



Les automobiles

MISE EN PERSPECTIVE

Les premières automobiles apparues à la fin du XIX^e siècle intégraient la plupart des principes techniques que l'on retrouve dans les voitures d'aujourd'hui. Le principal défi de l'époque était d'adapter les moteurs à combustion à la locomotion, de transmettre la puissance du moteur aux roues, en assurant la maniabilité du véhicule (direction, freinage). De constants progrès tout au long du XX^e siècle ont permis d'améliorer les systèmes conçus pour résoudre ces difficultés techniques, en y introduisant l'électricité, puis l'électronique, et de multiples innovations, notamment dans le domaine des matériaux. Cette évolution a fait de l'automobile un produit manufacturé de grande consommation dans les pays industrialisés. C'est ainsi que l'attention s'est progressivement tournée de plus en plus vers le



confort de l'**habitacle**, la sécurité et la diminution de la pollution ; ces deux derniers problèmes étant directement liés au succès de l'automobile, à l'augmentation de la circulation routière et aux émissions de gaz d'échappement.

FONCTIONNEMENT CLASSIQUE

LE MOTEUR

Le moteur à combustion

Il est constitué de différentes parties.

- Le bloc moteur forme les cylindres. Il est le siège de l'explosion du carburant.
- La culasse couvre le bloc moteur.



La culasse contient les soupapes et ferme les **cylindres**. Le joint de culasse assure la fermeture hermétique du bloc moteur.

- Le piston : il est lié au vilebrequin par la bielle. Il transmet au vilebrequin l'énergie créée par l'explosion du carburant dans les cylindres. Constitué de céramique et aluminium, le piston doit résister à de fortes températures et pressions.
- La bielle : en acier, en titane ou en alliage léger, la bielle lie le piston au vilebrequin.
- Le vilebrequin : cette pièce transforme le mouvement rectiligne alternatif des pistons en un

mouvement rotatif continu. La production d'énergie du moteur de voiture classique se fait en quatre étapes : l'admission du carburant dans la chambre de combustion, la compression du carburant, la combustion qui produit de l'énergie, enfin la détente et la libération des gaz résiduels.

Le moteur électrique

Le moteur électrique transforme en mouvement rotatif l'énergie fournie par les batteries. Il puise son énergie dans un système de batteries d'accumulateurs spéciaux pour la traction pendant les phases d'accélération et régénère les mêmes batteries au cours des freinages. Un système de régulation bi-directionnel connecte le moteur aux batteries. Les **véhicules électriques** offrent pour l'instant



une autonomie limitée par la capacité de charge relativement faible des batteries d'accumulateurs.

Le moteur hybride

Il combine les avantages des moteurs à combustion interne et ceux des moteurs électriques. Les deux types de moteurs sont

montés sur le véhicule, un système informatique et électronique gère la complémentarité des moteurs ainsi que les ressources disponibles en fonction des demandes et des contraintes.

LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

Allumage

L'allumage consiste en l'inflammation des gaz comprimés dans la chambre de combustion du moteur. La combustion du mélange, qui peut être considérée comme une réaction chimique entre le carbone contenu dans l'hydrocarbure (essence ou gazol) et l'oxygène contenu dans l'air, doit satisfaire à certaines conditions de dosage, de mélange et de température (plus de 600-700°C). On distingue deux catégories de moteurs :

- les moteurs à allumage par étincelle électrique commandée (ou à explosion), dans lesquels le carburant est généralement mélangé à l'air avant d'être introduit dans la chambre de combustion ;
- les moteurs à allumage par combustion lente (Diesel), dans lesquels le combustible (gasol) est injecté dans un volume d'air

fortement comprimé.

Le démarreur est un moteur électrique auxiliaire alimenté par la batterie d'accumulateurs et destiné à lancer un moteur à combustion interne pour lui permettre de démarrer.

Batterie

La batterie d'une automobile est sollicitée pendant un court laps de temps : le démarrage. Dès que l'automobiliste tourne la clé, le circuit électrique est fermé. La batterie décharge alors un important courant qui sert à mettre le moteur en marche. Une fois l'automobile démarrée, c'est principalement l'alternateur qui s'occupe de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'appareillage électrique et aussi de recharger la batterie. La batterie automobile doit donc générer un courant très fort pendant une courte période. Ce type de batterie ne doit jamais se décharger à plus de 75% de sa capacité maximale, sans quoi, l'efficacité de la batterie est diminuée de façon permanente. La batterie est rechargée presque instantanément par l'alternateur.

