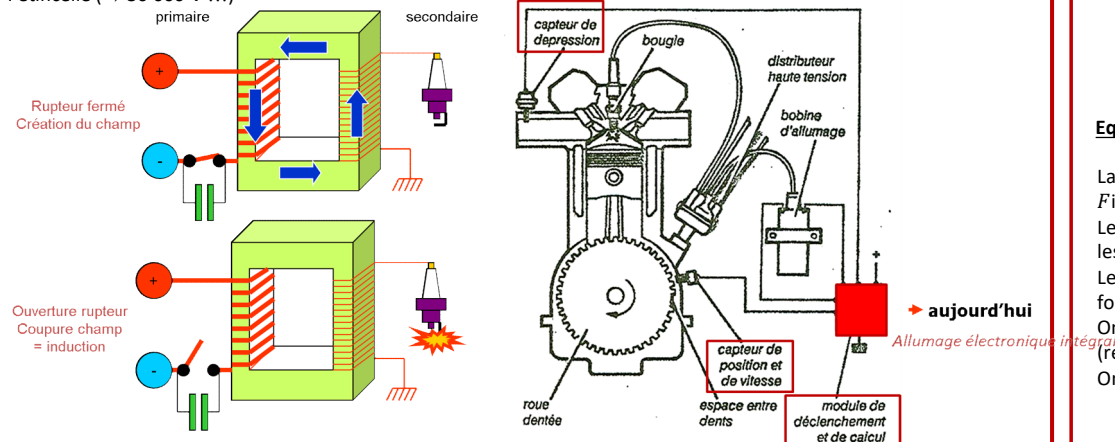


Le rapport des spires permet d'obtenir une tension suffisamment élevée aux bornes de la bougie pour produire l'étincelle (→ 30 000 V !!!)

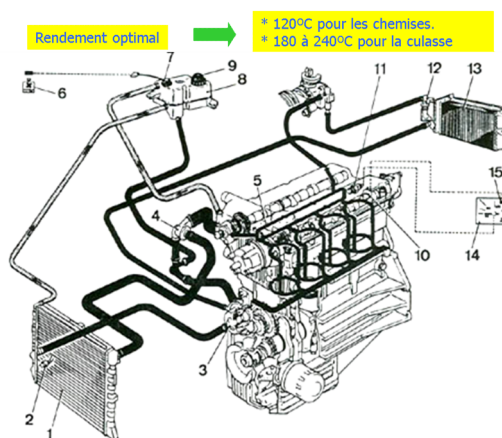


Aujourd'hui les allumages électroniques intégraux se passent de mécanique, le cœur du système est constitué d'un calculateur renseigné par différents capteurs et assisté d'un système d'électronique de puissance...

### Refroidissement

Le liquide de refroidissement est essentiellement composé d'eau déminéralisée et de glycol, il est mis en circulation par une pompe à eau commandée par le moteur et sous pression transporte sa chaleur vers un échangeur air-eau...

1. Radiateur
2. Sonde du ventilateur électrique
3. Pompe à eau
4. Soupape thermostatique
5. Culasse
6. Lampe témoin de niveau mini du liquide
7. Jauge à liquide
8. Vase d'expansion,
9. Bouchon du réservoir d'expansion
10. Sonde de température du liquide de refroidissement
11. Sonde température maxi du liquide de refroidissement
12. Robinet de chauffage
13. Radiateur de chauffage
14. Indicateur de température du liquide de refroidissement
15. Lampe témoin de température du liquide de refroidissement.

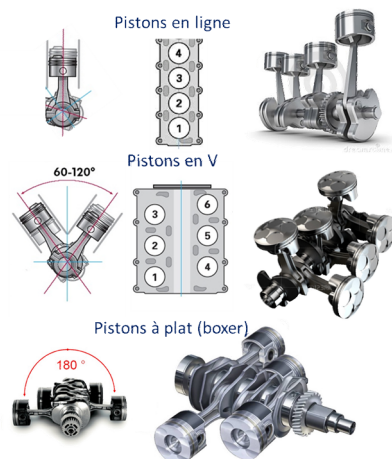


### Architecture

L'architecture la plus courante consiste à utiliser un moteur 4 cylindres en ligne. Les cycles se succèdent avec un décalage de 180°, ce qui procure un temps moteur chaque 1/2 tour et assure une bonne régularité de la courbe de couple.

