

1 GENERALITES SUR LES MOTEURS

MOTEURS A COMBUSTION

moteurs à combustion = convertisseurs de l'énergie chimique en énergie mécanique

- Types de moteurs à combustion :

- les **moteurs à combustion interne** :

produits de combustion = fluide de travail (ex : moteur à essence, moteur Diesel,...),

- les **moteurs à combustion externe** :

chaleur dégagée par la combustion transmise à un fluide intermédiaire (eau, air, fluide organique..) qui est le fluide générateur de travail mécanique (ex : moteur à vapeur, moteur Stirling,...).

- Ce cours ne concerne que les moteurs à combustion interne regroupés en deux familles :

- les **moteurs alternatifs**

- les **turbines à gaz**

MOTEURS ALTERNATIFS

- La variation de la capacité de l'enceinte de travail appelée **cylindre** est obtenue par le déplacement linéaire d'un ou plusieurs **pistons** dans un ou plusieurs cylindres.
- Il s'agit de machines à flux discontinu périodique.
- Elles se caractérisent par un « **cycle** » de fonctionnement comprenant une phase d'admission, une phase de travail en système fermé et une phase d'évacuation.
- L'état du fluide varie dans le temps et n'est donc **jamais permanent**.
- Deux familles principales :
 - **moteurs à allumage commandé** ou **moteurs à essence** (et à gaz)
 - **moteurs à allumage par compression** ou **moteurs Diesel**.

On rattache à ces moteurs, les moteurs à capsulismes (mécanismes étanches réalisant des volumes variables de manière cyclique) comme les moteurs **Wankel**.

TURBINES A GAZ

- Les différentes évolutions du fluide moteur ont lieu dans des enceintes successives et juxtaposées (compresseur, chambre de combustion, turbine).
- Il s'agit de machines à flux continu constituant un **système ouvert stationnaire**.
- En chaque point de la machine, on peut admettre que l'état du fluide de travail est constant dans le temps.

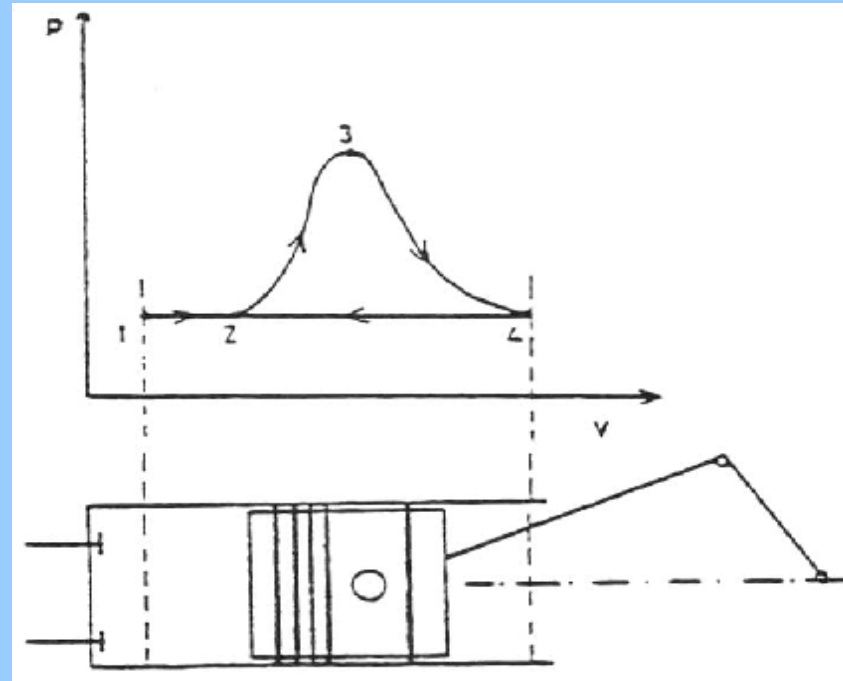
Ce cours ne concerne que les **moteurs alternatifs à piston**.

Les domaines d'utilisation de ces moteurs sont variés et étendus :

- petit moteur de tondeuse à gazon, de vélomoteur
- véhicules de transport (automobiles, camions, train,...)
- moteur marin « cathédrale » pour bateaux

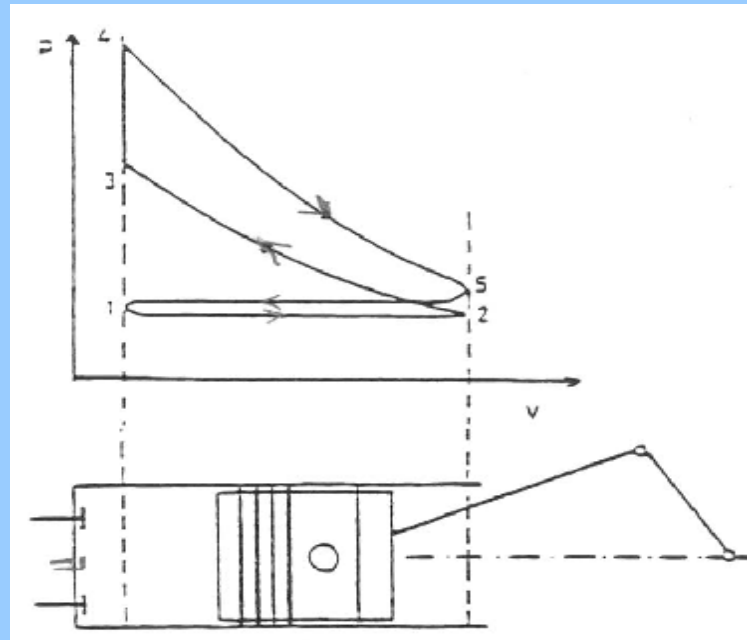
RAPPELS HISTORIQUES

LENOIR construisit en **1859** le premier moteur à gaz (pauvre) à combustion interne



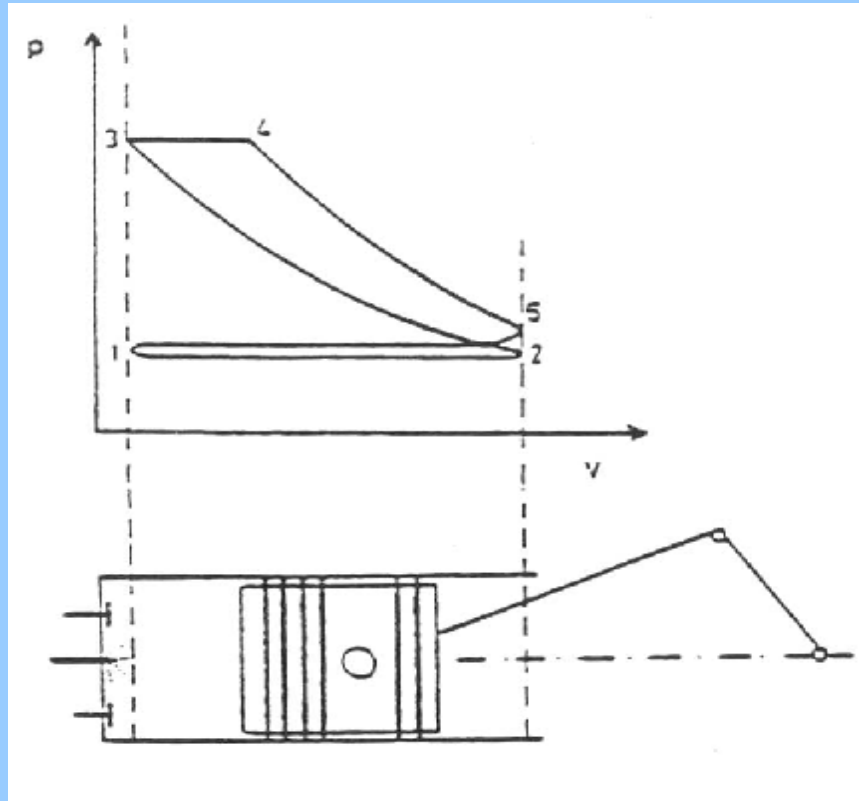
- Il s'agit d'un « cycle » où la production de travail moteur s'effectue à chaque tour de manivelle (cf. 2temps)
- Le moteur comporte un organe mobile (piston) se déplaçant entre deux points morts (PMH, PMB) et un système bielle manivelle transforme le mouvement alternatif en mouvement rotatif.
- Des soupapes permettent l'entrée et les sorties de fluides. Une paire d'électrodes (bougie) enflamme le mélange.
- Le rendement de la machine bien que faible concurrence avantageusement les machines à vapeur.

- En 1861 BEAU DE ROCHAS expose qu'il serait plus avantageux de **comprimer** le mélange air/combustible avant son inflammation.
- Il invente le « cycle » **moteur à 4 temps**.
- La production de travail moteur nécessite **deux tours** de manivelle mais s'avère nettement plus efficace car la chaleur dégagée par la combustion est apportée à haute température



- BEAU DE ROCHAS n'a pas construit de moteur. Il passera à la postérité comme l'inventeur du «cycle à volume constant» (apport de chaleur par une combustion théoriquement instantanée au point mort haut).
- En 1876 OTTO et LANGEN construisent et mettent sur le marché le premier moteur 4 temps.

- En 1893, Rudolf DIESEL développe un système avec injection de charbon pulvérisé dans le cylindre.
- Ce charbon s'enflamme spontanément et sa combustion relativement lente conduit à un « cycle » où la chaleur dégagée par la combustion est apportée à pression constante. On parlera de « **cycle à pression constante** » .



- L'usure rapide du système d'injection et du cylindre conduisit DIESEL à remplacer le charbon par du **gasoil**.

- Les deux types de moteurs : moteur à allumage commandé (essence) et moteur à allumage par compression (Diesel) subsistent encore aujourd'hui.
- Tout en restant fidèles aux principes de base, les moteurs ont **fortement évolué** :

augmentation :

- du rendement
- du couple
- de la vitesse de rotation
- de la puissance

réduction :

- du poids unitaire
- du bruit
- des émissions polluantes

- Cela a été rendu possible par les facteurs suivants :

