pour ne pas « créer de nouvelle dépendance aux bioénergies importées. Les conditions ne sont pas à ce jour réunies pour un système viable qui pourrait concurrencer les carburants fossile.

### Ester méthylique d'huile végétale (EMHV)



*Schémas extraits du rapport parlementaire 2757 « Sur la définition et les implications du concept de voiture propre » du 14 décembre 2005*

Le principe de l'EMHV<sup>8</sup> est d'extraire de l'huile de colza (principalement) les esters dans un procédé appelé « transestérification ». Les résidus de l'extraction d'huile (tourteau de colza) sont utilisés dans la nourriture pour animaux et les résidus de la transestérification (glycérine, huiles) sont utilisés par l'industrie cosmétique.

L'Union Européenne a beaucoup plus investi dans l'EMHV que dans l'éthanol : les Etats-Unis (huile de soja et colza), l'Allemagne et la France (huile de colza voire tournesol) sont les trois principaux pays producteurs d'EMVH.

Adjoint au gazole, l'EMHV devient du **Biodiesel** qu'on appelle « **Diester** » en France (marque déposée). En 2005, il y a 1,5% d'EMVH dans le diesel courant et l'objectif des parlementaires est d'atteindre la même proportion que pour l'éthanol (5% en 2009...)

Actuellement, seules certaines flottes d'autobus et l'administration (l'Élysée...) fonctionnent avec un diesel à 30% d'EMVH (dit également B30).

Il serait potentiellement possible de remplacer totalement le diesel par le diester, il conviendrait juste de régler les moteurs pour qu'ils soient adaptés à la viscosité du diester.

Le coût du Biodiesel est plus cher que le diesel de pétrole, il faudrait une incitation fiscale conséquente (suppression de 80% de la TIPP) pour le rendre attractif vis-à-vis du diesel de pétrole.

Si le biodiesel et l'éthanol ne rejettent pas de polluants dangereux pour l'atmosphère, l'inconvénient est qu'ils sont réalisés actuellement dans le cadre d'une agriculture très productiviste nécessitant un important volume d'engrais chimiques. Pour éviter cela, des travaux de recherche sont actuellement en cours pour produire des biocarburants à partir de la biomasse.

<sup>7</sup> La Suède utilise de l'éthanol du Brésil : c'est ce qui permet à l'éthanol suédois de concurrencer le diesel.

<sup>8</sup> Pour en savoir plus, on peut consulter le très didactique <http://www.prolea.com/parc-graine/parc-graine.html>

## II. LA SECURITE

La filière carrosserie est sans doute la plus concernée par l'évolution de sécurité.

### A. Les crash-tests Euro Ncap



Le **European New Car Assessment Program** (EuroNCAP) est une agence internationale indépendante créée en 1997. Elle réunit cinq gouvernements européens, l'union européenne, diverses associations de consommateurs, des automobiles clubs ainsi que la fondation de la FIA. L'organisme réalise des tests de sécurité sur des véhicules achetés anonymement (et non distribué par un constructeur). EuroNcap évalue sur un barème de notation par étoile (cinq étoiles est la note maximale) la sécurité des véhicules sur quatre tests :

- Un choc frontal sur une barrière déformable à 64 km/h.
- Un choc latéral sur une barrière mobile déformable à une vitesse de 50 km/h.
- Un choc latéral contre un poteau de 25,4 cm de largeur effectué au niveau du siège conducteur à 29 km/h.
- Un choc piéton sur deux mannequins représentant un adulte et un enfant (depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2005).

La Renault Laguna II est la première à avoir obtenu la note de 5 étoiles, suivi désormais par une trentaine d'autres voitures.

### B. Evolutions automobiles de sécurité

La sécurité en automobile se décline en 2 grandes familles :

- ✚ La sécurité active (anticipation) : tous les systèmes qui agissent pour éviter l'accident (ABS, ESP, alerte aux franchissement de lignes blanches ...).
- ✚ La sécurité passive : Tous les dispositifs permettant d'éviter ou atténuer les blessures graves des occupants lors de l'accident. ( Airbag , prétensionneurs, renforts latéraux de carrosserie ,capot actif,...)

#### 1. Sécurité active

En matière de **sécurité active**, la tendance générale des innovations technologiques est que **l'électronique prenne le contrôle du véhicule à la place de l'automobiliste** : en effet, c'est l'automobiliste qui crée le plus de pollution (rapports mal adaptés, conduite trop rapide), qui crée les bouchons (conduite par à coup) et surtout qui crée les accidents.

L'objectif des travaux de recherche actuels est donc de concilier sécurité du transport collectif guidé et plaisir du transport individuel en couplant des technologies partiellement déjà existantes (Régulateurs de vitesse, radars, GPS, line tipping<sup>9</sup>). Même si l'électronique des véhicules actuels a déjà particulièrement amélioré l'accidentologie, des freins règlementaires et culturels sont encore à lever.

C'est pourquoi l'évolution se fera sans doute progressivement et dans un premier temps sur ce que le conducteur ne peut pas maîtriser : comme le souligne Xavier Apolinarski, chef de projet transport au CEA<sup>10</sup>, « *en dessous de la seconde (temps de réaction de l'automobiliste), le champ est libre pour les automates* ». Les évolutions suivantes devraient toucher la congestion : un mode automatique pourrait prendre le relais sur le conducteur dans les bouchons. Volvo a déjà commencé à équiper certains modèles en « **freins automatiques** »  (activation du frein quand la distance de sécurité n'est pas respectée à moins de 30 km/h – dispositif City Safety). Beaucoup plus tard pourraient venir des systèmes d'automatisation du véhicule à grande vitesse.

## 2. Sécurité passive

Pour la **sécurité passive**, outre les airbags, les prétensionneurs de ceinture ou l'ABS, les nouvelles technologies automobiles en matière de sécurité sont principalement de deux types :

- d'une part des **systèmes électroniques comme des capteurs (ou caméra) couplés à des actionneurs** (exemples : capteurs d'occupation des sièges, surveillance de la vigilance du conducteur, alerte au franchissement de ligne blanche...)
- d'autre part des **évolutions de la carrosserie** (matériaux et disposition des éléments du moteur et de la carrosserie pour permettre un amortissement du choc).

Les véhicules dernièrement sortis sont **étudiés pour favoriser la destruction de l'avant du véhicule en cas d'impact afin d'amortir le choc** et préserver ainsi le conducteur. Mais cela accroît le nombre de véhicules hors d'usage (VHU) et limite les activités du carrossier.

Quelques innovations méritent une attention plus approfondie :

### **Le capot actif**

Le nouveau test « choc piéton » d'EuroNcap a incité les constructeurs automobiles à réfléchir à de nouvelles solutions permettant au capot moteur de pouvoir s'enfoncer sans rencontrer de résistance pour amortir la tête d'un piéton en cas de choc. Or cela est

---

<sup>9</sup> Alerte du conducteur en cas de franchissement de lignes blanches.

<sup>10</sup> CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique ; intervention au symposium GIPA du 16 novembre 2006.

difficilement envisageable pour des véhicules ayant un gros moteur : d'où la solution d'un système qui lève le capot d'une vingtaine de centimètre en cas de choc avec un piéton.

Il existe trois technologies de **capot actif** :

- le déclenchement du soulèvement de capot par une charge pyrotechnique [technologie la plus répandue (C6...) ; technologie également employée pour les prétensionneurs de ceinture]
- le déclenchement du soulèvement de capot par un double airbag (rare ; actuellement utilisé chez Jaguar).
- le déclenchement du soulèvement de capot par ressort à spirale (pas encore commercialisé).

L'intérêt pour le réparateur est que le système de déclenchement est beaucoup plus sensible que pour le déclenchement d'un air bag passager ou conducteur. Il est d'ailleurs possible que les capots actifs se déclenchent pour autre chose qu'un choc piéton. On peut émettre l'hypothèse que cela puisse engendrer une activité pyrotechnique plus conséquente que pour les prétensionneurs dans les ateliers.

**L'acier Haute Limite Elastique (HLE)**  – **Très Haute Limite Elastique (THLE) et Ultra Haute Limite Elastique (UHLE)** 

Ces aciers non déformables permettent d'améliorer la capacité de résistance aux chocs des véhicules.