Alternateur automobile

Sur une voiture, l'alimentation des circuits d'allumage, de démarrage et d'éclairage est réalisée par un générateur de courant. Cet appareil peut être une pile, un magnéto, une batterie d'accumulateurs, une dynamo ou un alternateur fournissant du courant alternatif. L'adoption du démarreur sur les automobiles a généralisé la batterie.

Éclairage

Les voitures sont équipées d'un arsenal d'éclairages permettant de



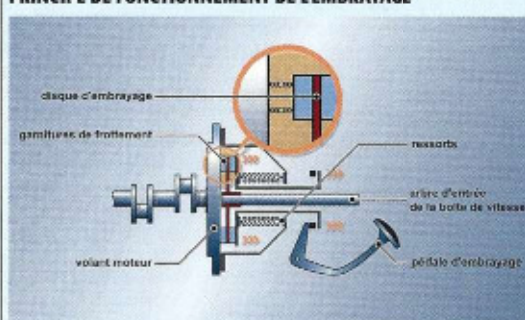
voir et d'être vu dans des conditions à risques. Il existe différents types de projecteurs (lampes électriques) :

feux de position, de **croisement**, de route, feux de recul, de clignotement et feux de détresse.

LA TRANSMISSION

Le système de transmission communique aux roues motrices le mouvement des pistons créé par l'explosion. C'est le **vilebrequin** qui transforme le mouvement rectiligne des pistons en un mouvement rotatif. La force exercée par les pistons devient alors un couple de rotation qui entraîne les roues. La transmission

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE



L'embrayage fonctionne sur le principe de la liaison mécanique entre un volant moteur et un disque d'embrayage. Le volant est solidaire de l'axe moteur qui l'entraîne dans son mouvement rotatif. Le disque lié à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesse est muni de garnitures de frottement et d'un ressort diaphragme qui

presse fortement le disque contre le volant : les deux pressés l'un contre l'autre, le mouvement de l'axe moteur est transmis au disque qui le transmet par suite à l'axe d'entrée de la boîte. Lorsqu'on débraye, les deux disques sont désolidarisés, l'axe moteur tourne seul tandis que l'axe d'entrée de la boîte est alors libre.

de la puissance du moteur aux roues se fait par l'intermédiaire de :

- l'embrayage : il permet de désolidariser le moteur des roues afin de changer les rapports.
- la boîte de vitesse : elle permet de changer les rapports.
- un arbre de transmission qui transmet le mouvement de rotation.
- un pont : relié à l'arbre de transmission, il distribue la rotation aux roues.

L'embrayage

L'embrayage permet le changement des rapports de vitesses sans forcer le moteur. Automatique ou manuel, il protège donc le moteur, la boîte de vitesse et diminue les vibrations dans le véhicule. En position de débrayage, le moteur et la boîte de vitesse se désolidarise l'un de



l'autre : ainsi on peut changer de rapport de vitesses. En réembrayant, on restaure la liaison entre ces deux parties, et les **roues** tournent alors suivant le nouveau rapport.

La boîte de vitesse

La boîte de vitesse permet de modifier le rapport entre la vitesse de rotation du moteur et celle des roues motrices. Elle adapte le couple du moteur à la résistance du mouvement. C'est un système d'engrenages qui crée les rapports de vitesses. Il est placé entre l'arbre moteur et l'arbre de transmission, en

aval de l'embrayage. La boîte de vitesse classique possède un arbre primaire relié à l'embrayage, un arbre secondaire relié à l'arbre de transmission et généralement un arbre intermédiaire entraîné par l'arbre primaire. Les engrenages de roues sont portés par les arbres, enfermés dans un carter et lubrifiés en permanence par barbotage dans de l'huile.

La transmission

Sur une traction (roues motrices à l'avant du véhicule), le couple est transmis aux roues avant par l'intermédiaire d'un pont. Un différentiel permet aux roues de tourner à des vitesses différentes dans les courbes. Sur une propulsion (roues motrices à l'arrière du véhicule), les roues motrices reçoivent la puissance du moteur par l'intermédiaire d'un arbre de transmission. Comme pour les tractions, un pont et un différentiel sont situés entre les deux roues motrices. Pour permettre au pont de transmettre efficacement sa rotation aux roues, qui sont d'angles et de hauteurs variables suivant le terrain, on utilise un cardan qui permet la transmission d'une force entre deux éléments rotatifs suivant deux axes différents.

