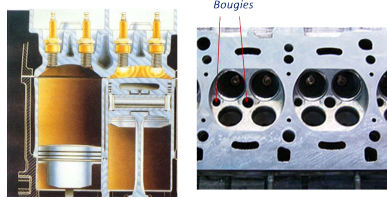


Une combustion améliorée

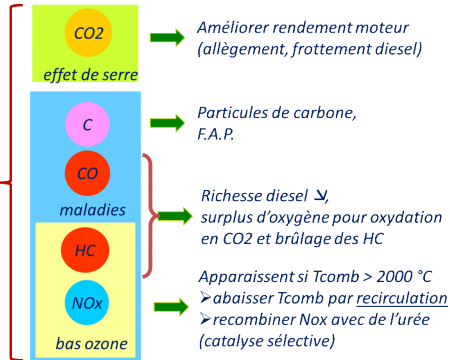


Le double allumage (twin spark) permet de favoriser la combustion. Il est réalisé à l'aide de deux bougies hautes performances par cylindre.

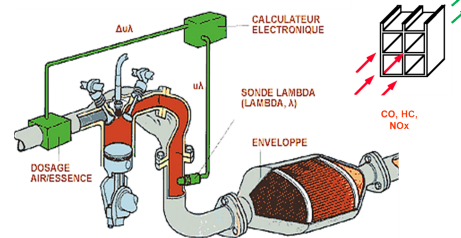
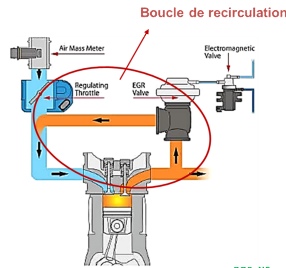
On notera que la présence de 4 soupapes par cylindre implique donc la nécessité de réaliser 6 « trous » dans la culasse pour chaque cylindre en complément des autres passages (eau et huile) !!!

Un moteur plus propre

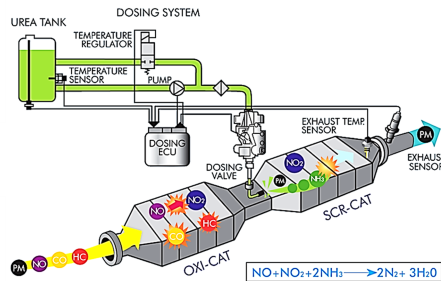
A combattre



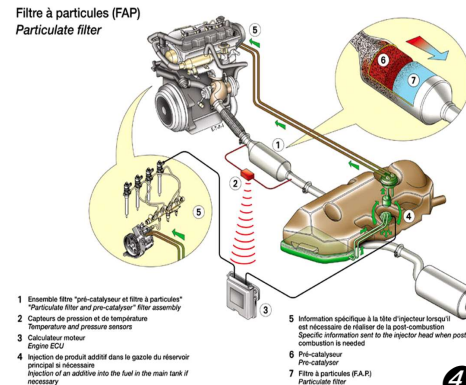
La recirculation des gaz d'échappement dont une partie est redirigée vers l'admission à certains régimes permet d'abaisser la température de combustion et de réduire à faible coût la production de monoxyde d'azote (Nox).



Le pot catalytique est un dispositif placé à l'échappement, il épure les gaz rejetés. Le revêtement du pot catalytique absorbe le monoxyde de carbone, les hydrocarbures (HC) et les oxydes d'azote (NOx) contenus dans les gaz d'échappement et leur permet de réagir entre eux pour former du dioxyde de carbone (CO₂), de l'eau (H₂O) et de l'azote (N₂).



Dans la catalyse sélective, un réservoir additionnel est rempli d'une solution aqueuse composée à 32,5% d'urée et à 67,5% d'eau déminéralisée (comme l'AdBlue par exemple). Le mélange est injecté dans les gaz d'échappement des moteurs Diesel. Son utilisation permet de transformer par réaction chimique 85% des polluants (oxydes d'azote, appelés NOx) en vapeur d'eau et azote inoffensif...



Le filtre à particules permet de filtrer les suies issues de la combustion dans les moteurs Diesel. Les particules ont une taille de l'ordre de 10 nm à 1 µm.

Au bout de quelques centaines de km, les particules commencent à colmater le filtre. Le nettoyage consiste à brûler les suies en injectant un volume important de gasoil dans le filtre. L'auto-inflammation du carburant permet de nettoyer le filtre (catalyse). C'est une POST-COMBUSTION...