- amélioration des performances des **matériaux**

- recours accru à **l'électronique**

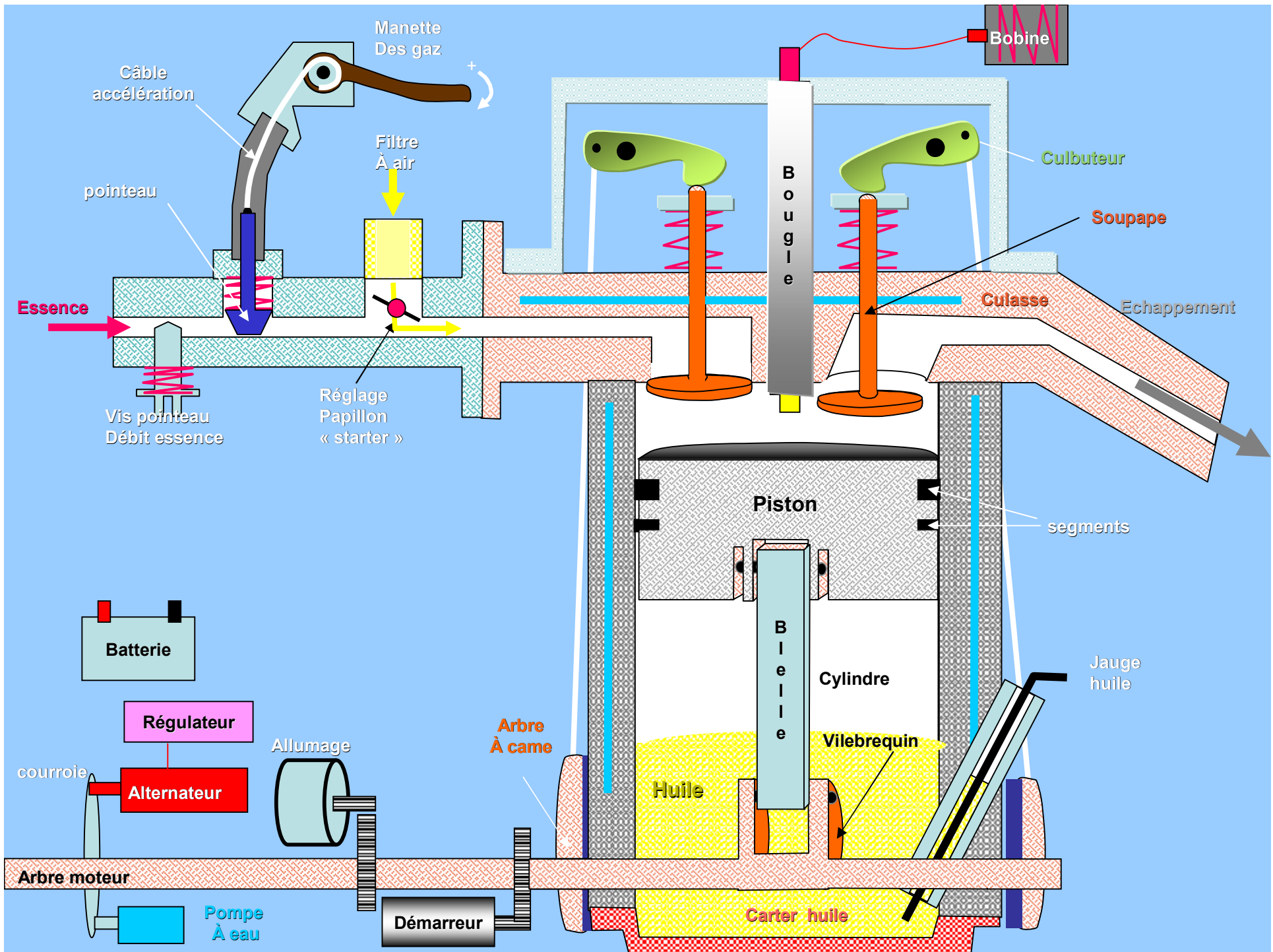
- possibilité de **calculer** les organes avec précision (FEM)

- progrès dans la qualité des **combustibles** et des **lubrifiants**

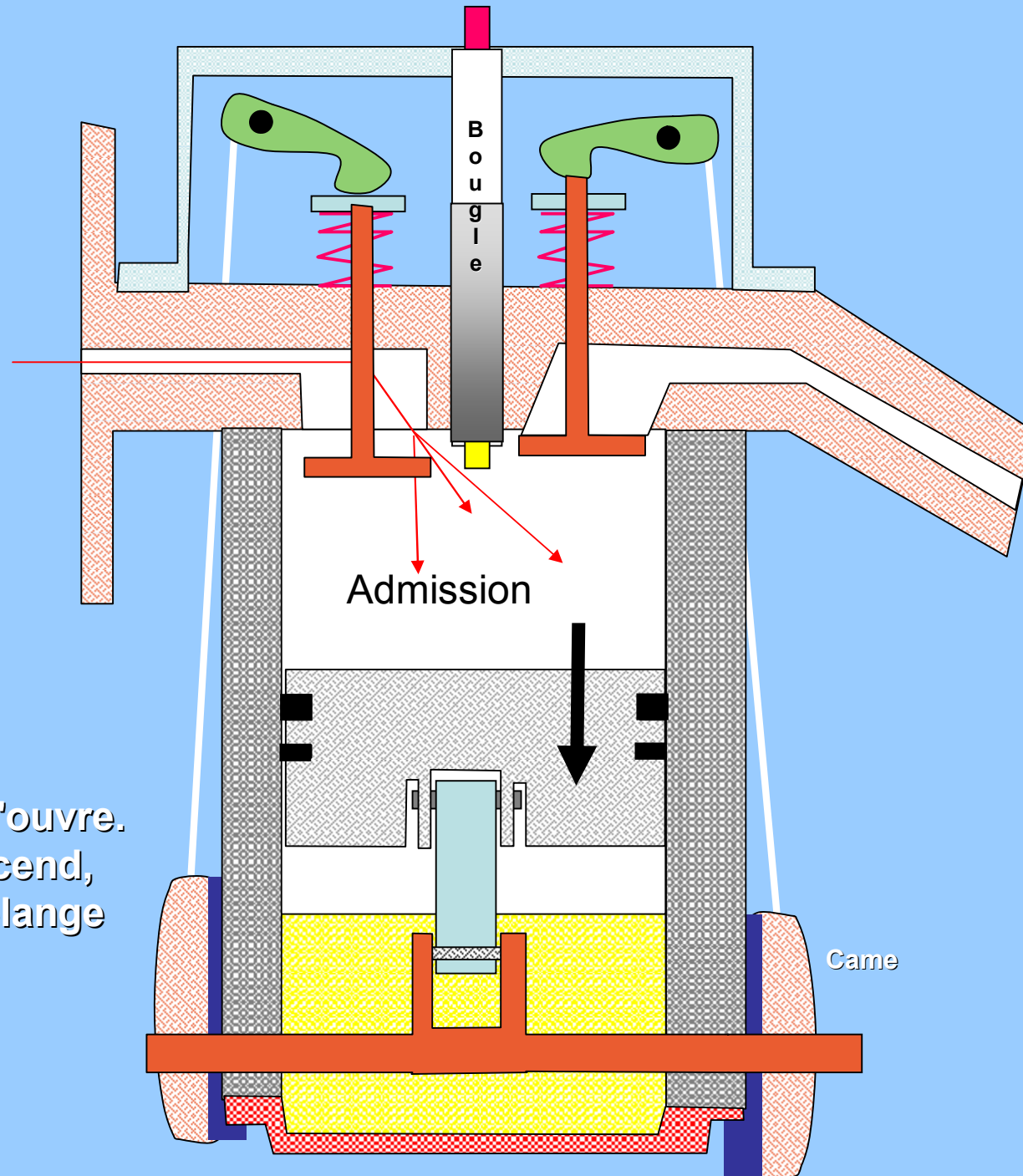
- progrès dans la maîtrise des processus de **fabrication** (fonderie, usinage, assemblage,...)

Principe

4 temps



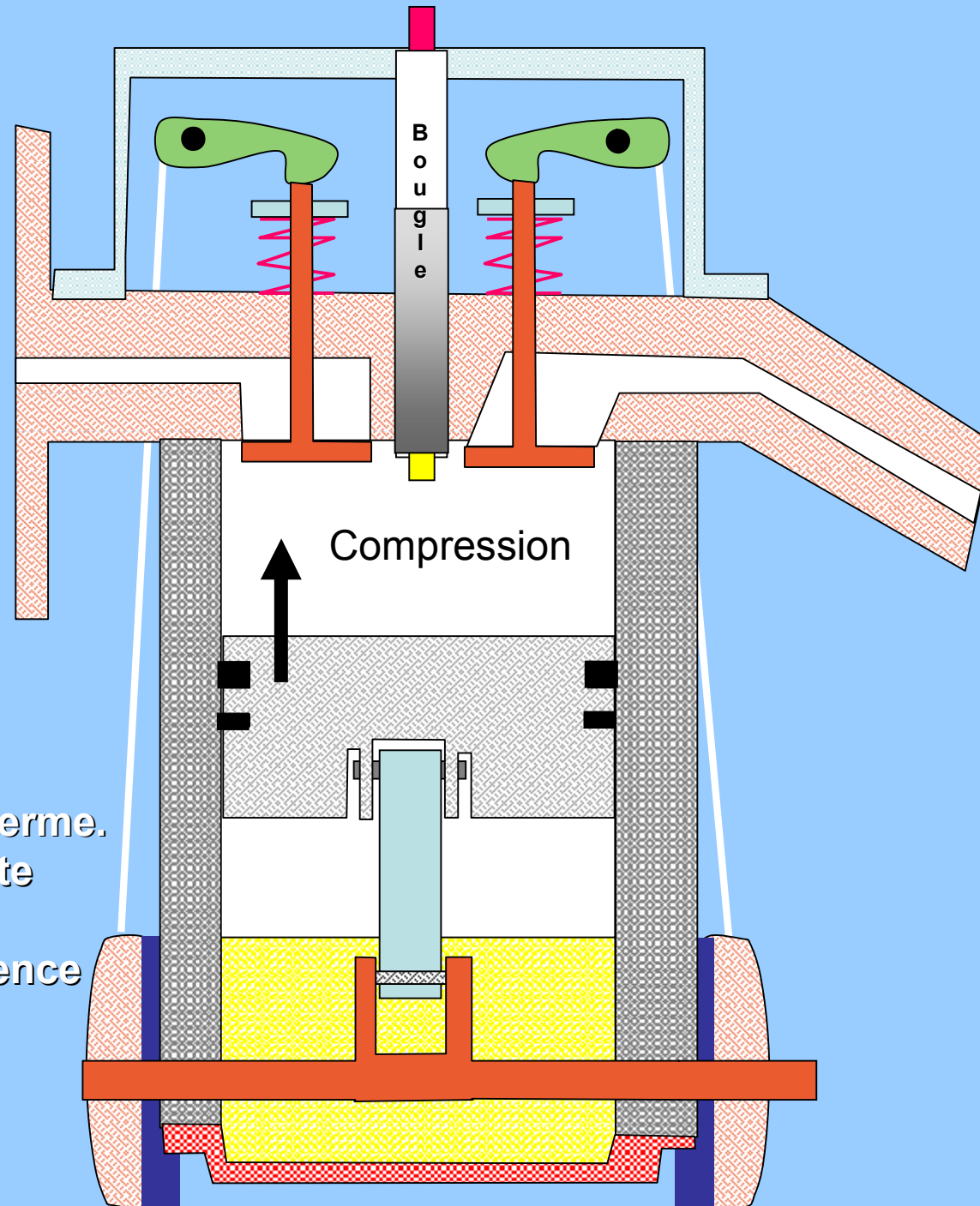
Temps 1



La soupape d'admission s'ouvre. Le piston descend, aspirant le mélange air-essence