Autant l'aluminium reste encore relativement anecdotique et concentré sur des marques de luxe ou sur des parties de carrosserie, autant ces aciers élastiques se développent fortement sur les caisses de véhicules voire les cellules de survie ou les longerons.

La réparation des aciers HLE nécessite l'utilisation de « pointeuses » (outils de soudage par point). Ces outils nécessitent un investissement coûteux (10 000 à 15 000 euros) et une appropriation longue.

**Les alliages à mémoire de forme** 

Les alliages à mémoire de forme sont très utilisés sur les carrosseries des véhicules actuels ; Deux intérêts sont à souligner dans ces alliages :

- la superélasticité : l'alliage est capable de se déformer de manière réversible sous l'effet d'une contrainte
- L'effet amortissant : l'alliage est capable d'amortir des chocs ou d'atténuer des vibrations mécaniques.

Ces alliages facilitent l'activité du débosselage sans peinture comme les **peintures « cicatrisantes »** (Scratch Guard Coat)  développées par Nissan (des peintures composées de résines élastiques qui font disparaître des petites rayures en quelques jours).

### III. LE CONFORT DES USAGERS

Les équipements de confort continuent à croître mais reprennent majoritairement des technologies déjà connues. Ainsi sur les véhicules de haut de gamme, les constructeurs :

- **multiplient les systèmes de capteurs et d'actionneurs** (capteurs de pluie, de luminosité, de qualité de l'air, de température...)
- **automatisent ce qui peut l'être** (frein à main automatique, ouverture des portes...)
- **améliorent les systèmes de chauffage et de climatisation** (régulation électronique, sièges chauffants ou sièges en cuir ventilés).

La généralisation des calculateurs électroniques embarqués permet d'autre part, la création de nouvelles fonctionnalités sans investissement, une simple programmation étant nécessaire :

- **Verrouillage automatique des portières** en roulants. 
- **Volume de l'autoradio dépendant de la vitesse** du véhicule. 
- Système « **follow me home** »  : Allumage des feux de routes pendant 2 minutes pour éclairer un parcours piéton de nuit et extinction automatique (exemple : rejoindre la porte d'entrée du domicile en éclairant le jardin)

Nous ne rentrerons pas dans le détail des multiples systèmes, toutefois, certains d'entre eux méritent notre attention :

Les équipementiers travaillent sur des améliorations des pare-brises (teinte, amortissement de bruit, verre incassable) : les nouveaux pare brises intègrent des faisceaux, des systèmes de dégivrage invisibles. Parmi ces innovations, l'une d'entre elles mérite notre attention : la **vision tête haute**  est une technologie initialement utilisée dans les avions de chasse : les informations essentielles (Vitesse, témoins alerte, niveau carburant...) sont projetées sur le pare brise ce qui permet au conducteur de maintenir son attention sur la route. Le principe de fonctionnement repose sur un jeu de réflexion de la lumière et d'effets d'angle de projection : une centaine de micro-diodes colorées de vidéo incrustées dans le tableau de bord, (il existe également des systèmes utilisant un simple boîtier de vidéoprojection), projettent une image sur une partie semi-réfléchissante (composé de prismes) du pare-brise. Cette lumière est renvoyée en direction du visage du conducteur qui est le seul à la percevoir. Le système n'induit pas a priori de compétences particulières en dehors des précautions de démontage ou de mise en main du système. Notons enfin que le prix du pare-brise est de 2 300€ pour une C6.

**L'info route en temps réel**  : Le projet AIDA<sup>11</sup> mené en collaboration entre Cofiroute et les constructeurs français vise à collecter et transmettre les informations de circulation issues à la fois de capteurs sur la chaussée et patrouilleurs d'autoroute mais également de véhicule à véhicule.

Cette technologie est actuellement en phase de test sur l'A10 autour d'Orléans : l'objectif est de traiter les informations issues des calculateurs de bord des véhicules (mise en marche des essuie-glaces = pluie ; allumage des feux anti-brouillard = brouillard ; vitesse 0 = arrêt du véhicule, Vitesse faible = ralentissement important) et de transmettre l'information aux véhicules qui succèdent. Il pourra également être possible de connaître le kilométrage restant avant la sortie voire de prévenir des pauses.

En Californie pour les voitures et en Allemagne pour les camions, a été également testé un système d'**autoroute automatique**  dans lequel l'utilisateur n'a plus besoin de conduire, le véhicule gère lui-même son déplacement (insertion dans la circulation, gestion de la vitesse, calcul des distances, évitement des obstacles, suivi de l'itinéraire après programmation). En utilisant notamment les technologies du GPS et le guidage optique des lignes blanches, le conducteur devient simplement spectateur de son déplacement. Les tests ont montré que de nombreux problèmes de sécurité restent encore à résoudre avant une potentielle généralisation.

**Réception automatisée (ConnectedService**  ) : ConnectedService est une technologie étudiée et mise en œuvre par BMW sur sa série 7. La clé ou carte du véhicule (en liaison permanente avec les calculateurs électroniques) contient, les coordonnées client, le kilométrage, le dernier entretien, les défauts enregistrés, ainsi qu'une appréciation de remplacement des pièces d'usures (Exemple : comptabilisation du temps de mise en marche des essuie glace). Lors d'un entretien, le client insère sa clé dans un lecteur à la réception. Après récupération des données, l'ordre de réparation personnalisé est alors imprimé automatiquement sans la longue phase d'inspection du véhicule.

Dans l'absolu, sur des activités d'entretien, un « agent d'accueil » pourrait remplacer le réceptionnaire traditionnel.

ConnectedService est une première étape aux dispositifs **Recall**  : le véhicule effectue un reporting précis sur ses dysfonctionnements et besoins d'entretien puis transmet ces informations directement à une plate forme ou au réparateur. Le réparateur prenant alors directement contact avec l'automobiliste (SMS pour proposer un rendez-vous... etc). Ce système vise aussi à retenir les véhicules dans le réseau du constructeur.

---

<sup>11</sup> Application pour l'Information Des Autoroutes qui regroupe Cofiroute, Renault, Peugeot-Citroën et CS Route

**Pneumatique sans air**  : Michelin travaille sur une technologie de roue disposant d'une structure radiale en matériaux composites. Cela permet de se passer d'air sous pression dans le pneu, donc d'éviter les crevaisons, les pneus sous-gonflés... etc. Cette technologie nommée Tweel ne devrait toutefois pas voir le jour sur véhicule en série avant 10-15 ans selon Michelin.



## IV. LA FIABILITE

### A. Les palmarès

#### 1. Les classements de fiabilité JD-Power

L'organisme américain JD-Power est l'organisme qui fait foi en matière d'enquêtes de fiabilité des véhicules aux Etats-Unis et en Europe.



Aux Etats-Unis, l'enquête est basée sur les réponses de plus de 50 000 propriétaires de véhicules. Depuis 11 ans consécutifs la marque de prestige de Toyota, Lexus, est désignée comme la marque la plus fiable. Pour l'Allemagne, Toyota est la marque en tête du classement CSI\* depuis 4 ans, tandis que pour le premier classement français, Honda se place en première position.

*Il est à noter que nos clients nous apprécient beaucoup en raison du haut niveau de qualité que nous leur offrons. Nous allons poursuivre des efforts acharnés dans ce sens, afin de ne pas les décevoir.*  
**Shinichi SASAKI, Président de Toyota Motors Europe.** Salon Equip'auto 2005



D'une manière générale, Toyota, Honda, BMW et Mazda se retrouvent dans le peloton de tête des classements de l'ensemble des pays du monde où est réalisée l'enquête CSI JD-Power.