Dossier 4

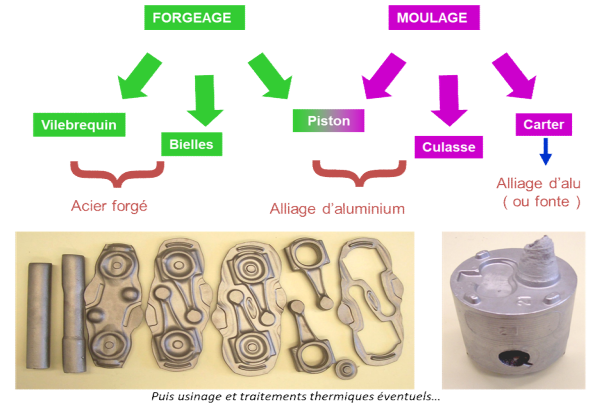
Moteur à combustion interne – FABRICATION et OPTIMISATION

Ce document est une synthèse du cours présenté

Quels sont les procédés de fabrication mis en œuvre ?

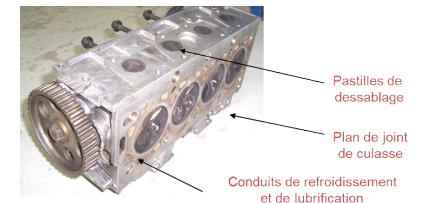
On appelle « brut », la pièce obtenue après forgeage ou moulage qui sont les procédés d'obtention de bruts.

C'est ce brut qui est ensuite usiné sur machine (tour, fraiseuse, rectifieuse...) pour obtenir la pièce finale qui va être utilisée lors de l'assemblage du moteur. La fabrication classiquement utilisée est résumée figure suivante.



La quasi-totalité des moteurs d'automobiles sont à carter humide et les cylindres étaient initialement usinés directement dans la masse du bloc alors en fonte.

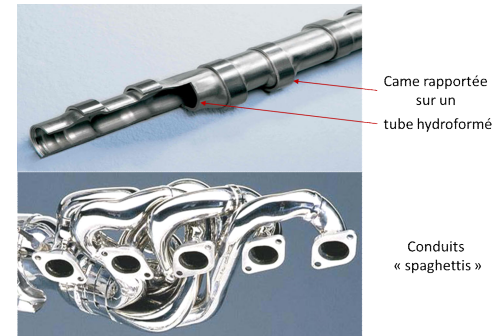
La chemise rapportée est aujourd'hui largement majoritaire, elle favorise la réparation en cas d'avarie entre chemise et piston (serrage, usure...) et le bloc est souvent en aluminium.



On comprend la fragilité du joint de culasse quand on observe le nombre de perforations dont il fait l'objet (conduits de refroidissement et de lubrification...).

On notera les pastilles de dessablage sur la culasse, pièce moulée parfois d'une grande complexité.

Une fabrication optimisée



Dans un but d'allègement, les arbres à cames sont désormais creux, obtenus par emmanchement des cames sur un tube d'acier qui peut être hydroformé sous l'action d'une pression interne pouvant atteindre 800 bars !

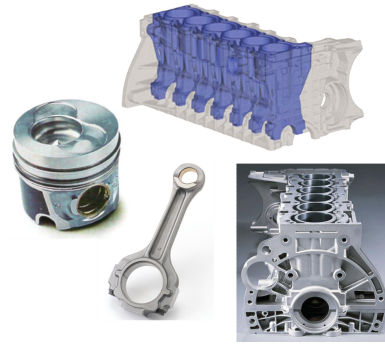
Les collecteurs d'échappement en fonte sont particulièrement lourds. Ils sont parfois remplacés par des tubulures à double paroi en tôle qui procurent une meilleure isolation thermique. De plus, la couche intérieure étant plus mince, l'inertie thermique est minimisée si bien que le catalyseur, disposé au plus près du moteur, atteint rapidement sa température de fonctionnement.

Tout comme les arbres à cames, les tubulures d'échappement peuvent être réalisées par hydroformage ce qui permet des formes complexes exemptes de soudure. Afin d'égaliser les pertes de charge pour chaque cylindre, il est possible de donner la même longueur à tous les conduits, ce sont les conduits dits « spaghettis »...

Toujours par soucis d'allègement des nouveaux matériaux ont fait leur apparition.