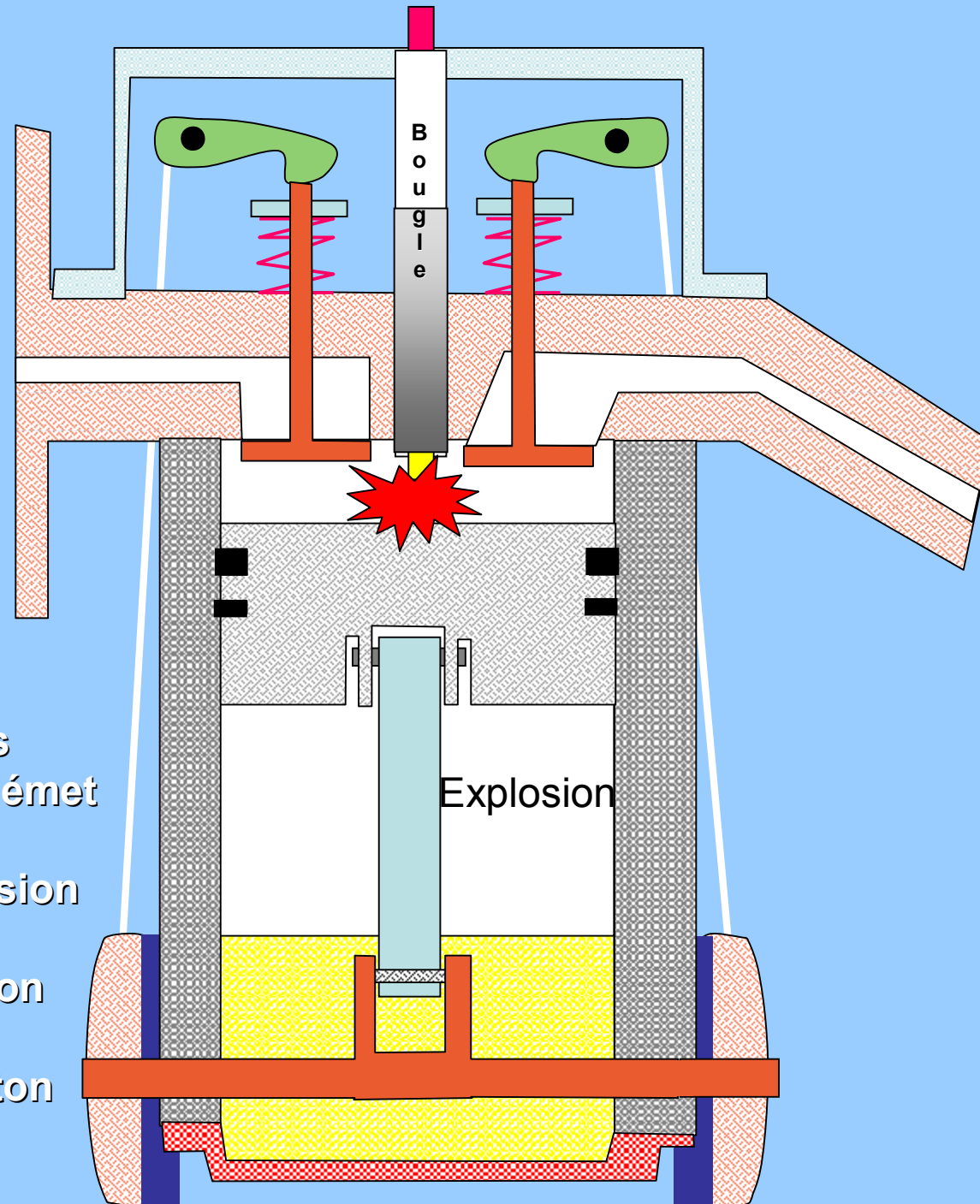
Came

Temps 2

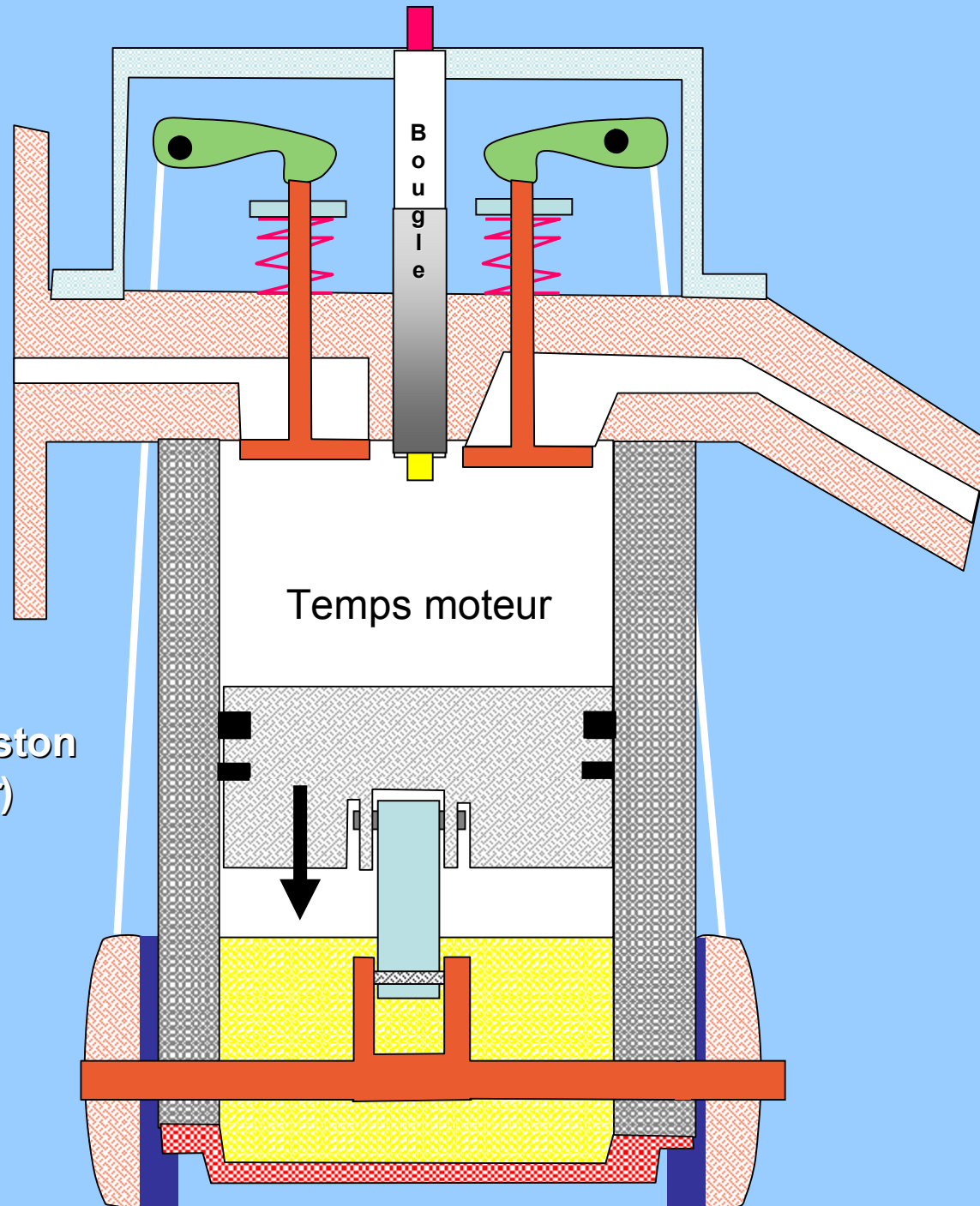


La soupape d'admission se ferme.
Le piston remonte comprimant le mélange air-essence

Temps 3

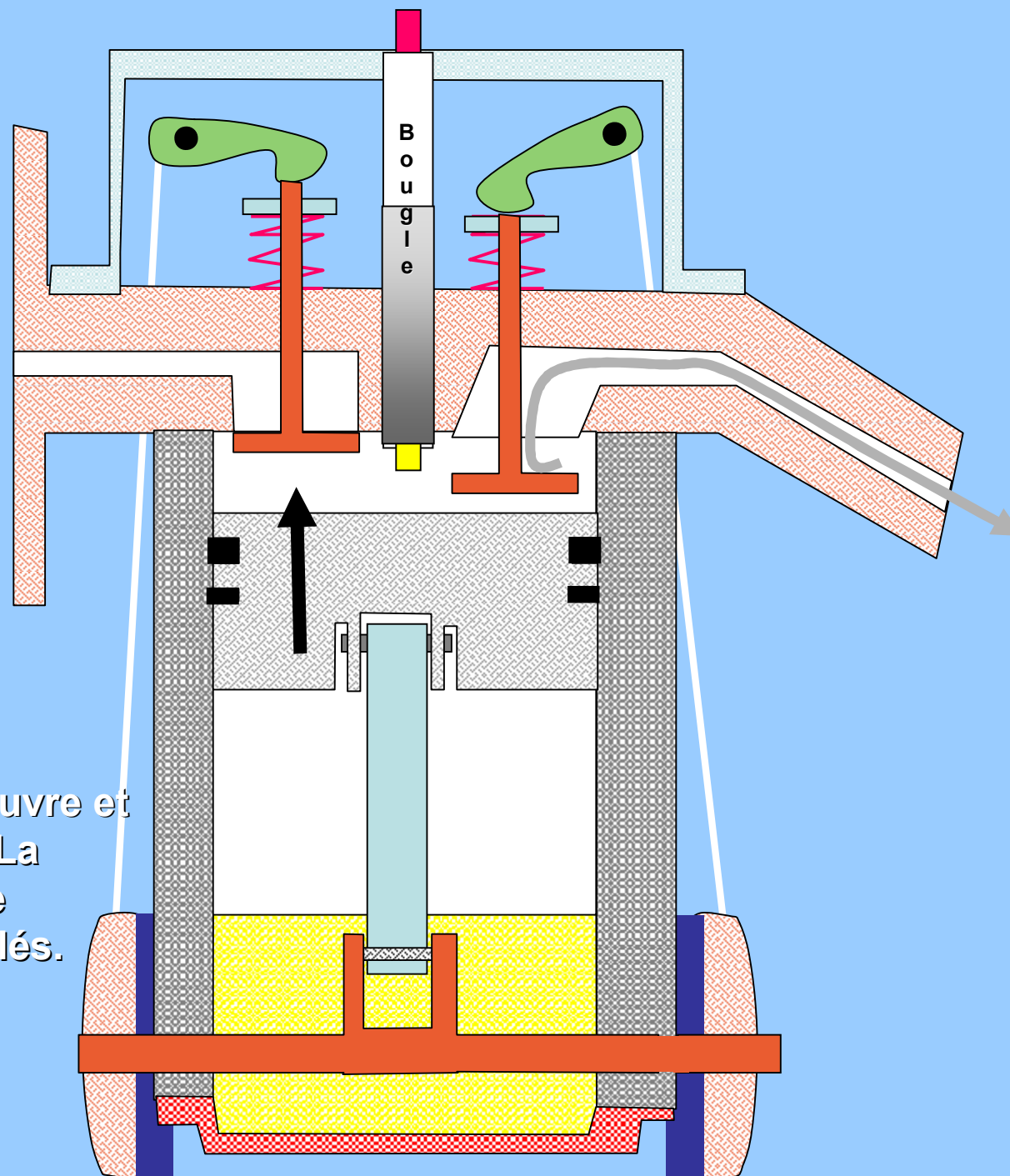


Les deux soupapes fermées, la bougie émet une étincelle provoquant l'explosion du mélange air-essence. La pression résultante fait redescendre le piston (*temps moteur*)