	Classement fiabilité Etats-Unis 2005 (50 000 propriétaires de véhicules interrogés)	Classement CSI* Allemagne 2005 (22 000 propriétaires de véhicules interrogés)	Classement CSI* France 2005 (16 000 propriétaires de véhicules interrogés)
1.	Lexus (Toyota)	Toyota	Honda
2.	Porsche	Mazda	BMW
3.	Lincoln (Ford)	BMW	Toyota
4.	Buick (GM)	Volvo	Mazda
5.	Cadillac (GM)	Honda	Volvo
6.	Infiniti (Nissan)	Mitsubishi	Skoda
7.	Toyota	Skoda	Ford
8.	Mercury (Ford)	Audi	Audi
9.	Honda	Ford	Mercedes-Benz
10.	Acura (Honda)	Opel	Peugeot
11.	BMW	Mercedes-Benz	Renault

## VEHICULES LES MIEUX NOTES PAR CATEGORIE – ENQUETES CSI JD-POWER 2005

	Allemagne	France
<b>petite voiture</b>	Toyota Yaris Verso	Toyota Yaris Verso
<b>Compacte</b>	Toyota Corolla	Toyota Corolla
<b>Intermédiaire</b>	Toyota Avensis	BMW 3 Series
<b>de luxe</b>	BMW 5 Series	BMW 5 Series
<b>4X4 (SUV)</b>	Toyota RAV4	Toyota Land Cruiser
<b>Monospace</b>	Toyota Corolla Verso	Mazda Premacy

\*Méthode employée

Pour la France, l'indice CSI (indice de satisfaction du client) JD-Power provient d'indicateurs relatifs à la qualité / fiabilité du véhicule (38%), à l'attrait du véhicule (22%), aux frais d'usages (20%) et à la satisfaction par rapport au service après vente (19%). Ce dernier point permet aux marques françaises Peugeot et Renault de figurer dans le classement français grâce à l'étendu de leur réseau après-vente. Les études JD-Power démontrent également que la satisfaction stimule les intentions de rachat du véhicule. L'enquête fiabilité USA provient du nombre de pannes recensées par les propriétaires.

## 2. Les statistiques du Contrôle Technique (UTAC-OTC)

Beaucoup de points de contrôle retenus pour le calcul de la moyenne des taux de contre-visite restent susceptibles d'être affectés par le comportement du propriétaire et l'entretien ou l'utilisation du véhicule. **Même si les taux de non-conformités ne peuvent être considérés comme une mesure directe de propriétés intrinsèques des véhicules, la presse automobile utilise fréquemment les taux de contre-visite des véhicules de moins de cinq ans** (Avec une à deux révisions et la période de garantie du véhicule, l'intervention du propriétaire est faible) **pour définir un palmarès de fiabilité des véhicules.**

### MODELES DE VEHICULE DISPOSANT DU TAUX DE CONTRE-VISITE LE PLUS FAIBLE PAR TRANCHE D'AGE

Taux de contre-visites par tranche d'âge	5 ans et moins	6 à 9 ans	10 ans et plus
1	Nissan X-trail 2,03%	Toyota Yaris 4.60 %	Ferrari – tous modèles 5.76 %
2	Honda Civic VII 3,02%	Nissan Patrol GR II 5.33%	Porsche 911 9.61%

*Source UTAC – OTC 2004*

D'une manière générale, les 4X4 sont les mieux classés. Les marques les plus présentes dans le peloton de tête sont toujours les marques Toyota, Honda, BMW. Nissan est également bien classé alors qu'il était plus anecdotique sur les classements JD Power.

Avec un taux de contre-visite de 25,48% pour les véhicules de moins de cinq ans (UTAC OTC 2004), la Renault Laguna II apparaît comme un véhicule moins fiable que la Lada Niva. (La Laguna II souffre notamment de problèmes de rotules de suspensions liés à la dégradation des soufflets de protection.)

Notons enfin que sur les véhicules de plus de 10 ans, l'attention du propriétaire à son véhicule est vraisemblablement déterminante.

## B. Impact sur les compétences en atelier

---

Chaque constructeur fait des choix entre coûts et fiabilité. La logique de réduction des coûts des appareils de production de l'industrie automobile sous la pression de l'actionnariat peut déboucher sur des décisions aussi bénignes que celles relatives à l'épaisseur d'un joint mais peuvent être lourdes de conséquences sur les activités de réparation. Comme le souligne Rémy Cornubert, consultant chez Mercer Management au journal *Le Monde*<sup>12</sup> : *Ces dernières années, la plupart des constructeurs ont travaillé sur la réduction des coûts, pas assez sur l'augmentation de leurs revenus.* **L'arbitrage entre la qualité et le coût lors de la première monte induit des activités différentes dans les ateliers de réparation : cela impacte les besoins en compétences de ceux-ci.**

Les formateurs GNFA intervenant pour **Toyota** ont ainsi pu constater que les équipes des ateliers des concessions Toyota sont plus petites et sont plus orientées sur l'entretien que des concessions d'autres marques ayant un volume de vente comparable. Par exemple, il n'y a, en général, qu'un seul technicien-électronicien par atelier de concessions là où d'autres marques de même niveau de vente en ont besoin de trois fois plus.

**Les besoins en techniciens hautement qualifiés sont donc notamment liés aujourd'hui à la qualité et aux choix techniques de la première monte des marques de constructeurs automobiles.**

Avec en moyenne un rappel de masse toutes les cinq semaines entre 2001 et 2005, **Renault** souffre aujourd'hui d'un déficit d'image qualitative. Le 9 février 2006, lors de la présentation de son plan d'action, Carlos Ghosn a affiché la volonté d'inscrire la Laguna III parmi les véhicules les plus fiables du marché (afin de justifier également de tarifs plus élevés) à l'image d'Infiniti de la marque de luxe de Nissan sur le continent américain. S'il parvient à cet objectif et que les autres modèles suivent, cela demanderait de réinterroger les besoins en compétence du premier réseau d'après-vente automobile de France.

Il faut également souligner que les plus gros équipementiers et constructeurs d'automobiles se sont associés sur un travail d'homogénéisation des protocoles électroniques nommé **Autosar**. Une part importante des pannes électroniques actuelles provenant d'incompatibilités entre les équipements, ces travaux pourraient représenter une voie de fiabilisation des véhicules.

---

<sup>12</sup> LE MONDE 29.09.06

## C. Garanties anti-corrosion

Grâce aux nouveaux traitements de l'acier et des alliages, les constructeurs automobiles ont accru la durée de leurs garanties anti-corrosion. Il est désormais courant de voir des **garanties anti-corrosion de 15 ans**.

Pour un carrossier indépendant, cette garantie pose problème puisque la moindre réparation (ponçage, peinture) qui n'est pas réalisée par le réseau du constructeur risque de faire sauter cette garantie.

C'est notamment pour cette raison que nous assistons en ce moment à un regain d'intérêt pour les techniques de **débosselage sans peinture**. Jusqu'à présent ces techniques étaient « boudées » par les carrossiers car elles transforment trop leur process de travail et surtout ne leur permettent pas de vendre de la peinture sur laquelle la marge commerciale est assez conséquente.

Pourtant, alors qu'on pensait que le débosselage sans peinture resterait cantonné à des entreprises spécialistes, en 2006 le GNFA a planifié près de 300 stages de débosselage sans peinture sur toute la France. A cause des garanties anti-corrosion, les activités de débosselage se développent dans les ateliers traditionnels. De plus, les nouvelles techniques de débosselage dont le principe est de gonfler un coussin d'air sous la tôle pour redresser un impact est particulièrement efficace sur les tôles à mémoire de forme.

Le débosselage sans peinture est enfin une alternative intéressante pour les entreprises qui n'ont pas la compétence nécessaire pour monter et démonter les éléments électroniques.

## V. MULTIPLICATION DE L'ELECTRONIQUE EMBARQUEE.

Le point commun entre les innovations vues précédemment est qu'elles engendrent la multiplication de l'électronique embarquée. Depuis l'arrivée du multiplexage, celle-ci n'a pas évolué fondamentalement mais s'est multipliée.

### A. Conséquence des innovations automobiles : le passage de 12 à 42 volts .

Sous l'impact du développement des équipements de confort, de dépollution et de sécurité, les besoins en électricité se multiplient. Pour y faire face, les constructeurs envisagent depuis plusieurs années la nécessité de passer d'un système 12V à un système de 42 volts (batterie de 36 volts avec transformateur). Ce passage était annoncé en 1999, puis en 2002. En 2002, des équipementiers comme Exide n'imaginaient pas l'alternodémarrreur sans 42V... mais des équipementiers ont réussi à réaliser un alternodémarrreur qui fonctionne sous une tension de 12V.