LA DIRECTION

Le volant est relié aux roues directrices par un arbre de transmission. Il existe deux systèmes de direction. **La direction à crémaillère** Un pignon en bout de l'arbre de direction du volant entraîne la crémaillère lors de sa rotation. Le déplacement de la crémaillère provoque l'orientation des roues.

Sécurité et pollution

1981
Date de commercialisation du premier airbag.

55
millisecondes



Ouverture d'un airbag frontal.

70%



On estime que 70% du monoxyde de carbone en France provient des transports.

120 000 km

Les filtres à particules doivent être changés tous les 120 000 km.

35,6 millions



Le parc automobile circulant en France au 1^{er} janvier 2004 est estimé à 35,6 millions de véhicules.

Le métal



100
%

Le matériau automobile le plus recyclé

La direction par vis sans fin

L'extrémité de l'arbre de transmission possède une vis sans fin qui entraîne le segment de direction. Lorsque le volant tourne, la vis déplace le segment qui entraîne une biellette puis l'orientation de la roue.

LES FREINS

Les freins constituent le système permettant de ralentir le véhicule par une action mécanique sur les roues. Les freins sont commandés par la pédale de frein. Suite à une pression sur la pédale, un piston pousse dans le maître cylindre une huile qui, par les canalisations du circuit de freinage, transmet une pression au système de freins des roues : des cylindres récepteurs reçoivent la pression hydraulique et serrent les parties fixes (plaquette ou segment) sur les parties mobiles solidaires des roues (disque ou tambour).

Freins à tambours

Les freins à tambours sont constitués principalement de tambours et de segments. Les tambours sont solidaires des roues et tournent avec celle-ci. C'est en exerçant une force de frottement sur les tambours que la voiture est ralentie. Cette force de frottement est exercée par deux segments recouverts d'une garniture (surface à frottement élevé) : la pression sur la pédale est transmise aux pistons des cylindres récepteurs du frein qui plaquent les garnitures contre les tambours.

Freins à disques

Les freins à disques sont composés de deux parties : l'étrier, partie fixe solidaire des structures du véhicule, et le disque, partie mobile entraînée par la roue dans son mouvement de rotation. C'est en exerçant une force de frottement sur les disques que la voiture est ralentie. L'étrier supporte les plaquettes qui, suite à l'action sur la pédale de frein, pressent le disque.

LES SUSPENSIONS

Les suspensions sont une liaison élastique entre le châssis du véhicule et les roues. Elles favorisent le contact avec le sol dans les virages ou sur un terrain difficile et augmentent ainsi l'adhérence et le confort de conduite. C'est un système de ressorts et d'amortisseurs hydrauliques de conception variable selon les constructeurs qui assure la suspension d'un véhicule.

SYSTÈMES DE SÉCURITÉ

SÉCURITÉ ACTIVE

La sécurité active concerne tous les dispositifs de la voiture dont le rôle est d'éviter l'accident.

• **ABS (Anti blockier system)** : ce système empêche le blocage des roues lors d'un freinage fort. Il évite la perte d'adhérence et favorise le contrôle du véhicule.

• **ESP (Electronic stability program)** : action sur les freins lors de la perte de contrôle du véhicule. L'intérêt est de limiter l'accélération et de favoriser la trajectoire voulue.

• **BAS (Brake assistant system)** : système agissant sur le frein. Un capteur juge de la pression sur la pédale de frein et augmente la puissance de freinage au maximum en cas d'urgence.

• **Antipatinage** : limite le patinage des roues motrices en détectant la roue à ralentir et celle à accélérer afin d'assurer la stabilité du véhicule.

SÉCURITÉ PASSIVE

La sécurité passive concerne tous les dispositifs dans le véhicule qui préviennent les blessures graves en cas d'accidents.

L'habitacle et les déformations périphériques

Les véhicules sont actuellement conçus afin de protéger les passagers en cas de choc : l'habitacle joue le rôle d'une cellule de survie où les déformations doivent être minimisées. Les habitacles sont particulièrement renforcés pour qu'ils se déforment le moins possible.

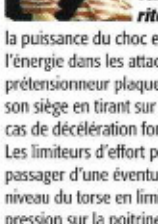


La carrosserie du véhicule et les structures mécaniques externes à l'habitacle sont prévues pour se déformer afin d'absorber et de dissiper au

mieux l'énergie du choc. Les déformations programmées se généralisent progressivement à tous les véhicules modernes : l'avant et l'arrière des véhicules sont conçus afin d'encaisser les chocs, des barres de renforts sont ajoutées dans les portes pour prévenir des chocs latéraux. Enfin, les structures métalliques sont conçues de manière à ce que l'énergie du choc soit transmise au reste du véhicule.