Le moteur en V est plus compact et bien plus rigide en torsion. Il développe moins de vibrations et sa régularité cyclique est excellente.

Le moteur à plat, « flat four, flat six, flat twelve, ou encore boxer » possède l'avantage d'abaisser le centre de gravité du véhicule, améliorant ainsi sa tenue de route...



## Technologie des Machines à Fluides

### Dossier 2 - Moteurs thermiques à combustion interne (suite)

Ce document est une synthèse du cours présenté

### Equilibrage des efforts d'inertie

La force d'inertie s'oppose à la quantité d'accélération :  
 $F_i = -m \cdot \vec{a}$ .

Les forces d'inertie dans un moteur sont **considérables** vu les valeurs des accélérations imposées.

Le rôle de l'équilibrage est de compenser au mieux ces forces génératrices de vibrations et destructrices.

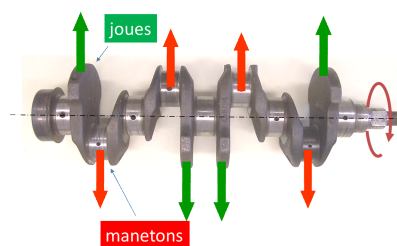
On distingue principalement 3 types de forces d'inertie (rectilignes, oscillantes, tournantes).

On traitera ici des forces d'inertie rectilignes ou tournantes.

Forces d'inertie rectilignes

Forces d'inertie oscillantes

Forces d'inertie tournantes



Les forces d'inertie tournantes sont « simplement » compensées par des masselottes (balourds) encore appelées joues disposées à l'opposé des manetons et de masse.

Voir EX2 sur [www.mecanologie.fr/M1](http://www.mecanologie.fr/M1)

$$Acc_{piston} / carter \rightarrow r \cdot \omega^2 \left[ \cos(\omega t) + \frac{r}{L} \cos(2\omega t) \right]$$

1 cycle par tour  
1 chgt de signe par tour  
↳ 1er ordre

2 cycles par tour  
2 chgts de signe par tour  
↳ 2ème ordre

Moteur poly-cylindriques

Augmenter L... (!)

Equilibrage de type Lanchester

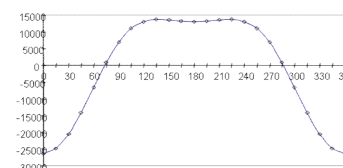
Les forces d'inertie rectilignes sont composées de deux familles :

- les forces qui changent de sens une fois dans un tour (premier ordre)
- les forces qui changent de sens 2 fois dans un tour (second ordre)

Chaque famille fait l'objet d'une stratégie et d'un traitement particulier.

Pour le premier ordre, les moments développés par les forces d'inertie sont annulés en multipliant les pistons.

Pour le second ordre, comme il n'est pas possible d'augmenter beaucoup la longueur de la bielle L, on utilise un équilibrage de type Lanchester (ingénieur anglais).

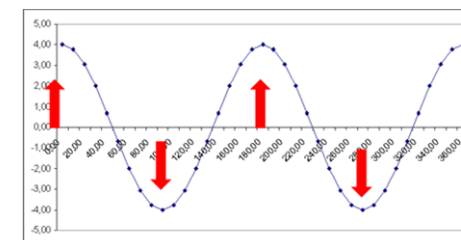


Le premier graphe montre l'accélération typique d'un piston.

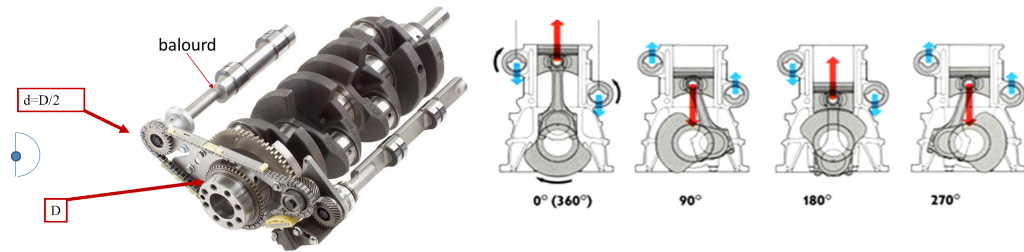
Le second graphe montre la somme de 4 accélérations de second ordre déphasées comme sur un moteur à 4 pistons.