⇒ LE MAGNESIUM : la densité du magnésium pur est de 1,4 contre 2,7 pour l'aluminium et 7,3 pour la fonte grise. Les nouveaux moteurs ont un bloc-moteur composite magnésium – aluminium dont le poids n'est que de 60% de celui d'un bloc similaire en fonte grise.

LE TITANE : de densité égale à 4,5 le titane a un rapport résistance/poids exceptionnel et est utilisé dans de très nombreuses applications. Pour chaque gramme gagné sur le poids des bielles, plusieurs grammes exigés pour les supporter et les équilibrer peuvent être enlevés. Le coût élevé du titane peut éventuellement être compensé par la suppression des arbres d'équilibrage et des supports moteur spéciaux...



Une distribution optimisée

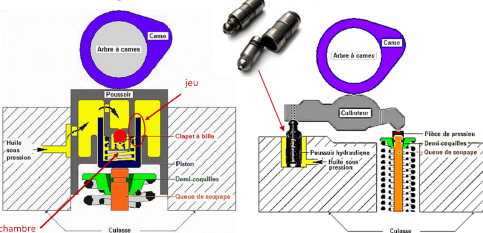
Pour tenir compte de l'inertie des gaz et gagner un peu en efficacité, les soupapes sont ouvertes ou fermées avec avance ou retard sur l'instant voulu par le cycle. Les diagrammes de distribution servent à illustrer de manière schématisée **les temps d'ouverture des différentes soupapes**, sur l'ensemble d'un cycle moteur. Sur un moteur à quatre temps, étant donné que le vilebrequin doit faire deux tours complets pour que le cycle se réalise, on trace ces diagrammes sur 720° et sous forme circulaire.

AOA, AOE, RFA et RFE désignent les angles caractéristiques de la distribution.

Les significations des lettres sont les suivantes :

- pour la première lettre, A = avance, R = retard ;
- pour la deuxième, O = ouverture, F = fermeture ;
- pour la troisième, A = admission, E = échappement.

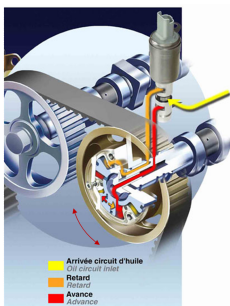
On observe que les soupapes admission et échappement sont régulièrement ouvertes en même temps !



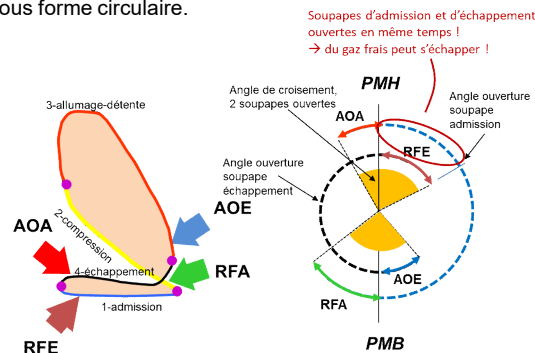
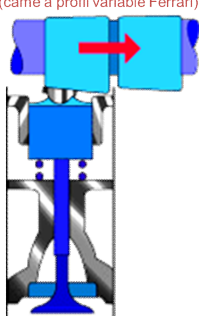
Commande directe

Commande indirecte dite culbutée

Modification de l'avance et retard



Modification de la levée (came à profil variable Ferrari)



Soupapes d'admission et d'échappement ouvertes en même temps !
→ du gaz frais peut s'échapper !

Les soupapes sont filiformes et dilatent beaucoup donc le jeu entre les cames et les poussoirs doivent être vérifiés régulièrement. Le poussoir hydraulique supprime cette maintenance, il assure avec certitude et automatiquement la compensation des dimensions liée aux dilatations des pièces.

La compensation de l'allongement de la tige de soupape dû à sa dilatation s'effectue par variation d'un volume d'huile dans une chambre sous pression.

Les variateurs de calage qui modifient avance et retard autorisent une rotation relative de l'arbre à cames et de sa poulie, ils sont devenus courants pour l'arbre à cames d'admission. Ils permettent d'optimiser son calage en fonction du régime et de la charge.

Néanmoins en avançant l'ouverture de l'admission, on avance simultanément sa fermeture, ce qui est loin d'être souhaitable dans toutes les conditions.