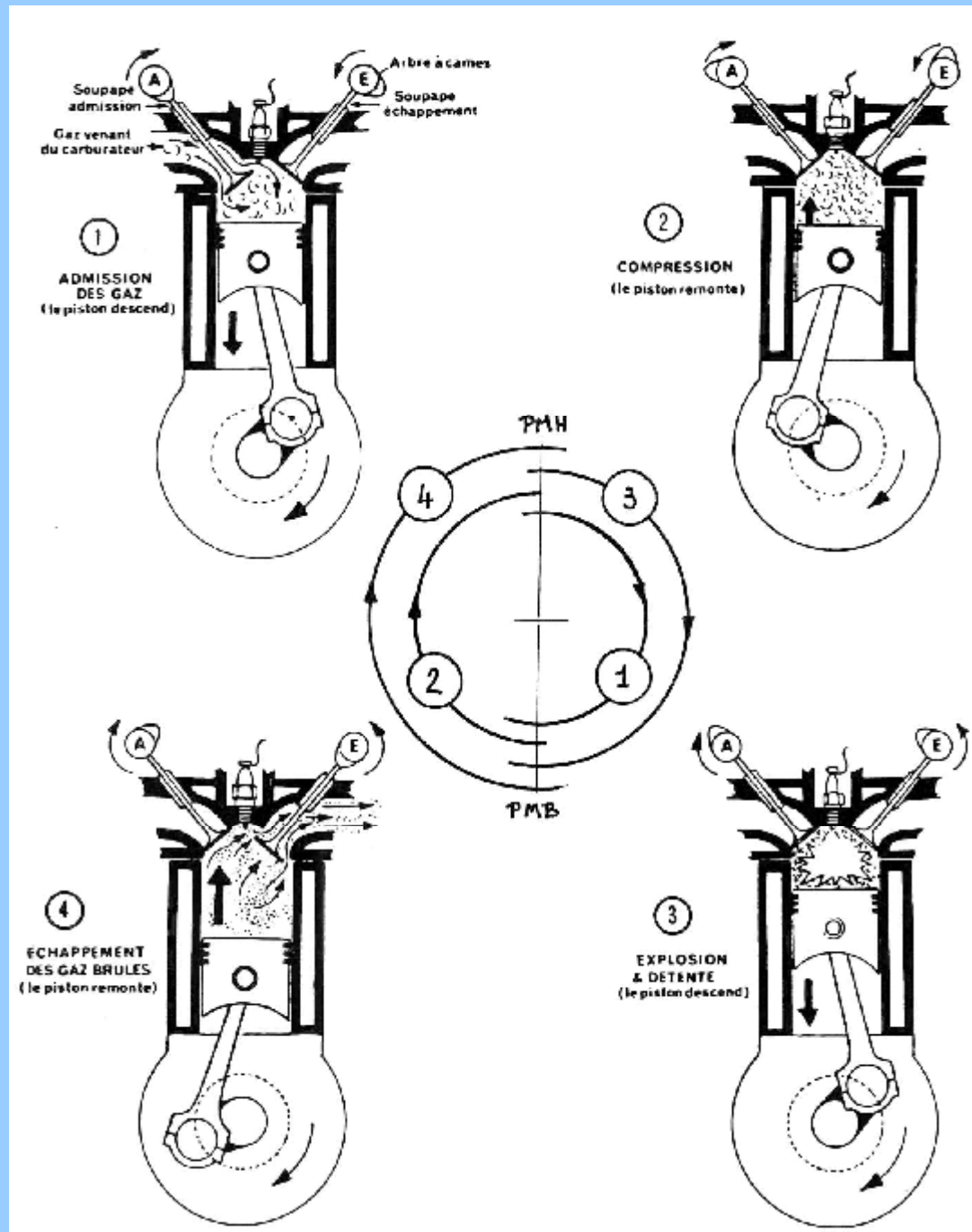
Redescente du piston
(temps moteur)

Temps 4



La soupape d'échappement s'ouvre et le piston remonte. La pression résultante Evacue les gaz brûlés.

Allumage commandé
Cycle quatre temps



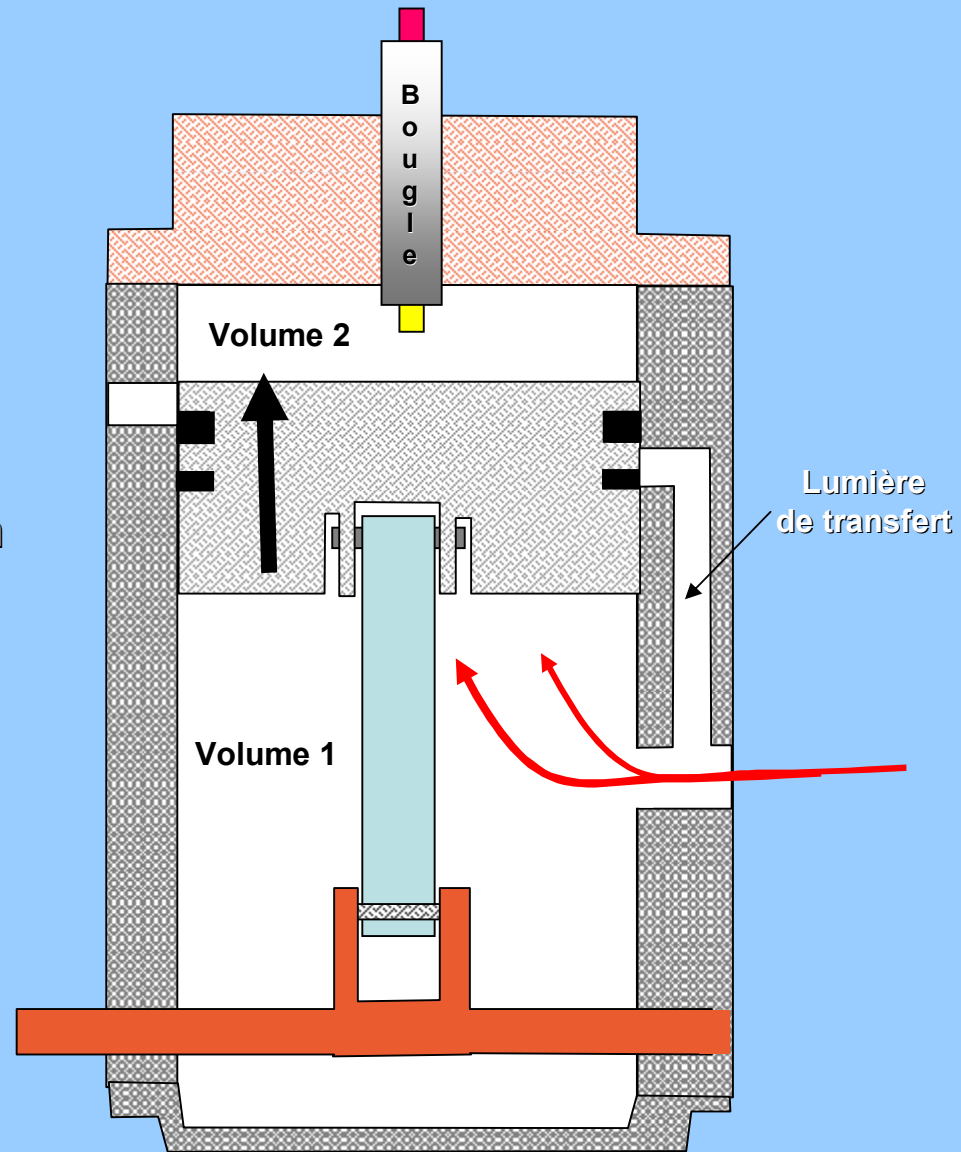
Principe

2 temps

Temps 1

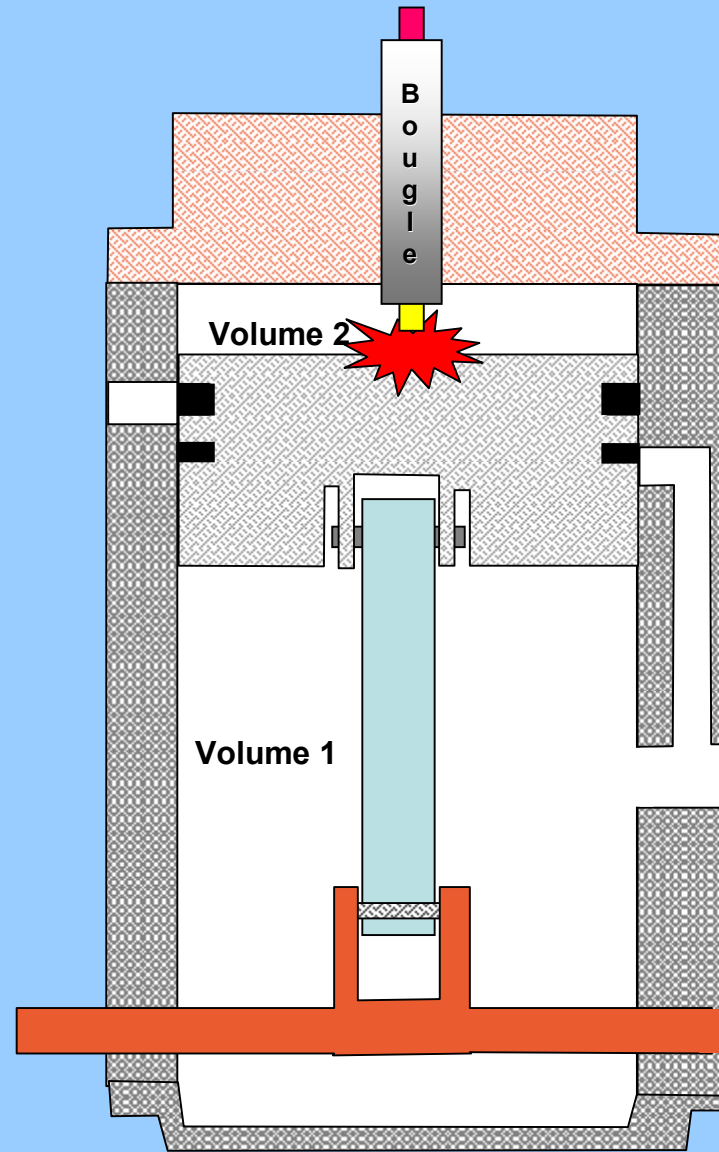
Montée du piston :

- Admission par décompression dans le volume 1.
- Compression des gaz dans le volume 2