Actuellement, la dernière annonce en date des constructeurs français prévoyait le passage de tous les véhicules à 42V pour 2007. Pourtant cela ne se fera sans doute pas à cette date.

Il existe trois problèmes majeurs à la mise en place de ce système :

- **Son prix** : « *le coût du passage de 12 volts à 42 volts l'emporte sur les avantages* » soulignait en 2002 Mike Dowset de Visteon Europe (*L'argus automobile 5.12.2002*).
- Tout réparateur qui intervient sur des systèmes électriques à 42 Volts doit être habilité à intervenir sur du courant basse tension (comme pour les voitures électriques). Cela nécessite des **actions de formation lourdes** pour les réseaux de réparateurs.
- Sa **consommation en carburant** : le passage à 42V induirait une surconsommation d'essence (0,17l aux 100 km pour un modèle à essence, et de 0,15l pour un diesel). Ce qui n'est pas d'actualité dans le contexte des dispositifs anti-pollution.

Il faut garder à l'esprit que si le passage à 42V se réalise un jour, elle engendrera des besoins en formation très conséquents.

## B. Le carrossier et l'électronique embarquée

L'électronique embarquée des véhicules touche la carrosserie : phares au Xénon, capteurs d'airbag et tous faisceaux et connecteurs sur système multiplexés ou non qui passent dans les portes.

**L'activité de dépose et pose d'éléments électriques et électronique** est désormais courante dans une carrosserie au point d'occuper un poste complet de « mécanicien collision » ou de « carrossier électricien » dans les concessions (nommé « cartech » chez Renault).

L'arrivée **dans les carrosseries d'une spécialité électromécanique** centrée sur le démontage et le remontage des éléments du véhicule conduit à une nouvelle segmentation de l'activité des ateliers de carrosserie : au lieu de passer entre les mains de deux personnes (carrossier et peintre), un même véhicule passe entre les mains d'un troisième individu spécialisé dans le montage et le remontage d'éléments électromécaniques.

Cela pose un soucis important pour les très petites entreprises composées de 1 à 2 salariés : dans ces entreprises, les salariés disposent fréquemment de la double compétence Carrossier + Peintre. La triple compétence d'électricien, de carrossier et de peintre est par contre rarissime. Ajouté à l'investissement dans un outil de diagnostic, lourd à supporter financièrement pour de petites carrosseries, ces structures sont nettement défavorisées par rapport aux autres.

## PARTIE II : UN FREIN A L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE - LE PRIX

L'évolution technologique a un coût pour l'acheteur de véhicules neufs, ce qui tend à éloigner jeunes et classes moyennes d'une démarche d'achat de VN. Des constructeurs ont tenté de répondre à la réduction de la « base sociologique » de leur clientèle.

C'est une nouveauté de l'année 2004 : un constructeur généraliste a mis sur le marché un véhicule basse technologie destiné initialement à répondre aux besoins des marchés des pays émergent. Construit par la société roumaine Dacia, filiale de Renault, la **Logan** prend pour la première fois à contre-pied la surenchère technologique que se livrent les constructeurs automobiles.

La Dacia Logan était mis à prix à 7 500€ en France dans sa version la plus épurée. Elle coûte 5 000 € en Roumanie. Peu de temps plus tard, d'autres constructeurs ont également sorti des voitures à moins de 9 000 € (Peugeot 107, VW Fox, Toyota Aygo, Citroën C1). Peut-être est-ce un signe d'avenir pour le marché européen : le constructeur indien Tata a annoncé la sortie en Inde d'un véhicule à 1 820 euros.

Renault s'est appuyé sur deux constats pour développer la stratégie « Logan » :

- **L'âge médian** des **acheteurs français d'automobile neuve** serait **de 51 ans** en 2004<sup>13</sup>. Un phénomène de vieillissement de l'achat de véhicule lié au pouvoir d'achat des seniors. (« *en 1977, les quinquagénaires gagnaient 15 % de plus que les trentenaires. En 2000, l'écart atteignait 40 %.*» souligne le sociologue Louis Chauvel<sup>14</sup>). Jean-Michel Lenormand note également dans Le Monde que « *s'est dessinée au fil des années une sorte de fracture automobile. Dans leur communication publicitaire, les marques s'adressent à de "jeunes adultes urbains", mais, en réalité, plus de 60 % de leur production est absorbée par les plus de 50 ans.* »
- Entre 1995 et 2004, le prix moyen d'une voiture neuve en France a progressé de 25%, pour atteindre en 2004, 19 040 euros. (évolution qui s'explique par la montée

---

<sup>13</sup> Le Monde 06/06/04

<sup>14</sup> Le Monde 06/03/06 et <http://louis.chauvel.free.fr/>

en gamme des modèles, par le renchérissement des équipements, par la percée des motorisations diesel et l'inflation normale.)<sup>15</sup>

L'objectif de Renault était donc de développer un véhicule destiné aux moins de 35 ans (stratégie qui n'est pas vraiment une réussite puisque selon le magazine Auto Plus en décembre 2005, l'âge moyen de l'acheteur de Logan est de 51 ans.)

Il serait toutefois inexact de penser que l'arrivée des véhicules basse technologie mettra fin à la surenchère technologique. L'Observateur Cetelem évalue à **5% la part de marché potentielle des véhicules low cost** : donc s'ils constituent désormais un marché réel, ils n'en restent pas moins un marché aujourd'hui limité.

Norbert Reithofer, PDG de BMW (*Le Monde* 29/09/06) estime toutefois que le système pyramidal (bas de gamme, milieu de gamme et luxe) de l'offre de véhicules automobiles cèdera sa place à **deux marchés distincts en « sablier » au détriment des véhicules de gammes moyennes** : il suggère donc que le low cost et le luxe devraient progresser au détriment des autres catégories. Cette vision, qui pourrait sembler partisane de la part d'un fabricant de voiture de luxe est cependant partagée par les principaux équipementiers et par la presse spécialisée.

---

<sup>15</sup> Le Moniteur Automobile 22/09/05 [la croissance du prix moyen des automobiles ne signifie pas que les prix aient augmenté « à modèle équivalent » ; au contraire, à modèle équivalent, en franc constant, les prix des véhicules neufs ont très faiblement évolué ; ce qui restreint d'autant la marge commerciale des distributeurs.]

# PARTIE III : EVOLUTION DE L'EQUIPEMENT DE GARAGE

Témoignage de la santé économique vacillante des petites entreprises et peut-être de l'âge moyen des artisans, l'équipement de garage en France est vieillissant. Selon une étude de 2005 du GIPA auprès de 1200 MRA, 64% d'entre elles ne seraient pas équipées d'un outil de diagnostic permettant de communiquer avec les véhicules récents. Seuls 6% (des 64 % non équipés) déclarent vouloir investir dans un outil de dialogue avec les calculateurs dans les deux ans à venir. Cela peut sembler assez préoccupant vu la nécessité d'équipement pour traiter les véhicules récents.

## I. L'OUTILLAGE DE DIAGNOSTIC

### A. Les outils des constructeurs

Les outils de diagnostic des constructeurs sont des PC (souvent ordinateur portable voire Pocket PC) disposant d'une carte d'interface qui permet de se connecter aux calculateurs du véhicule par l'intermédiaire de la prise de diagnostic (Présente sur tous les véhicules récents).

Le principe est le suivant : l'outil de diagnostic permet d'entrer en « dialogue » avec les calculateurs du véhicule, ceci afin de réaliser:

- ✚ Une lecture des défauts présents dans les calculateurs. Exemple : « défaut calculateur climatisation : Capteur « X » défaillant ».
- ✚ Une lecture des paramètres. Exemple : « Calculateur moteur : température de l'eau de refroidissement 87 °. »
- ✚ Une activation des composants. Exemple : « Demander au calculateur d'activer une vitre électrique à la descente. »

D'autres fonctions de l'outil de diagnostic permettent le re-paramétrage d'un calculateur (re-programmation). Exemple : Installer les nouvelles corrections du constructeur.

Le plus souvent, les outils de diagnostic sont posés sur une desserte roulante. Les réparateurs agréés reçoivent en permanence les mises à jour logicielles qui leur permettent de traiter les nouveaux véhicules et moteurs, voire de télécharger de nouveaux correctifs de calculateurs pour d'éventuels bugs.