Les ceintures de sécurité

Elles permettent de limiter le déplacement des occupants dans l'habitacle. Equipées de pré-tensionneurs et de limiteurs d'effort, la ceinture de sécurité diminue aussi



la puissance du choc en transférant l'énergie dans les attaches. Le pré-tensionneur plaque le passager à son siège en tirant sur la ceinture en cas de décélération forte. Les limiteurs d'effort protègent le passager d'une éventuelle blessure au niveau du torse en limitant la force de pression sur la poitrine.

L'airbag frontal

L'airbag protège les occupants d'une voiture des lésions entraînées par un choc frontal avec le volant ou le tableau de bord. L'airbag joue le rôle d'un coussin : il se



gonfle dans le cas d'une forte décélération du véhicule. C'est un appareil de commande électronique qui transmet l'ordre d'ouverture de l'airbag. L'ouverture doit se dérouler en un temps très court (55 ms en moyenne) : 15 ms après un choc, l'appareil de commande déclenche l'ouverture de l'air bag, qui se gonfle

en 35 ms. Le coussin amortit la poussée du corps vers l'avant et se dégonfle rapidement (200 ms environ) afin de ne pas repousser brutalement le corps vers l'arrière.

ÉMISSIONS DE GAZ

POURQUOI LES VOITURES POLLUENT

L'énergie nécessaire aux automobiles provient de la combustion d'hydrocarbures par le dioxygène contenu dans l'air. Au cours de cette réaction chimique, les atomes de carbone et d'hydrogène du carburant se combinent avec les atomes d'oxygène : ils forment de nouvelles molécules qui constituent les produits de combustion. Outre la formation d'eau, la combustion des hydrocarbures entraîne naturellement la formation de monoxydes et de dioxydes de carbone. Mais la combustion des moteurs automobiles fait intervenir d'autres éléments. L'azote contenu naturellement dans l'air subit lui aussi une transformation chimique au cours de la combustion : il réagit avec les molécules de dioxygène pour donner des molécules d'oxydes d'azote. Certains additifs comme le plomb sont ajoutés aux carburants pour augmenter leurs performances et forment eux aussi des produits polluants. Le raffinage du pétrole ne permet pas d'obtenir de carburants purs : il reste toujours des impuretés, comme le



soufre, qui apparaît aussi dans les gaz d'échappements. Il existe enfin ce que l'on appelle des polluants secondaires : ce

sont des produits de la combustion qui réagissent ensuite avec le rayonnement solaire et l'atmosphère. Par exemple, l'ozone des gaz d'échappement provient d'une photodissociation des dioxydes d'azote et d'une recombinaison avec le dioxygène.

LES PRINCIPAUX POLLUANTS

• **CO₂** : dioxyde de carbone ou gaz carbonique. Il contribue à l'augmentation de l'effet de serre, donc participe au réchauffement climatique. Il n'existe pas encore de réglementation quant à l'émission de CO₂ à l'échappement. On estime que 30% de l'émission de CO₂ en France sont dus au transport.

• **CO** : monoxyde de carbone. En raison d'une grande affinité avec l'hémoglobine, ce gaz lorsqu'il est inhalé remplace l'oxygène dans le sang, ce qui réduit l'alimentation nécessaire en oxygène des tissus organiques. On estime que 70% du CO en France proviennent des transports.

• **NOx** : les oxydes d'azote (NO et NO₂). Le NO₂ se fixe sur les alvéoles pulmonaires, entraînant ainsi leur dysfonctionnement : les alvéoles sont les défenses principales de nos poumons contre les bactéries, les particules, les virus... Les oxydes d'azote peuvent donner aussi de l'ozone atmosphérique (O₃). 75% des oxydes d'azotes sont dus au transport en France.

• **HC** : hydrocarbures imbrûlés. Outre leur participation à l'augmentation de l'effet de serre, ces gaz peuvent entraîner des cancers, des leucémies, l'altération des globules, des anomalies génétiques. 60% des hydrocarbures sont émis par les voitures.

• **Les particules d'hydrocarbures** : elles constituent la fumée visible des gaz d'échappements des moteurs diesel. Elles sont de tailles variables : les plus petites peuvent pénétrer le corps humain et provoquer différentes maladies tandis que les plus grosses se déposent sur le sol. Ces particules surchargent les poumons les rendant moins efficaces.