On observe alors qu'une force d'inertie globalement sinusoïdale va naître et qu'elle va changer de signe 2x chaque tour.

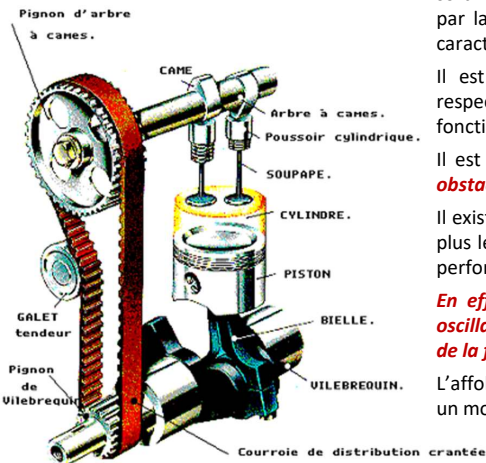
Sa fréquence est donc le **double** de la fréquence de rotation du moteur.



Ainsi, si on utilise deux arbres **contrarotatifs équipés de balourds**, qui tournent **2 fois plus vite** que le vilebrequin, on va pouvoir générer des forces opposées à l'effort d'inertie observé diapositive précédente.



### Distribution de l'ouverture des soupapes



Les soupapes sont des clapets qui permettent aux gaz d'entrer et de sortir dans la chambre. La translation des soupapes est provoquée par la rotation de cames. L'arbre à cames donne au moteur son caractère.

Il est **rigoureusement synchronisé** avec le vilebrequin afin de respecter le diagramme de distribution optimisant le fonctionnement du moteur.

Il est donc essentiellement commandé par **une transmission par obstacle** (engrenage, chaîne, courroie).

Il existe plusieurs façons de pousser les soupapes, on retiendra que plus le nombre de pièces augmente et plus le moteur est limité en performances.

**En effet l'ensemble perd en rigidité et se comporte comme un oscillateur dont la fréquence de résonance n'est pas très éloignée de la fréquence de rotation maximale de l'arbre à came.**

L'affolement des soupapes est la cause de la « zone rouge » pour un moteur et limite la vitesse de rotation du moteur (voir TP)...

Les arbres à cames en tête (placés au dessus de la culasse) sont généralisés depuis les années 70.

L'arbre à cames culbuté, comportant davantage de pièces, est logiquement plus bruyant et moins performant que l'arbre à cames direct.

On trouve parfois les deux types dans un même moteur si plusieurs AAC. (AAC admission et AAC échappement).

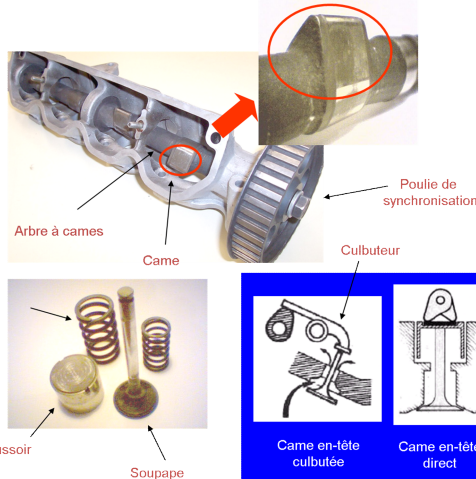
Un système de réglage du jeu entre cames et soupapes est obligatoire pour tenir compte de la dilatation de l'ensemble.

Ce réglage peu aussi se faire automatiquement (cas des poussoirs hydrauliques).

### Injection du carburant

Par le passé les moteurs à essence des automobiles étaient alimentés par des carburateurs dont le principe de fonctionnement était basé sur l'effet Venturi. C'est ainsi que le débit d'air commandait par dépression (Cf théorème de Bernoulli) l'arrivée de l'essence dans la chambre de combustion.