**Renault XR25**



**Renault Clip**

Le réseau Renault est équipé de la **Clip** (initialement réalisé par Sagem, aujourd'hui par Johnson Controls) ; après avoir eu la XR25 (réalisé par Renix puis Actia) puis la NXR (Actia).

Chez Citroën l'outil de diagnostic s'appelle **Proxia** (Sagem/JC) ou **Lexia** (Actia), chez Peugeot, il s'agissait du même outil mais de couleur bleu qui s'appelait **Diag 2000**. Actuellement l'outil de Peugeot se nomme **PPS** (Peugeot Planet System).

**Téléassistance**  : les pannes devenant rares mais très complexes, le téléphone a détrôné la clef à cliquet au rang des outils de réparation essentiels au mécanicien automobile. Le **télédiagnostic ou diagnostic accompagné** est désormais une réalité dans la plupart des réseaux de constructeurs voire dans certains réseaux d'indépendants qui disposent de structures d'aides au diagnostic (comme le réseau AD). Désormais, le constructeur peut prendre la main à distance sur la valise de diagnostic de l'opérateur et l'accompagner pour un diagnostic pointu.

## B. Les outils multimarques

Les garagistes indépendants ou d'autres marques n'ont pas accès à toutes les fonctions des ordinateurs des constructeurs mais ils disposent de scanners multimarques (récupérant les informations issues des connecteurs OBD) qui n'offrent que des fonctions très limitées (par exemple, remise à zéro de l'indicateur de vidange, lecture de certains codes défaut mais pas de reprogrammation de calculateurs, d'indicateurs de pannes complets ou de toute activité d'initialisation (codage de clef, d'airbag...). Certains de ces outils peuvent toutefois fournir des mesures précises sur l'injection.

Dans les garages indépendants, les outils de diagnostic les plus fréquents proviennent de chez Johnson Controls et plus spécialement l'outil **Euro-Box** (homologué par les réseaux

AD, Eurorepar et Motrio) qui fonctionne sur un PC comme les nouveaux **KTS** de Bosch; ce qui permet d'installer d'autres logiciels.

Des outils comme l'Euro-Diag de Johnson Controls fonctionnent par contre, sur un système dédié.

De plus en plus d'outils (Actia Multi-Di@g Access par exemple) ne sont que des interfaces qui peuvent s'adapter à un PC existant; Certains outils peuvent aussi être couplés avec un oscilloscope ou un multimètre. On peut citer aussi les outils de **Facom** (X8000, X9000, X10000), de **Delphi** (DS 800, DS 500).

L'intérêt de ces outils résulte aussi de la base documentaire dont ils disposent (informations sur les réparations, banque de donnée de schémas électriques, base de donnée de pièces de rechange).

## II. AUTRES OUTILS DE GARAGE.

De manière un peu semblable aux évolutions technologiques automobiles, les évolutions des équipements de garage visent à faciliter le travail du mécanicien et à automatiser ce qui peut l'être pour permettre aux garages de gagner sur les coûts de main d'oeuvre. Deux exemples peuvent être cités :

Ainsi le développement de **stations de climatisation**  entièrement automatique avec enchaînement des opérations de maintenance automatisée permet au technicien de réaliser d'autres activités en même temps. Cela occasionne la réalisation de marges commerciales intéressantes.

Pour les entreprises qui réalisent beaucoup de pré-contrôle technique comme les centres autos, **l'appareil de géométrie FACOM Touchless**  permettra de capturer des valeurs de géométrie grâce à des paraboles présentées sur un pont en face de chaque roue du véhicule ; Cela permet de supprimer l'action chronophage de mise en place des têtes de mesure à l'aide de griffe de maintien.

## CONCLUSION :

Depuis la révolution technologique opérée vers 2000 (multiplexage, injection directe diesel, développement des composants électroniques), l'évolution technologique automobile tend plus à multiplier l'existant qu'à se transformer radicalement. De nombreuses technologies révolutionnaires dont nous avons déjà parlé il y a six ans sont toujours en attente d'une viabilité économique voire d'une « aide au démarrage ».

Avec l'urée (Adblue), l'hydrogène, l'éthanol ou plus simplement l'essence sans soufre, de nombreuses solutions pour limiter la pollution des véhicules sont dans l'attente d'une solution de la part des pétroliers et de leurs réseaux de distribution. Echaudés par le GPLc, ceux-ci ne se lanceront vraisemblablement dans l'aventure d'une nouvelle distribution que sous la contrainte de l'Etat. Il conviendra de suivre avec attention ces injonctions de l'Etat pour évaluer la possible diffusion de certaines technologies.

D'une manière générale, nous avons vu également que les évolutions automobiles futures visent à supprimer les organes mécaniques les uns après les autres pour les remplacer par un pilotage électronique afin de permettre de mieux optimiser les différents systèmes. L'évolution des véhicules conduit ainsi à éviter les pannes mécaniques et à limiter les entretiens.

Mais en cas de panne ou accident, vu la complexité des systèmes, la facture s'accroît pour le consommateur. Le coût de l'après vente (entretien et réparation) a pratiquement doublé de 1990 à 2003 pour l'automobiliste et représente aujourd'hui près de 4 milliards d'euros<sup>16</sup>. Pour éviter le risque de « roulette russe » le consommateur est souvent prêt à payer des extensions de garanties ou des assurances entretien pour éviter la panne qui pourrait immobiliser le véhicule. Cela le rendra captif plus longtemps du réseau primaire (concessions et succursales).

Cette captivité risque aussi tendanciellement de s'accroître pour des raisons technologiques. Comme le soulignait Jean-Marc Pierret rédacteur en chef du magazine Après-Vente Automobile<sup>17</sup>, « **L'expérience montre que plus la technologie est pointue et plus elle tend à capter la clientèle** ». Il est donc vraisemblable que plus les technologies automobiles se multiplieront et plus elles seront captées par les réparateurs agréés des constructeurs.

---

<sup>16</sup> Source B. Jullien ESSCA intervention au Réseau des CFA pilotes - Lyon, 11 mai 2006

<sup>17</sup> Au Symposium GIPA du 16 novembre 2006.

Conscients que la problématique de l'innovation technologique automobile revêt une importance centrale pour les services en charge de travaux d'ingénierie pédagogique ou lors de toute collaboration institutionnelle, l'observatoire et le GNFA mettent en place une **veille sur les innovations technologiques**. La collaboration donnera naissance à un outil multimédia actualisé chaque année permettant de disposer d'une expertise factuelle sur les évolutions technologiques automobile et sur leur impact dans les ateliers. Cet outil devrait permettre à terme de remplacer les dossiers de vulgarisation comme celui-ci.

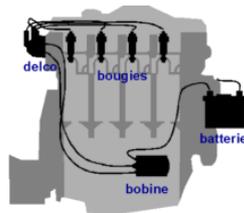
# ANNEXES

La compréhension de certaines innovations passe par une connaissance minimale du fonctionnement d'une automobile et du travail du mécanicien. Les deux parties qui suivent permettront de revoir le B.A. Ba sur le fonctionnement d'une automobile et la recherche de panne.

## I. COMMENT MARCHE UNE AUTOMOBILE ?

Il est difficile de parler d'évolution sans rappeler le fonctionnement de base. Cette annexe permet de rappeler le fonctionnement d'une automobile. De manière romancée et dynamique pour éviter que les non-spécialistes trouvent cet exposé rébarbatif, voici comment nos automobiles se meuvent.

Lorsque je tourne ma clef de contact, je demande à ma batterie de fournir du courant à un démarreur (qui est un petit moteur électrique) afin que celui-ci commence à entraîner le mouvement du moteur en rotation et simultanément je demande à ma batterie de fournir du courant à une bobine (Bloc d'allumage : il est électronique sur les véhicules actuels). La bobine produit une surtension de courant qu'il envoie à un distributeur (en rouge sur la photo) également appelé « delco » chez les garagistes (nom de la marque). Le distributeur distribue (d'où son nom) cette surtension électrique à plusieurs bougies qui vont produire des étincelles dans des « chambres de combustion ».