Temps moteur

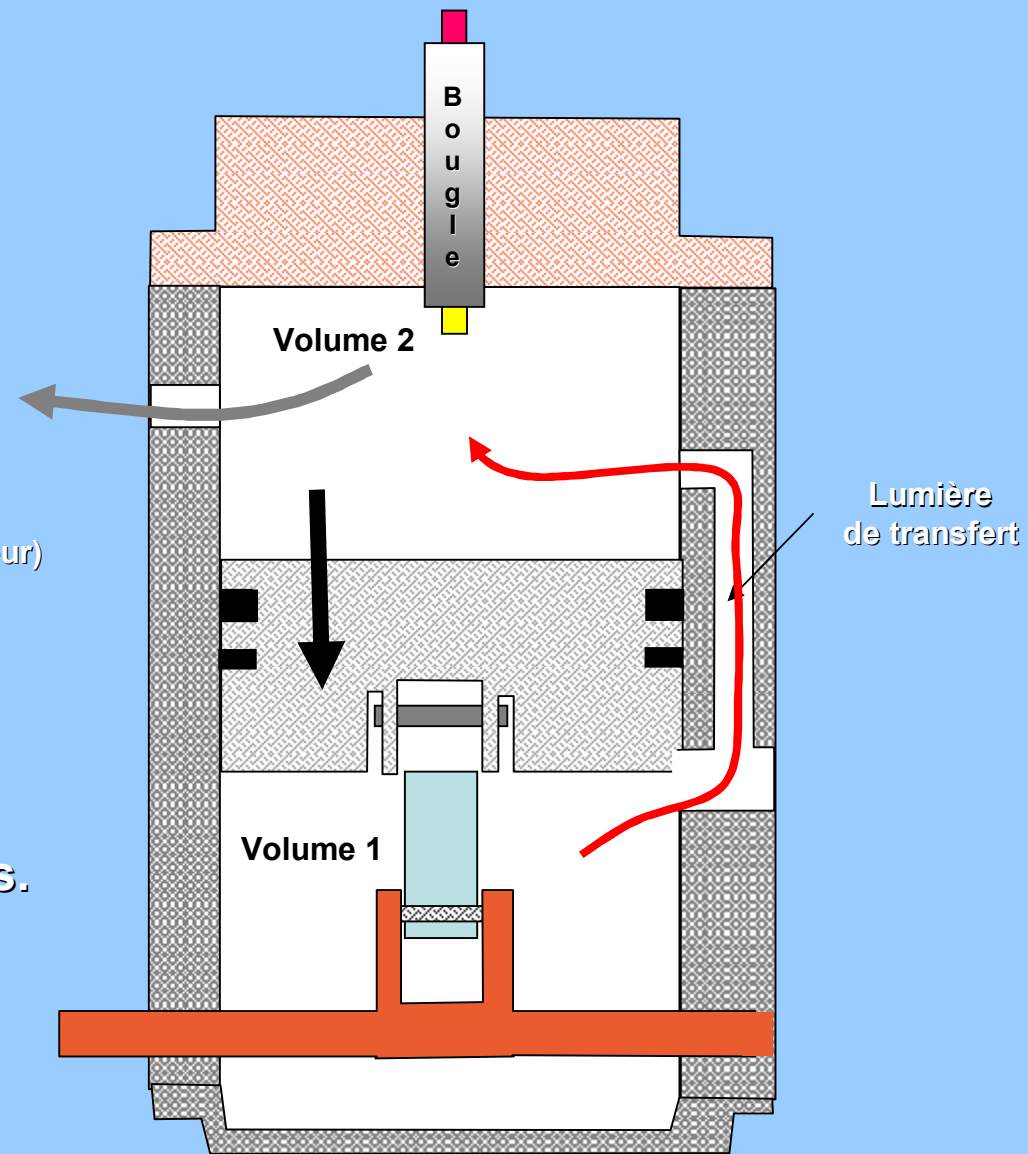
Gaz comprimés, l'étincelle crée l'explosion.



Temps 2

Descente du piston : (temps moteur)

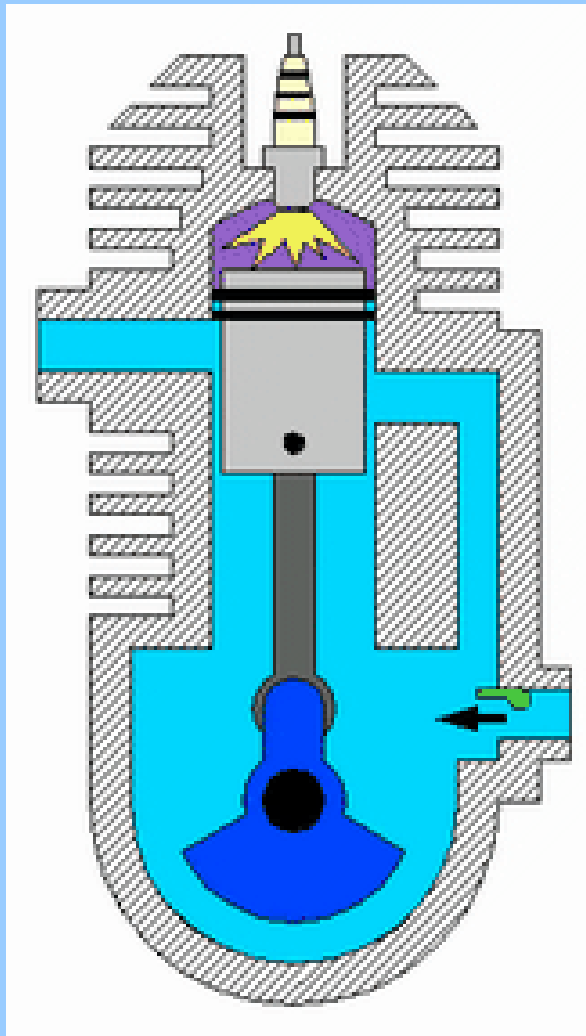
- Admission dans le volume 2 via la lumière de transfert par compression du volume 1
- Echappement des gaz brûlés.



Sans arbre à came

Sans soupape

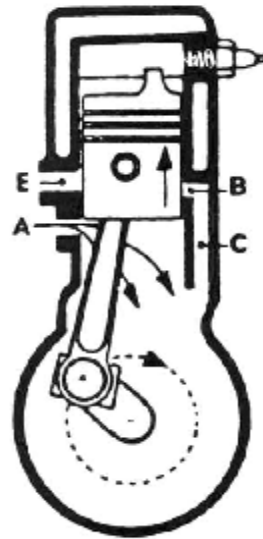
Sans carter d'huile



Ça marche !

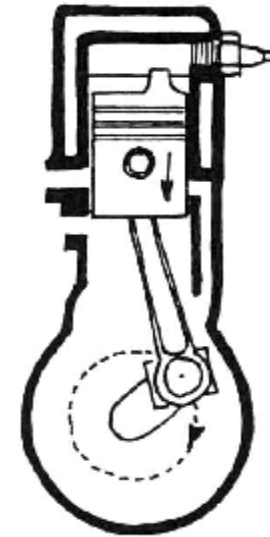
Allumage commandé

Cycle deux temps

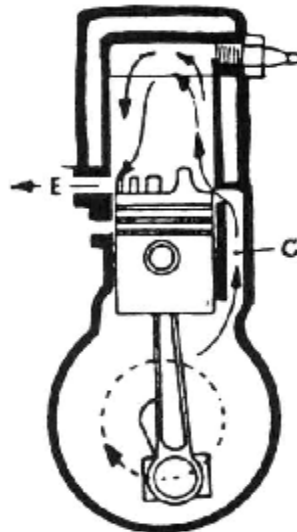
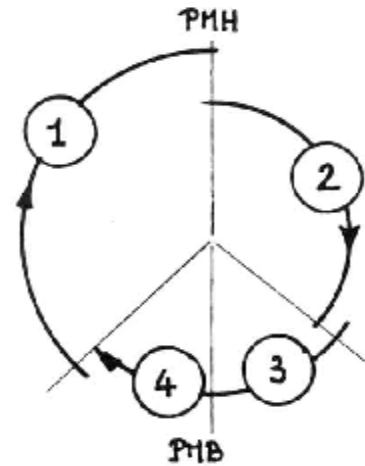


1. Compression cylindre
Admission carter.

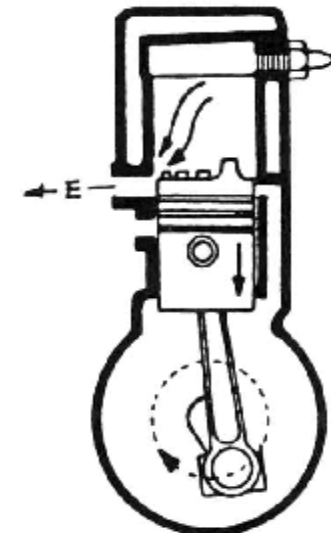
- A Orifice d'admission au carter
- B Orifice d'admission au cylindre
- C Canalisation de transfert
- E Orifice d'échappement



2. Détente.
(Temps moteur)



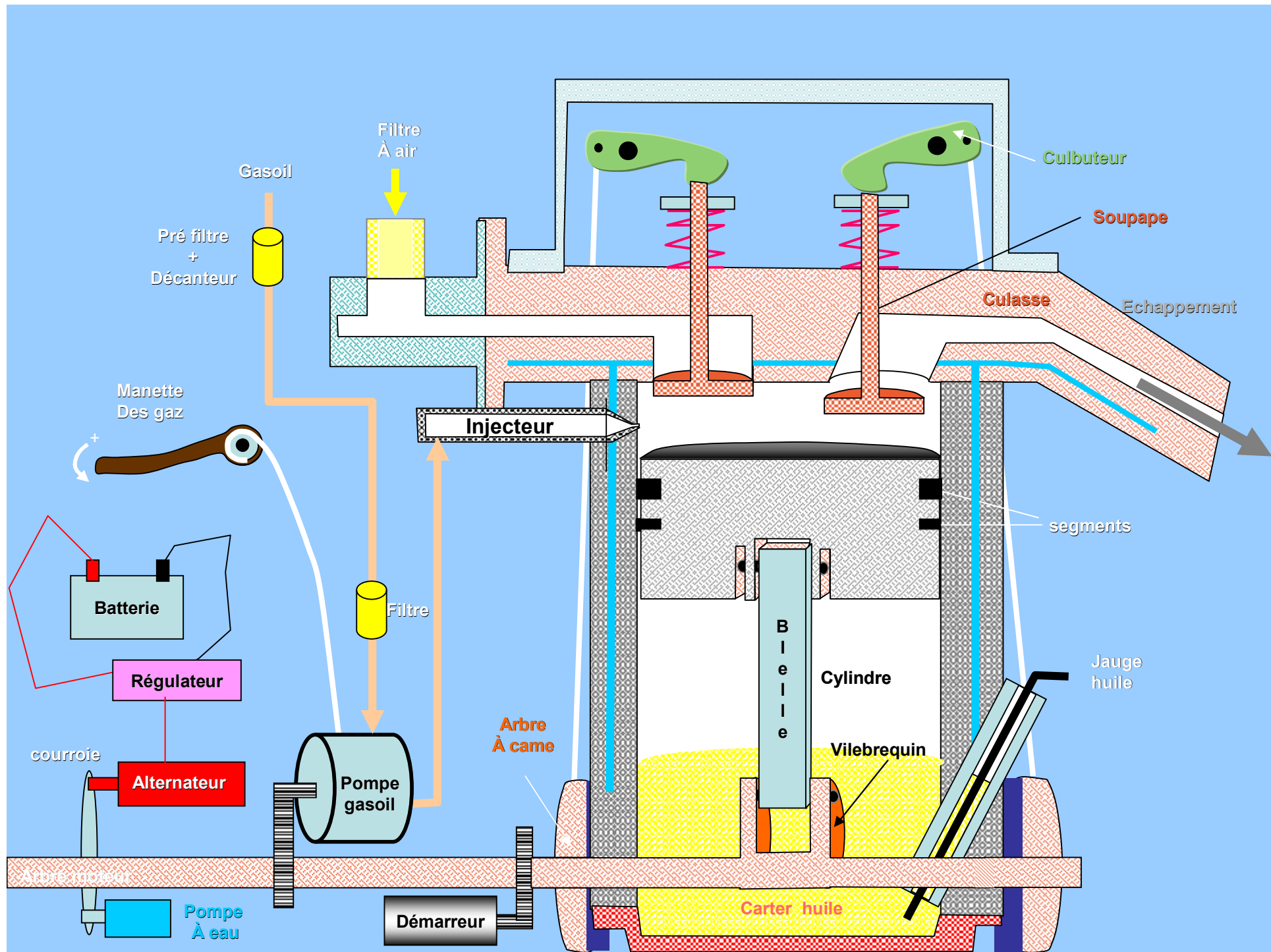
4. Transfert
Balayage.