• **SO₂** : le dioxyde de soufre. Ce gaz issu des moteurs diesel est responsable des pluies acides. 13% des émissions



de dioxyde de soufre sont dus au transport automobile.

• **O₃** : l'ozone. Le cycle de formation et de destruction de l'ozone atmosphérique est très complexe. La production artificielle de ce gaz peut conduire à un déséquilibre de la quantité naturelle d'ozone. L'ozone entraîne sur l'homme des difficultés respiratoires importantes ainsi qu'une irritation des yeux et des muqueuses. Il peut aussi déclencher des crises d'asthme.

• **Métaux** : le plomb est le plus dangereux des métaux produits par un moteur automobile. Il pénètre le corps indifféremment par inhalation ou par l'épiderme pour atteindre finalement le sang, perturbant gravement les fonctionnements des organes et le développement des enfants.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARBURANT

• **L'essence** : produit liquide de la



distillation du pétrole, stocké à l'état liquide.

• **Le gasoil** : produit liquide de la distillation du pétrole, moins raffiné que l'essence, stocké à l'état liquide.

• **Le GPL (Gaz Pétrole Liquéfié)** : mélange de butane et de propane plus dense que l'air, stocké à l'état liquide.

• **Le GNV (Gaz Naturel pour Véhicule)** : un méthane deux fois moins dense que l'air, stocké à l'état gazeux, sous pression.

LES NORMES EUROPÉENNES

Les normes antipollution européennes (Euro1, Euro2, Euro3, Euro4) définissent les limites de pollution imposées aux constructeurs. Elles prennent en compte quatre facteurs : le niveau de monoxyde de carbone (CO) ; le niveau d'hydrocarbures imbrûlés (HC) ; le niveau d'oxydes d'azote (NOx) ; le niveau de mélange de NOx et HC (depuis 1993).

COMMENT REMÉDIER À LA POLLUTION

L'une des voies de réduction des émissions polluantes consiste à diminuer la consommation de carburant. L'augmentation globale du rendement a pour conséquence de réduire la production de gaz d'échappement. Des progrès constants sont faits en la matière, que ce soit au niveau des moteurs (combustion plus efficace), de l'aérodynamisme des automobiles ou de la résistance au roulement des pneumatiques. D'autre part, des carburants plus propres, c'est-à-dire contenant moins d'impuretés, contribuent à des émissions moins polluantes. Par ailleurs, les pots d'échappement jouent actuellement le rôle de filtre de pollution : le pot catalytique pour les moteurs essence



et les filtres à particules pour les moteurs diesel. Ces derniers sont situés à la sortie des échappements du moteur : ils stockent les particules contenues dans les gaz d'échappement et, dans un deuxième temps, ils brûlent les particules afin de les éliminer. Les filtres à particules doivent être changés tous les 120 000 km.

Les réglementations permettent aussi d'orienter les pratiques : des mesures fiscales favorisent l'utilisation de véhicules moins polluants, des mesures contraignantes régulent la circulation ou en limitent les vitesses.

Le comportement individuel peut aussi donner des résultats probants dans la lutte contre la pollution. Le choix du véhicule, de sa cylindrée, une conduite calme et régulière, permet de réduire efficacement l'émission de gaz polluants d'origine automobile.

LE POT CATALYTIQUE

Le pot catalytique est situé en fin du processus de combustion du moteur à essence. Son rôle est d'éliminer la nocivité des produits d'échappement en transformant chimiquement, par oxydation, les gaz nocifs en gaz inoffensifs. Les gaz d'échappement entrant dans le pot traversent une multitude de petits canaux dont les parois sont recouvertes de métaux précieux (platine, rhodium). Au contact de ces métaux, les gaz (CO, NOx, hydrocarbures) subissent des transformations chimiques, et forment des produits moins polluants (CO₂, H₂O, N₂). Pour un fonctionnement efficace du pot catalytique, la quantité d'oxygène contenue dans les gaz d'échappement doit être constante. Une sonde mesure cette teneur à l'entrée du pot et optimise le recyclage des gaz en régulant le dosage air/essence. Il faut remarquer que le pot catalytique ne fonctionne pas en permanence : quand le véhicule est froid, lorsqu'il fonctionne au ralenti ou lorsqu'il y a une forte variation du régime moteur (accélération, décélération), le recyclage est nul. Enfin, il est impératif d'utiliser de l'essence sans plomb car cet élément chimique détruit les composants du catalyseur.