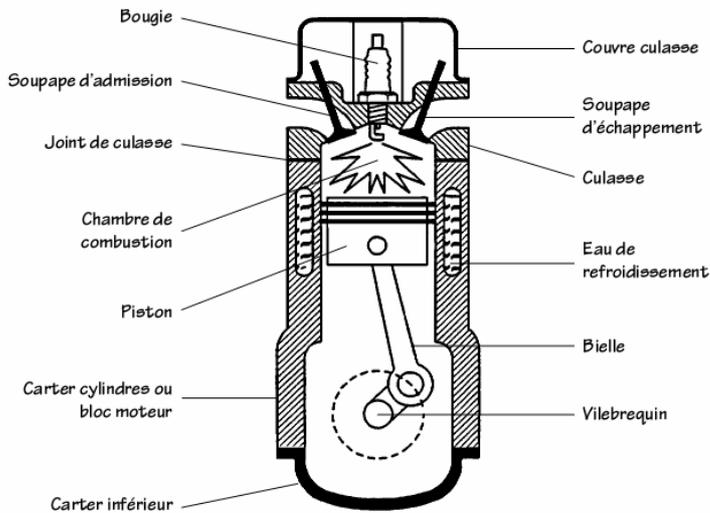


Dans le même temps, un injecteur va injecter (d'où son nom également) de l'essence dans le conduit d'admission d'une de ces chambres. Dans ce conduit, l'essence se mélangera à de l'air. Une soupape va s'ouvrir pour laisser passer ce mélange dans la chambre de combustion. Or comme chacun le sait, le mélange d'essence, d'air et d'étincelle dans un endroit confiné, crée une explosion. Cette explosion va pousser un piston qui produira (avec les autres pistons – généralement ils sont quatre) l'énergie mécanique (Rotation) nécessaire à faire avancer un véhicule.

*Source Université Paul Sabatier de Toulouse*

Résultat de l'opération : « le moteur de ma voiture tourne ».

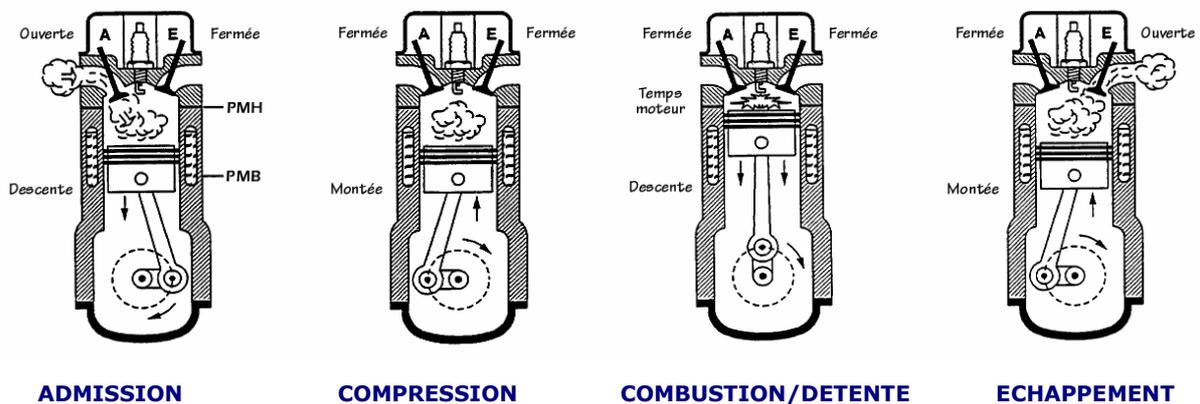
## Présentation des composants :



Source GNFA

## Le moteur 4 temps

Voici ci-dessous les 4 temps décomposés.

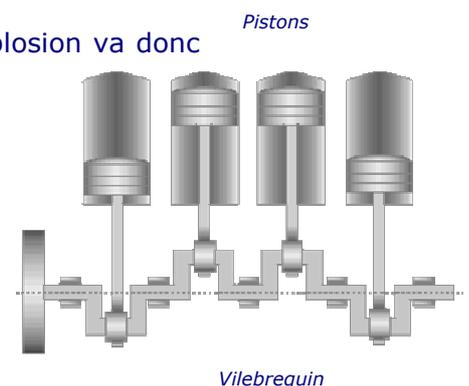


Source GNFA

Le principe est à peu près le même pour un moteur diesel sauf que le diesel ne s'enflamme pas avec une étincelle mais sous une forte pression qui produit une température très élevée (env. 500°C).

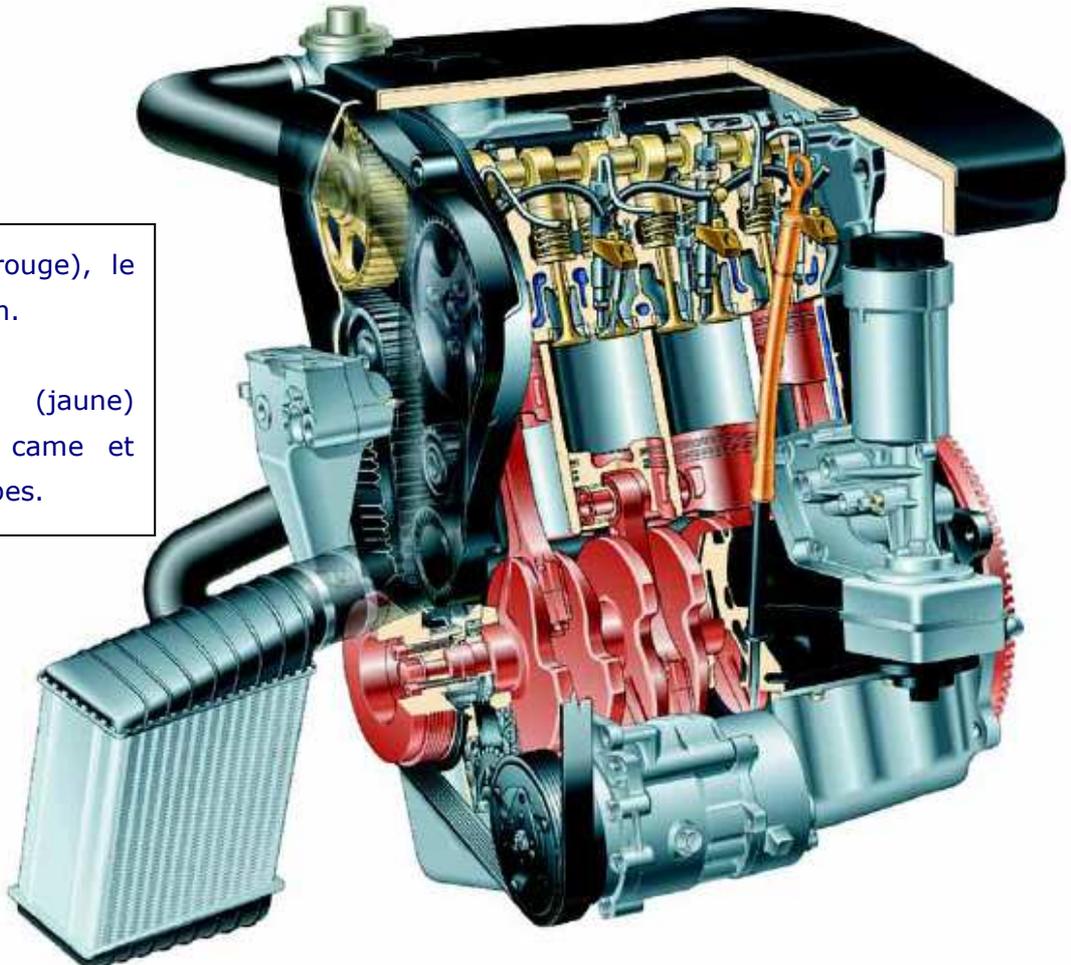
Pour en revenir à notre piston : notre piston poussé par l'explosion va donc créer une l'énergie motrice... encore faut-il transmettre cette énergie pour qu'elle arrive jusqu'aux roues. Nous parlerons donc de « transmission » pour désigner l'ensemble des organes qui transmettront l'énergie du piston aux roues (logique).