3. Echappement
Compression carter.

Principe

Diesel



Cycle Diesel à quatre temps

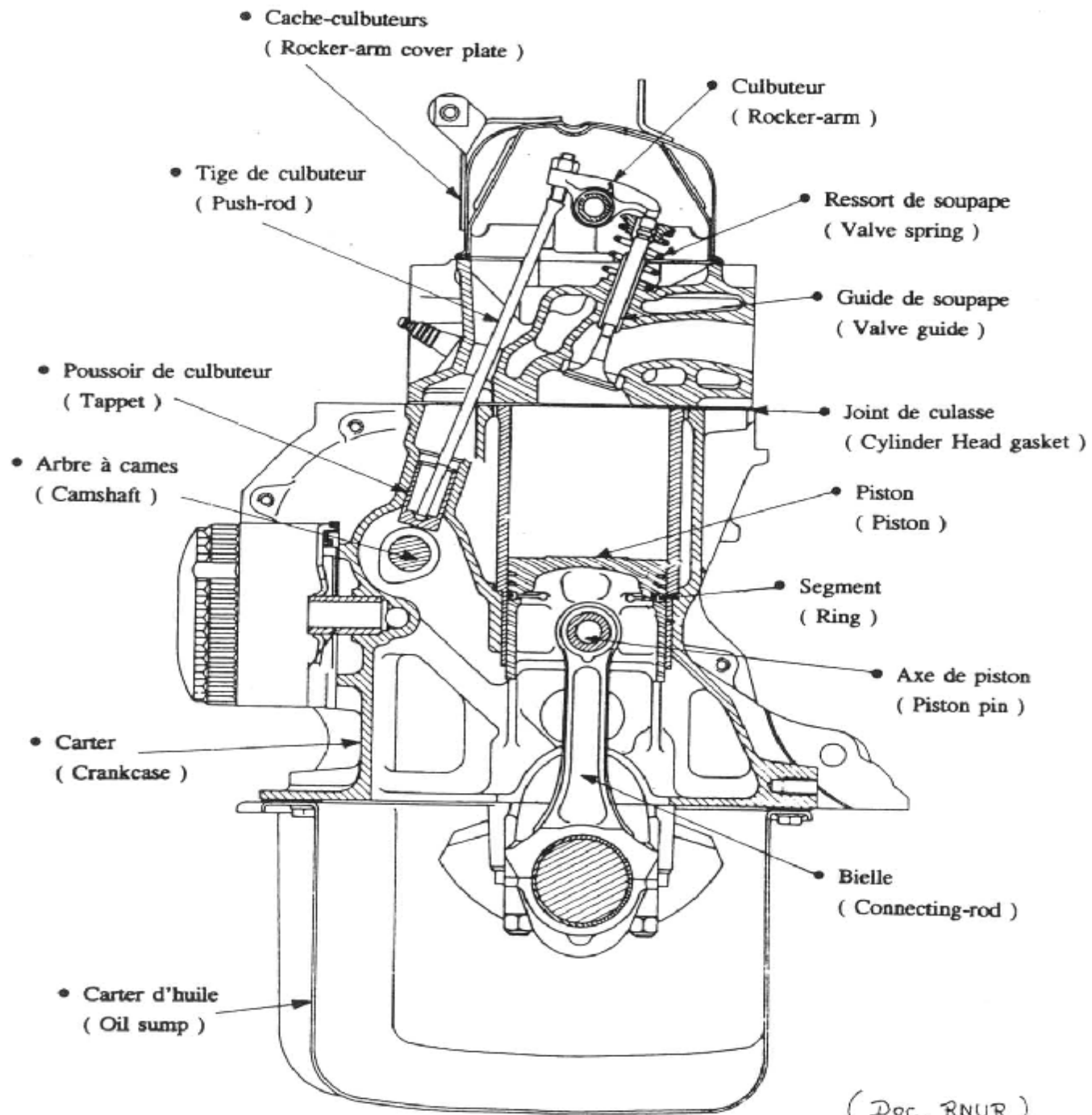
Le cycle du moteur diesel est le même. La différence pour le moteur diesel concerne l'admission:

- **Admission** d'air pur par l'ouverture de la soupape d'admission et la descente du piston .
- **Compression** haute pression de l'air par remontée du piston, la soupape d'admission étant fermée. Le taux de compression élevé provoque une élévation très importante dans le piston.
- **injection** : peu avant le point mort haut du piston on introduit, par un injecteur, le carburant qui se mêle à l'air comprimé.
- **La combustion**, provoquée par le mélange air gasoil à haute température due au taux élevé de compression, provoque une poussée sur le piston qui redescend.
- **Echappement** des gaz brûlés par l'ouverture de la soupape d'échappement, poussés par la remontée du piston.

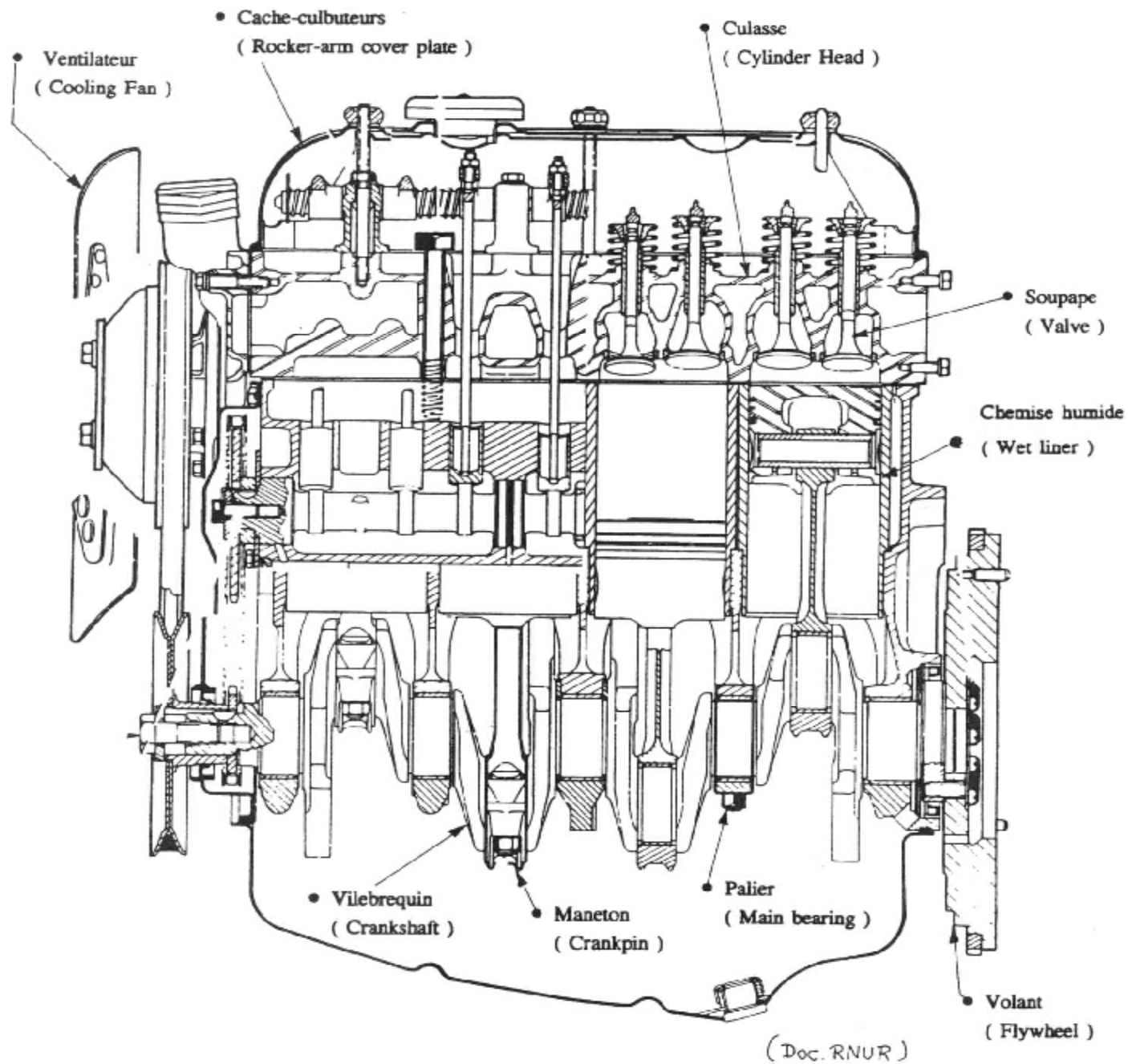
Différence moteur Diesel / Moteur essence 4 temps:

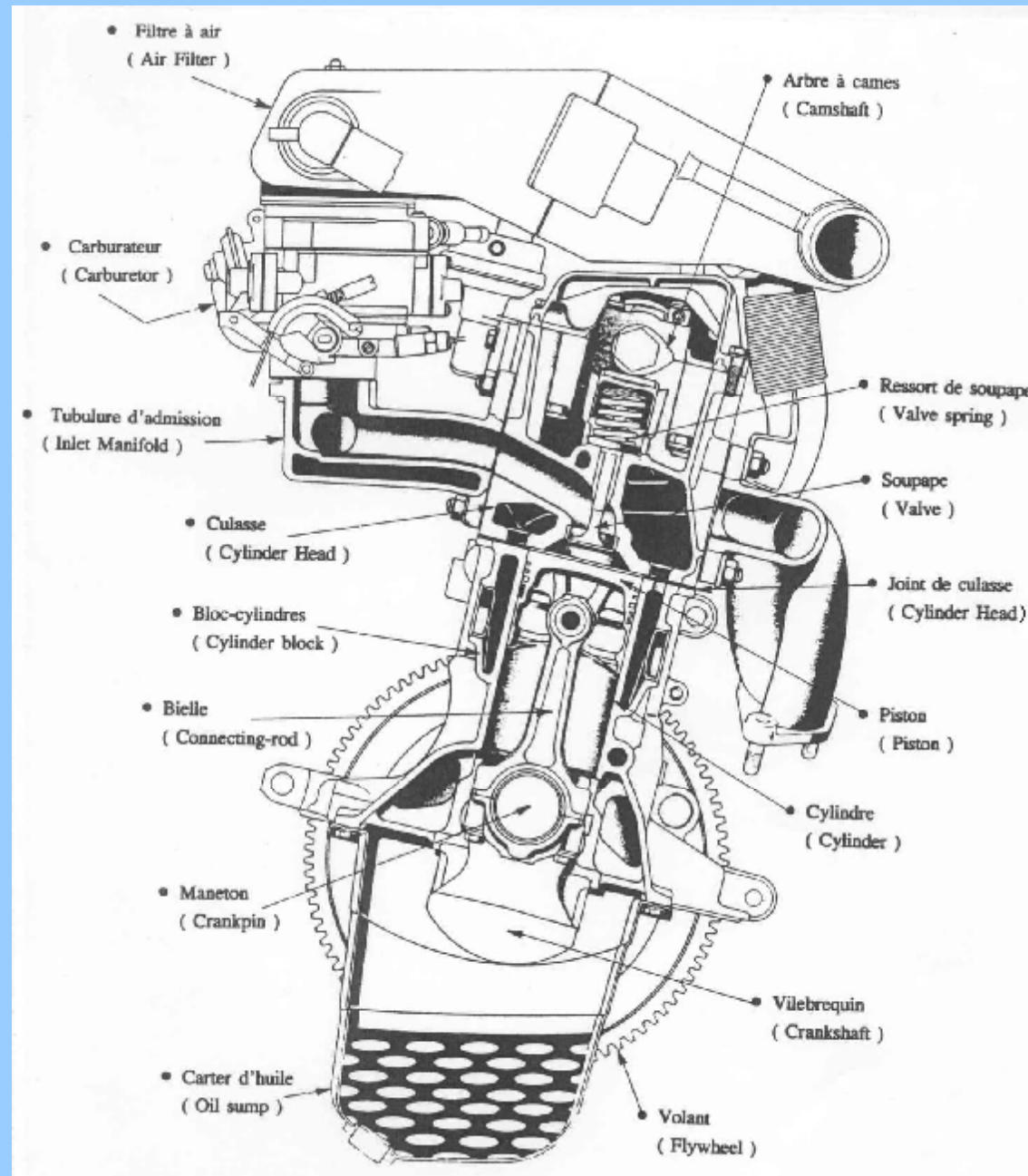
Pas de bougie pour le diesel, c'est la forte compression de l'air qui provoque l'élévation de température capable de faire exploser le mélange air gasoil.