Désormais l'essence est injectée dans le circuit d'admission, voir directement dans la chambre, par une pompe de gavage et des électrovannes (les injecteurs).

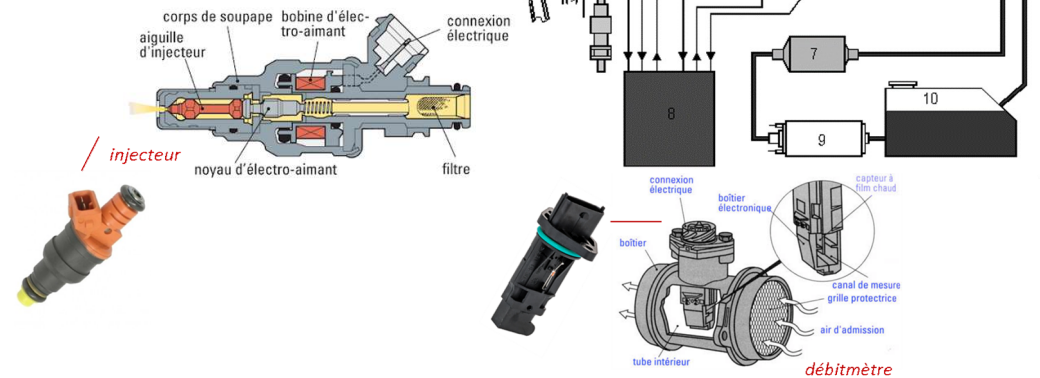


Le temps d'ouverture des injecteurs est calculé en fonction du débit d'air mesuré (mesure par fil chaud).

Ce système est plus fiable et permet de dresser des cartes d'injections sur mesure.

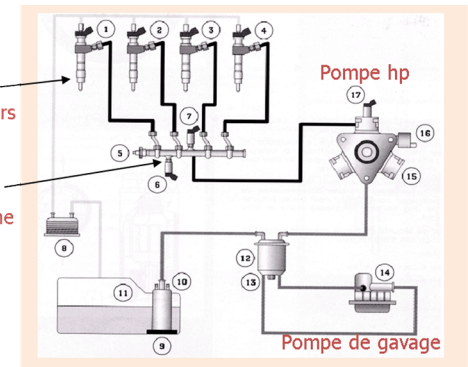
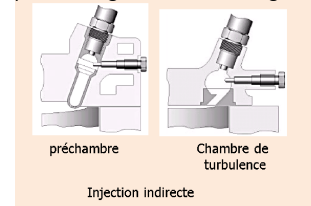
Il est à noter que la pompe aspire toujours plus d'essence que nécessaire, par sécurité. D'où le retour vers le réservoir...

- 1: injecteur
- 2: régulateur pression
- 3: papillon
- 4: ralenti
- 5: débitmètre
- 6: filtre à air
- 7: filtre à essence
- 8: calculateur
- 9: pompe
- 10: réservoir



L'injection diesel nécessite la présence d'une préchambre ou de chambre de turbulence, destinée à favoriser la combustion.

La préchambre est également préchauffée à l'aide d'une bougie de préchauffage lors du démarrage.



L'injection diesel haute pression (JTD, Hdi...) se passe de préchambre.

Le volume mort est creusé dans la tête du piston.

Relativement au volume la surface d'échange est plus faible, ainsi les pertes de chaleur sont réduites, un pas vers l'adiabaticisme...

### Allumage

Le moteur à essence est à allumage commandé, via des étincelles aux bougies.

La tension de claquage de l'air ne peut être atteinte sans une **bobine d'induction**.

Le rupteur agit comme un interrupteur qui, lorsqu'il est fermé, permet via le bobinage primaire et la batterie de créer un champ magnétique continu dans un noyau (comme un électro-aimant).

L'ouverture du rupteur, jadis, commandée à partir du vilebrequin coupe brusquement ce champ. Cette **variation brutale de champ provoque l'induction d'un courant** dans le bobinage secondaire.