Nos 4 pistons vont entraîner un vilebrequin (voir schéma)



qui va produire un mouvement rotatif. Le vilebrequin entraîne une courroie (dite courroie de distribution) qui entraîne à son tour un arbre à came. Les cames actionnent l'ouverture et la fermeture des soupapes qui font rentrer l'air et l'essence (soupape d'admission) dans la chambre à combustion et qui font sortir les gaz brûlés (soupape d'échappement).

En bas (rouge), le vilebrequin.  
En haut (jaune) l'arbre à came et les soupapes.

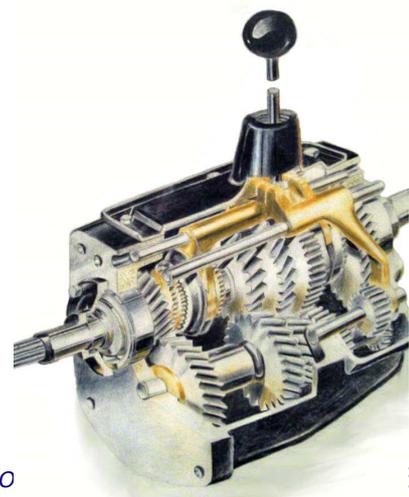


Source Skoda(moteur TDI 1.9)

Pour en revenir au vilebrequin, celui-ci entraîne également un arbre (barre de métal) appelé arbre d'entrée. C'est ici qu'intervient la boîte de vitesse. Elle est composée de différents engrenages (pignons) fixés sur l'arbre d'entrée offrant des rapports de transmissions différents : un rapport est enclenché (la première vitesse par exemple) quand un pignon de l'arbre d'entrée est solidaire d'un autre arbre appelé arbre de sortie. Le débravaae consiste à désolidariser le pignon de l'arbre de sortie.

Coupe d'une boîte de vitesse

Arbre d'entrée (en bas)  
Arbre de sortie (en haut)  
(Image libre de droits)



L'énergie motrice est transmise de l'arbre de sortie aux roues par un système d'engrenage (crémaillères, différentiels) et d'arbres reliés par des cardans (dessin ci-dessous) : l'ensemble est appelé « pont ».

*Cardan*



Résultat de l'opération : l'automobile se meut.

## II. COMMENT RECHERCHE-T-ON UNE PANNE ?

(*REALISATION GNFA*)

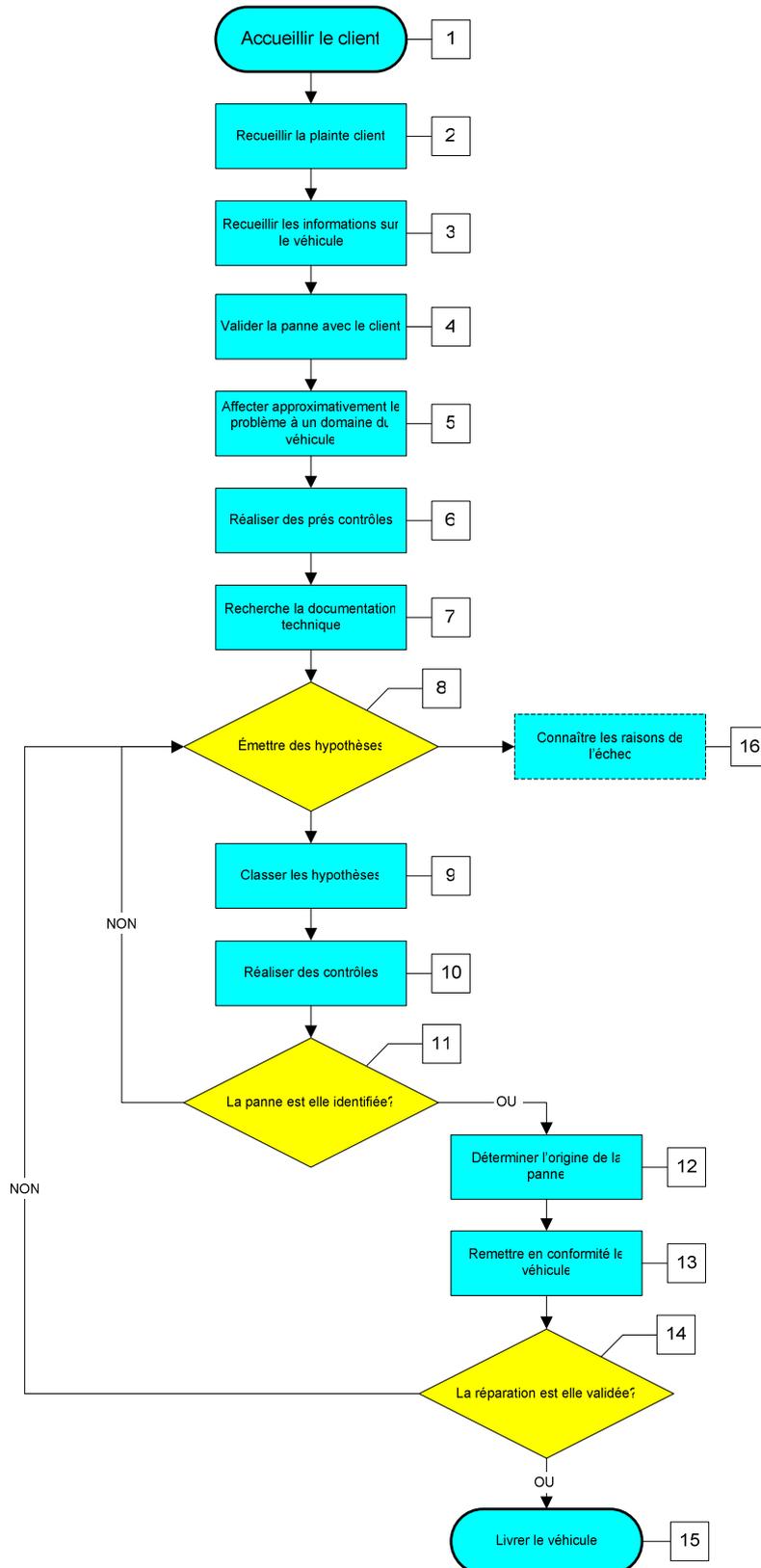
Voici ci-dessous un organigramme représentant l'enchaînement chronologique des étapes, d'un diagnostic de panne sur un véhicule. Chaque étape (en suivant sa numérotation) est expliquée en détail par la suite.

L'objectif est d'avoir une représentation globale de cette activité : il s'agit d'un modèle de recherche de panne vers lequel les techniciens doivent tendre. Ce modèle a toujours existé mais les étapes étaient plus ou moins aléatoires. Il y a quelques temps, un réparateur pouvait s'appuyer sur son expérience pour sauter des étapes ; c'est aujourd'hui de moins en moins le cas : l'innovation technologique automobile nécessite une démarche de recherche de panne précise pour éviter la perte de temps. Par exemple, l'absence de consultation de documentation technique peut avoir aujourd'hui des conséquences de plus en plus lourdes.

Pour information, l'étape 10 « Réaliser les contrôles » peut être déclinées en une multitude d'organigrammes en fonction de critères comme : La marque du véhicule, la série, la nature du système, la stratégie du calculateur, les outils, etc...

Afin d'identifier les compétences mobilisés lors de cette activité, une analogie avec l'activité du médecin lors de la recherche de la maladie ou de sa cause sera proposée.

## Méthodologie de diagnostic



## 1. Accueillir le client :

Cette opération longtemps négligée dans les ateliers de réparation est devenue essentielle dans la prise en charge du client et du véhicule. Les constructeurs ont multiplié leurs efforts afin de rendre cette étape « accueillante » (Espace d'attente avec fauteuils, café, magazines, télévision, ...).

*Analogie : Salle d'attente du médecin*

### Les points clés :

- Le faire patienter.
- Le reconforter.
- Le calmer.

## 2. Recueillir la plainte client :

Lors de cette étape, le réceptionnaire devra recueillir un maximum d'informations relatives à la déclaration des symptômes et aux antécédents du véhicule.