Pour le diesel, ajout d'une pompe haute pression très sophistiquée qui permet l'injection du gasoil au bon moment dans la chambre de combustion. Cette pompe régule la quantité de gasoil en fonction du régime souhaité.



(Doc. RNUR).





ARCHITECTURE GENERALE

- **Carter-cylindre** ou **bloc moteur** ou **bloc-cylindres**

- support à tous les organes principaux (vilebrequin, culasse,...) et aux organes annexes (démarreur, alternateur, embrayage,...)

- **Cylindre**

- alésé directement dans le bloc
- ou constitué d'une chemise sèche (fourreau emmanché dans le bloc)
- ou constitué d'une chemise humide (fourreau rapporté en contact avec le liquide de refroidissement)

- **Piston**

- organe mobile dans la chemise
- il porte les **segments** pour assurer l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter
- il est soumis à la pression des gaz qu'il transmet à la bielle par **l'axe de piston**

ARCHITECTURE GENERALE

Bielle

- liaison entre le piston et le vilebrequin
- transmission au vilebrequin de l'effort résultant de la pression des gaz dans le cylindre.

- Vilebrequin ou Arbre manivelle

- transformation du mouvement linéaire alternatif du piston en un mouvement circulaire de l'arbre de sortie moteur
- sur les moteurs à plusieurs cylindres, suivant le nombre et la disposition de ceux-ci,
il y a différentes réalisations du vilebrequin
- la rotation du vilebrequin à l'intérieur des **paliers** du bloc cylindre se fait par l'intermédiaire de portées ou **tourillons**
- les bielles s'articulent sur les manivelles ou **manetons**.
- les liaisons tournantes sont réalisées généralement par des **coussinets** recouverts de métal anti-friction.

ARCHITECTURE GENERALE

-**Volant** ou **volant moteur** ou **volant d'inertie**

- Ce disque fixé en bout de vilebrequin permet grâce à son inertie de régulariser la vitesse de rotation
- Il porte en général un couronne dentée pour le lancement du moteur par le démarreur

- **Culasse**

- Fixée à la partie supérieure du bloc-cylindre, elle délimite avec le piston le volume de la **chambre de combustion**
- Un **joint de culasse** assure généralement l'étanchéité entre la culasse et le bloc moteur
- La culasse comporte les **orifices d'admission** et **d'échappement** dont la communication avec la chambre se fait grâce aux **soupapes**
- L'ouverture et la fermeture des soupapes sont commandées par le **système de distribution** qui comprend en particulier **l'arbre à cames**, les **ressorts de soupapes** et éventuellement les **culbuteurs**, les **poussoirs**, les **tiges de culbuteur**,...

-**Carter d'huile**

- carter inférieur du moteur qui sert de réservoir d'huile permettant d'alimenter le **système de lubrification**

ARCHITECTURE GENERALE

- Refroidissement

- Un **système de refroidissement**, par eau ou par air évacue une partie de la chaleur dégagée lors de la combustion pour assurer la tenue des pièces du moteur.

Dans le domaine automobile, l'architecture générale diffère peu entre les moteurs à essence et les moteurs Diesel, les différents éléments des moteurs Diesel sont toutefois renforcés pour tenir compte des pressions internes plus élevées et des efforts plus importants qu'ils doivent transmettre.

Il existe des différences technologiques :

- **systèmes d'alimentation en combustible** (injection directe et indirecte)
- **dispositif d'allumage** (pour le moteur à essence)
- dispositifs de **dépollution**

dimensions caractéristiques d'un moteur

Alésage : Diamètre D du cylindre (mm)

Course : Distance L parcourue par le piston entre le Point Mort Haut (PMH) et le Point Mort Bas (PMB) (mm)

R est le rayon de manivelle $L = 2.R$

Cylindrée unitaire : Volume balayé par le piston lors de la course

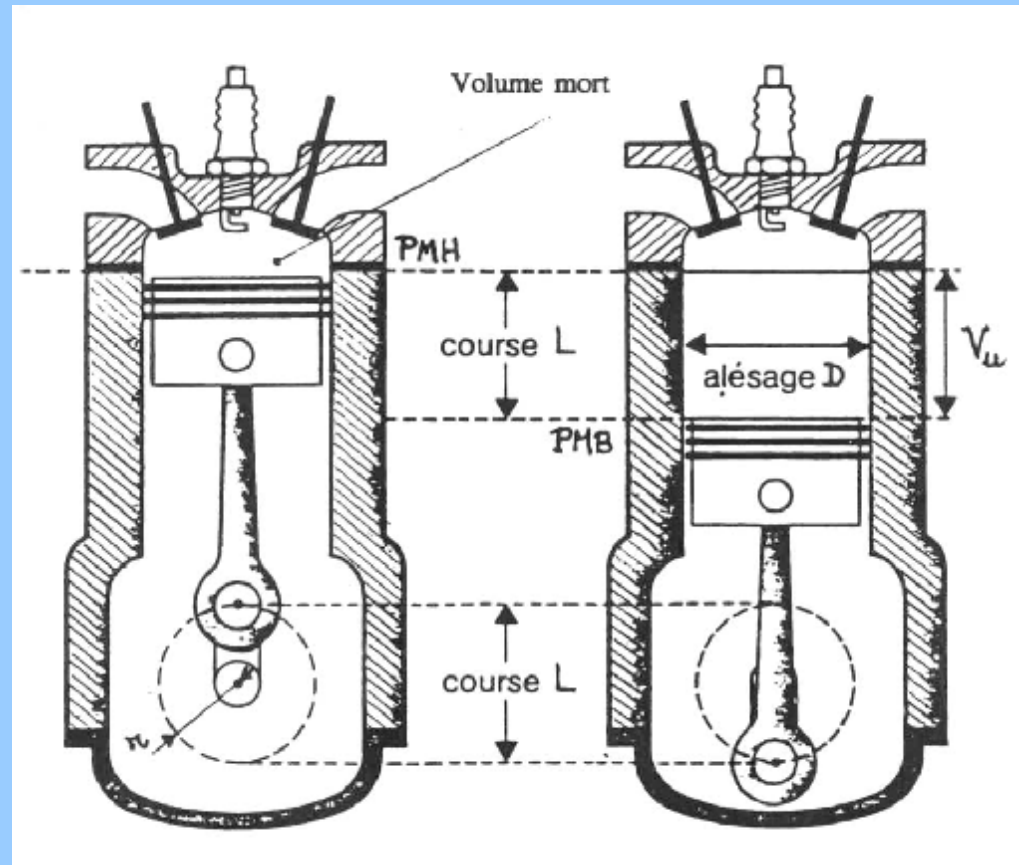
$$L \text{ (cm}^3\text{)} \quad V_u = L \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Cylindrée totale : $V_{cyl} = n \cdot V_u$ si n est le nombre de cylindres

Rapport volumétrique de compression ou « **taux de compression** » :

si V_{mort} est le volume de l'espace mort

$$\varepsilon = \frac{V_u + V_{mort}}{V_{mort}}$$



- Rapport entre course (L) et alésage (D)

- moteur « carré » pour lequel $L \cong D$
- moteur « super carré » pour lequel $L < D$
- moteur « à course longue » pour lequel $L \gg D$

- Disposition ou géométrie de certains organes du moteur

- soupapes : latérales, en tête, multisoupapes,...
- arbre à cames : latéral, en tête
- forme de chambre de combustion :
hémisphérique, en toit, en baignoire, à chasse,...

- Puissance fiscale d'un moteur

-En France, depuis juillet 1998 (article 62 de la Loi n°98-546 du 2 juillet 1998), la puissance fiscale dépend de la valeur normalisée d'émission de dioxyde de carbone (CO₂) en g/km et de la puissance maximale du moteur en kW. Si on note C la quantité de CO₂ rejetée et P la puissance du moteur (1 cheval DIN = 0,736 kW) exprimées dans ces unités, alors :

$$P_f = \frac{C}{45} + \left(\frac{P}{40} \right)^{1.6}$$

- Puissance fiscale d'un moteur

-*Formule française* (avant juillet 98)

$$P = knd^2lw$$

avec

$k = 0.00015$ moteurs essence et Diesel 2 temps

$k = 0.00015 * 0.7$ Diesel 4 temps

$k = 0.00015 * 0.9$ Moteur GPL

n : nombre de cylindres

d : Alésage piston cm

l : course en cm

$w = 1200$ tr/min si $M > 2250$ Kg

$= 1800$ tr/min si $M < 2250$ Kg

- Puissance fiscale d'un moteur

Formule économique

$$P = m \left(0.0458 * \frac{c}{k} \right)^{1.48}$$

Avec P est la puissance fiscale la plus proche,
m dépend du carburant (0.7 gazole, essence)

c : cylindrée en cm³

k : paramètre dépendant de la boîte de vitesses.

$$k = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4} \quad \text{si la boîte de vitesse possède 4 rapports}$$

$$k = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_5}{4} \quad \text{si } V_5 < 1.25V_4$$

$$k = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + 1.25.V_4}{4} \quad \text{si } V_5 \geq 1.25V_4$$

V1 : vitesse en 1er à 1000tr/min

V2 : vitesse en 2ème à 1000tr/min en km/h, etc.

- Vitesse moyenne du piston

La vitesse moyenne de piston V_{mp} exprimée en m/s est donnée par : $V_{mp} = 2.L.\frac{N}{60}.10^{-3}$

Avec L : course du moteur (mm), N : vitesse de rotation (tr/min)

V_{mp} représente l'espace parcouru par le piston dans l'unité de temps.

Sa valeur maximale est limitée par les contraintes acceptables dues aux **forces d'inertie**.

Sa valeur est également liée à l'**usure**.

Selon la valeur de V_{mp} au régime nominal on distingue :

Moteurs rapides :

Moteurs de compétition essence : > 20 m/s

Moteurs de traction automobile essence : 14 – 18 m/s

Moteurs de traction automobile Diesel : 12 – 14 m/s

Moteurs de traction poids-lourds : 10 – 12 m/s

Moteurs semi-rapides :

V_{mp} : 7- 9 m/s

Moteurs lents :

V_{mp} : 6 – 8 m/s

- Mode de combustion

- à allumage commandé ou allumage par étincelle
- Diesel ou allumage par compression
- à charge stratifiée
- dual fuel

- Nature du combustible

- combustible HC légers liquides : essence
- combustible HC moyens liquides ; gasoil
- combustible gazeux : méthane, LPG, biogaz
- combustibles HC lourds liquides : fuel lourd
- combustibles spéciaux : alcool, huile végétale,...

- Mode d'alimentation en combustible

- carburation d'essence
- injection d'essence dans la chapelle d'admission
- injection directe d'essence dans le cylindre
- injection de gasoil dans une préchambre (injection indirecte)
- injection de gasoil dans le cylindre avec chambre de combustion unique (injection directe).