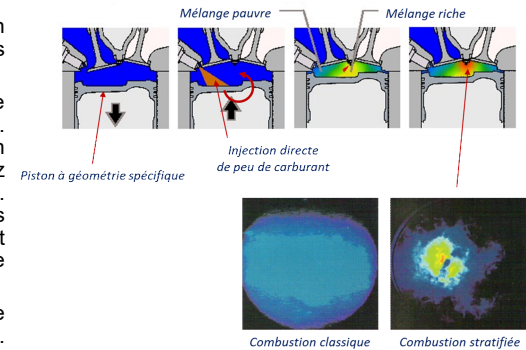
C'est pourquoi des systèmes procurant une durée d'ouverture et une levée des soupapes variables ont été développés, Ferrari par exemple adopte des profils de cames tridimensionnels...

Une combustion ajustée

Il s'agit de confiner un mélange d'air et d'essence en proportions inflammables (soit environ 14,7 à 1) près de la bougie.

Pour cela, on crée généralement une turbulence de l'air aspiré qui persiste durant la compression. L'essence est alors injectée de façon à obtenir un noyau de mélange entouré de strates d'air et de gaz résiduels qui limitent le transfert de chaleur aux parois. On peut de ce fait contrôler la puissance comme dans un diesel par le volume injecté plutôt qu'en étranglant l'admission, ce qui diminue les pertes par pompage (suppression du papillon des gaz).

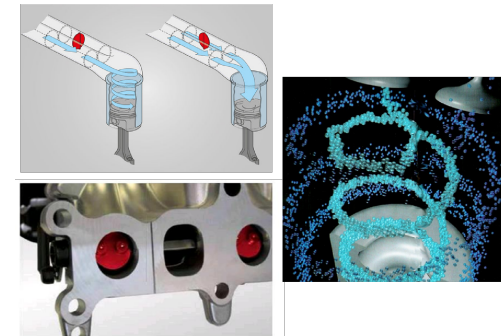
Le moteur tourne ainsi à bas régime et charge partielle en consommant jusqu'à 40% de moins au ralenti. Cependant cette combustion en mélange pauvre génère favorable la formation d'oxydes d'azote (NOx)...



Une mélange plus homogène

Les clapets de « swirl » (tourbillon) sont utilisés notamment dans les moteurs Diesel. Ils ont pour effet d'augmenter l'efficacité du mélange combustible comburant aux faibles régimes.

Pour ce faire, l'air est amené par deux canaux dont l'un peut être obturé par un clapet. La dissymétrie créée engendre le swirl et permet de réduire la consommation et l'émission de polluants. A plus haut régime, le clapet s'ouvre afin de donner la priorité au remplissage nécessairement beaucoup plus rapide du cylindre.

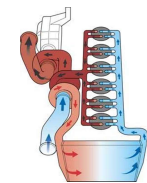
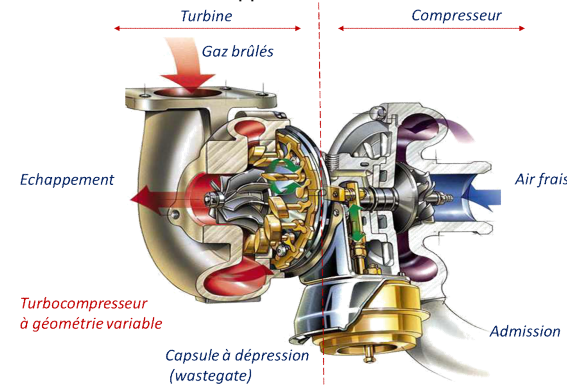


Une combustion survitaminée

L'idée du moteur suralimenté est de gaver le moteur en comburant pour brûler davantage de carburant et ainsi augmenter l'énergie libérée.

Comme, plus de 35% de l'énergie dégagée par la combustion du gazole est perdue dans l'échappement, Alfred Büchi (ingénieur suisse) développa entre 1909 et 1915 le premier turbocompresseur avec pour objectif de récupérer partiellement cette énergie.

Ainsi, la puissance absorbée par le compresseur n'est plus soustraite au vilebrequin, mais produite par une, ou des, turbines à l'échappement.



L'air d'admission sortant du compresseur est réchauffé par le processus de compression. Ce réchauffement nuit au rendement dudit processus car la densité d'un gaz diminue beaucoup avec l'élévation de sa température. En passant cet air dans un échangeur de chaleur (intercooler ou encore réfrigérant d'air de suralimentation) qui le refroidit, on le re-densifie.