*Analogie : Le médecin questionne son patient sur la déclaration des symptômes (Toux, fièvres, depuis quand ?, la journée ? la nuit ?)*

### Les points clés :

- Ecouter le client.
- Questionner le client.
- Noter :
  - Les conditions d'apparition du défaut (Moteur chaud, Moteur froid, conditions météorologiques, conducteur, état de la route, sur autoroute, en côte, en descente etc.)
  - Les fréquences d'apparition.
  - Les interventions effectuées (opération de maintenance et d'entretien, travaux de carrosserie.)

## 3. Recueillir les informations sur le véhicule :

Si le client est connu du réparateur, celui devra extraire l'historique du véhicule en matière d'entretien et de réparation. Cette opération permettra au réparateur de rechercher un lien éventuel entre la panne présente et les antécédents du véhicule.

*Analogie : Age du patient, condition physique, consultation carnet de santé et/ou dossier médical.*

### Les points clés :

- Ouvrir un ordre de réparation avec certificat d'immatriculation.
- Faire signer l'ordre de réparation au client
- Identifier le véhicule : type, modèle, année, motorisation.
- Véhicule connu ou non (sortir l'historique).
- Demander le carnet d'entretien.

## 4. Valider la panne avec le client :

Afin de valider sa propre compréhension de la panne, il est important de la constater en présence du client. L'exemple le plus représentatif est le « Bruit ». Il est difficile au travers de la narration de qualifier exactement un bruit, d'où la nécessité de vérifier sur le véhicule ou lors de l'essai les dires du client.

*Analogie : Le médecin demande au patient de tousser, ceci afin de qualifier la toux et de vérifier les dires du patient.*

Les points clés :

- Constater la panne en présence du client.
- Si nécessaire :
  - faire reproduire la panne au client en essai (c'est lui qui conduit.)
  - Et reproduire personnellement la panne en cernant bien les conditions d'apparition.

## **5. Affecter approximativement le problème à un domaine du véhicule :**

Le technicien situe l'origine de la panne dans un ensemble. L'origine du problème appartenant généralement à un système ou un sous système. Pour cela, il mobilise ses connaissances technologiques.

*Analogie : Le médecin isole généralement un organe (Le cœur, les voies respiratoires, les poumons, l'estomac...)*

Les points clés :

- Connaître l'ensemble des systèmes
- Moteur (mécanique, hydraulique, électrique)
- Transmission.
- Train roulant.
- Electrique.
- Structure...

## **6. Réaliser des pré-contrôles afin d'obtenir des symptômes techniques :**

Le technicien va réaliser des contrôles simples afin de confirmer l'étape 5. Les moyens utilisés seront « classiques ».

*Analogie : Contrôle des réflexes, de la tension, de la température, ...*

Les points clés :

- Vérifier ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas. Effectuer des contrôles simples avec ou sans appareils.
  - a. Auditif.
  - b. Visuel.
  - c. Odorant.
  - d. Touché.
  - e. Tests rapides. (contrôle des fusibles, analyseur de gaz, LED, lecture code défaut...)

## **7. Rechercher la documentation technique :**

Compte tenu de la multitude de marques, de modèles, de séries, de versions et de systèmes, le technicien aura parfois recours à la documentation du constructeur automobile.

*Analogie : Le médecin a parfois recours au « VIDAL ».*

Les points clés :

- S'assurer de la correspondance des documents et du véhicule
- Document constructeur ou multimarque.

## **8. Emettre des hypothèses :**

A cette étape, le technicien va lister les causes possibles de la panne.

*Analogie : le médecin liste les causes possibles d'une toux : angine, grippe, allergie, tabac...*

Les points clés :

- Emettre les hypothèses les plus plausibles en tenant compte des pré contrôles précédents, de la plainte client, et des informations techniques.

## 9. Classer les hypothèses :

Le technicien classe celles-ci dans l'ordre chronologique des contrôles approfondis qu'il va devoir réaliser.

*Analogie : Le médecin va déterminer l'ordre dans lequel il va enchaîner les contrôles à venir.*

1) grippe 2) angine 3) allergie.

### Les points clés :

- Effectuer un classement logique en tenant compte :
  - De l'outillage.
  - De l'accessibilité.
  - De l'expérience des compagnons et de celle des collègues.
  - D'une liste de panne connue.

## 10. Réaliser des contrôles :

Le technicien met en œuvre les contrôles approfondis en respectant l'ordre déterminé lors de l'étape 9. Généralement, cette étape nécessite des moyens matériels plus importants. (Outil de diagnostic, oscilloscope, manomètres...)

*Analogie : Le médecin déclenche des analyses : radiographie, analyse de sang, scanner, ....*

### Les points clés :

- Ces contrôles vont permettre de vérifier chacune des hypothèses.
- Les hypothèses seront vérifiées suivant l'ordre défini.
- Effectuer un nouveau contrôle que lorsque le précédent est terminé et validé.
- Toutes les hypothèses doivent être vérifiées.

## 11. La panne est elle identifiée ?

Le technicien détermine avec exactitude la panne, pour cela il analyse le résultat de ses contrôles.

*Analogie : Le médecin analyse une radiographie et localise la fracture.*

### Les points clés :

- La panne va être identifiée grâce aux contrôles précédents.
- Si la panne n'a pu être identifiée des hypothèses devront être reformulées.

## 12. Déterminer l'origine de la panne :

Le technicien ne devra pas se limiter à la panne mais devra déterminer si une cause extérieure ou liée à un système parallèle peut être à l'origine du dysfonctionnement.

*Analogie : le médecin détermine si les problèmes de santé sont dû, par exemple, à un manque d'hygiène de vie (Alimentation équilibrée, sport, hygiène, ....)*

### Les points clés :

- Il est important de comprendre l'origine et les causes du problème pour ne pas rééditer le défaut.
- Il peut s'agir :
  - D'une surcharge électrique.
  - D'une surcharge mécanique.
  - D'une mauvaise utilisation.
  - D'un mauvais entretien.
  - D'une usure normale du au kilométrage.
  - D'une réparation précédente mal effectuée.
  - D'un défaut de conception ou de fabrication (mécanique, électrique, électronique)...

### **13. Remettre en conformité le véhicule :**

Le technicien procède à la réparation ou au remplacement de l'élément selon les « règles de l'art ».

*Analogie : le médecin rédige l'ordonnance ou le chirurgien pose une broche.*

Les points clés :

- Penser à remédier à la cause du problème.

### **14. La réparation est elle validée ?**

Le technicien va devoir, s'assurer du bon fonctionnement du véhicule à l'issue de la réparation.

*Analogie : Le médecin doit s'assurer du rétablissement de son patient à l'issue du traitement.*

Les points clés :

- Il faut recréer les conditions d'apparition des symptômes lors d'un essai et vérifier qu'ils n'apparaissent plus.
- Vérifier que la panne ou la réparation n'a pas engendré de dysfonctionnement sur d'autres systèmes.
- Vérifier dans l'ensemble des boîtiers électroniques l'absence de défaut. Garder une trace de la bonne réparation effectuée (Ticket analyse de gaz, trains roulants, lecture code défaut).

### **15. Livrer le véhicule :**

Le réceptionnaire devra expliquer en langage clair, au client, les opérations réalisées sur son véhicule.

*Analogie : le médecin donne les explications (également en langage clair) au patient, sur la nature de la maladie et les posologies du traitement.*

Les points clés

- Démystifier la technique
- Expliquer et commenter la réparation au client.

### **16. Les raisons d'un échec :**

Un échec à l'étape N°11 ou N°14 devra inciter le technicien à revenir à l'étape N°8 (Voir organigramme, cellules de couleur jaune).

Reprendre une analyse complète permet d'éviter l'écueil de contrôles inutiles ou de remplacement d'organe non justifié.

*Analogie : Le médecin devra remettre en question son diagnostic afin de se replonger dans les analyses et les compléter si nécessaire. La modification du traitement ou des posologies sera la conséquence de cette nouvelle réflexion.*

Les points clés :

- Matériel insuffisant (Outil, documentation)
- Panne connue seulement par un réseau.
- La panne est intermittente (elle ne s'est pas produite lors de l'essai)
- Manque d'expérience dans le diagnostic.
- Connaissance technique des systèmes insuffisante.
- La méthode de diagnostic n'a pas été suivie rigoureusement. (Saut d'étape)