- Mode d'alimentation en air

- aspiration naturelle ou atmosphérique
- suralimentation (par compresseur attelé, par turbocompresseur)

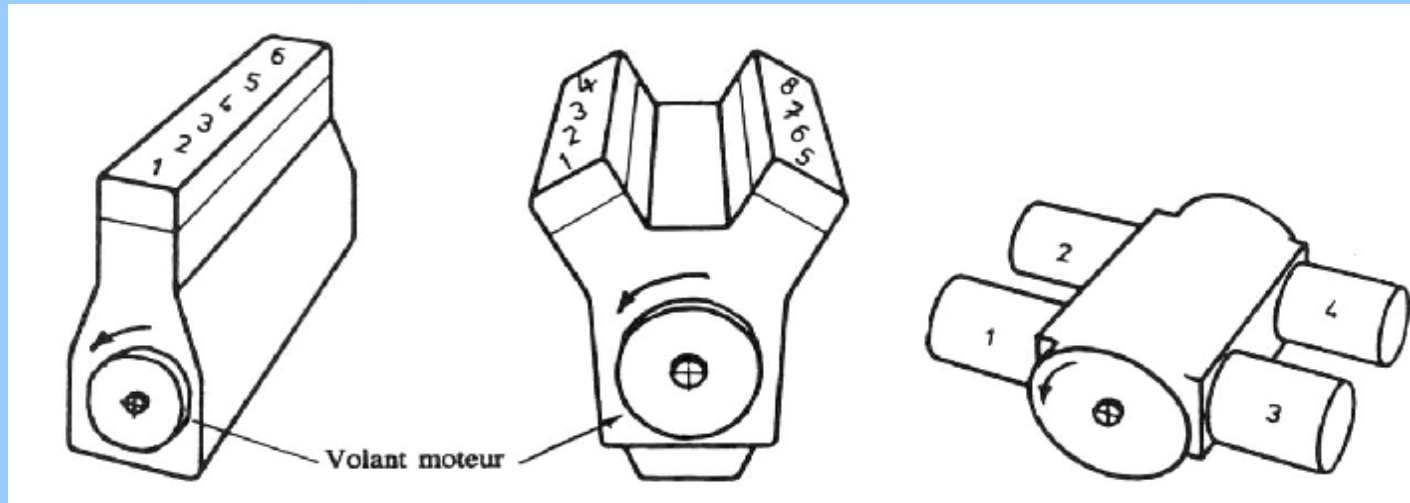
- Mode de refroidissement

- eau ou liquide
- air

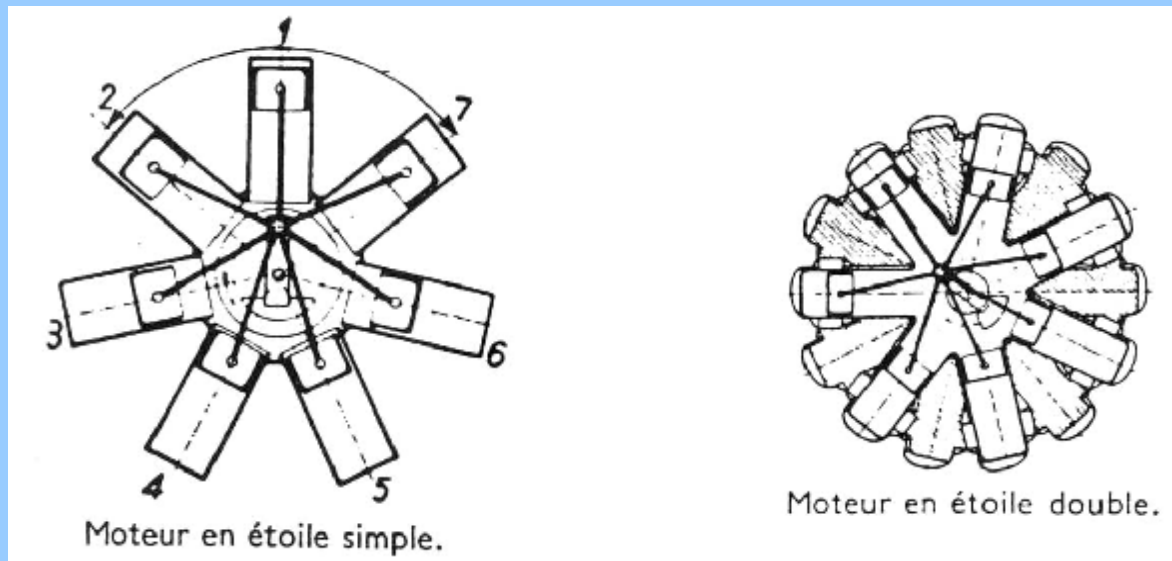
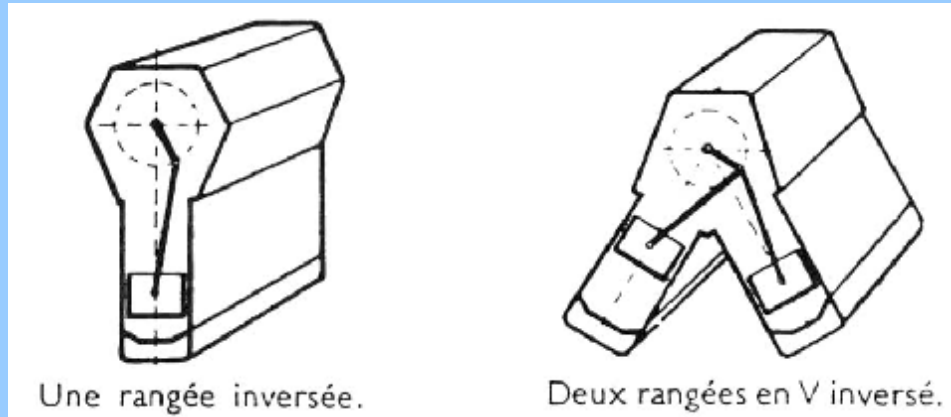
- Disposition des cylindres ou architecture

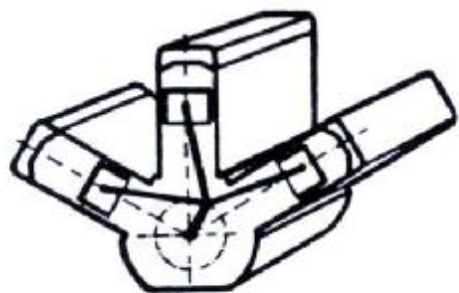
On trouve le plus couramment

- moteur en ligne (vertical, horizontal, incliné),
- moteur en V,
- moteurs à plat, à cylindres opposés horizontaux.

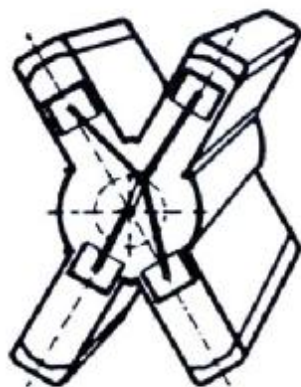


Dispositions particulières pour des utilisations spéciales (ex : aéronautique)





Trois rangées en W.



Quatre rangées en X.

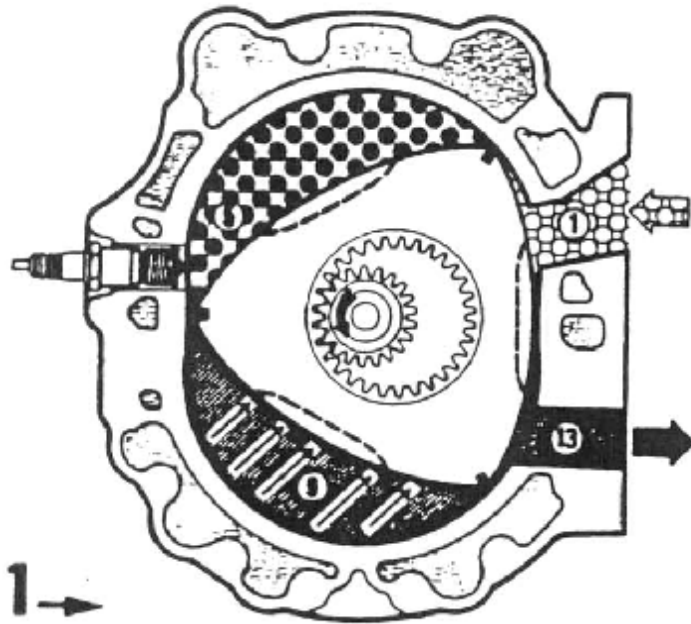


Quatre rangées en H.

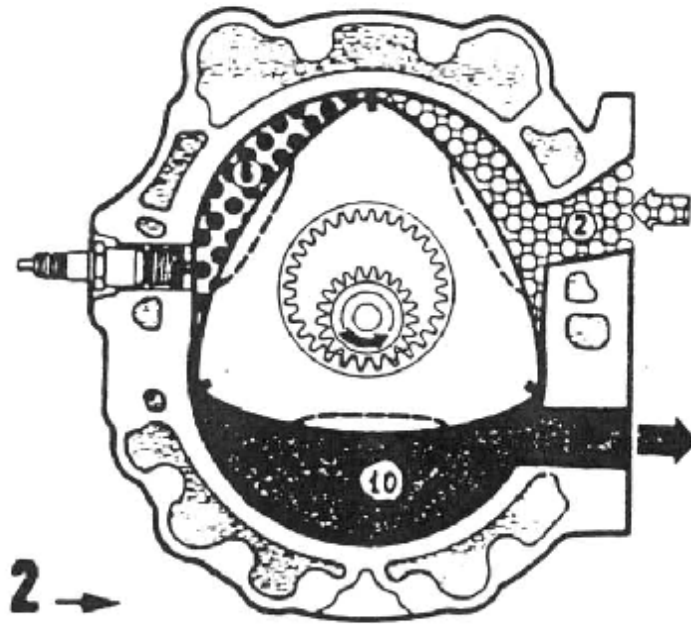
- Cinématique du piston

Moteurs alternatifs

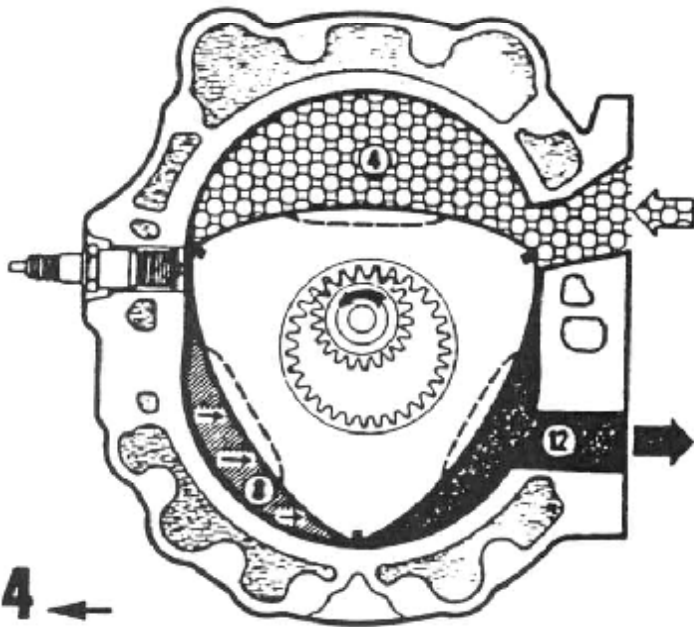
Moteurs à pistons rotatifs (ex: WANKEL)



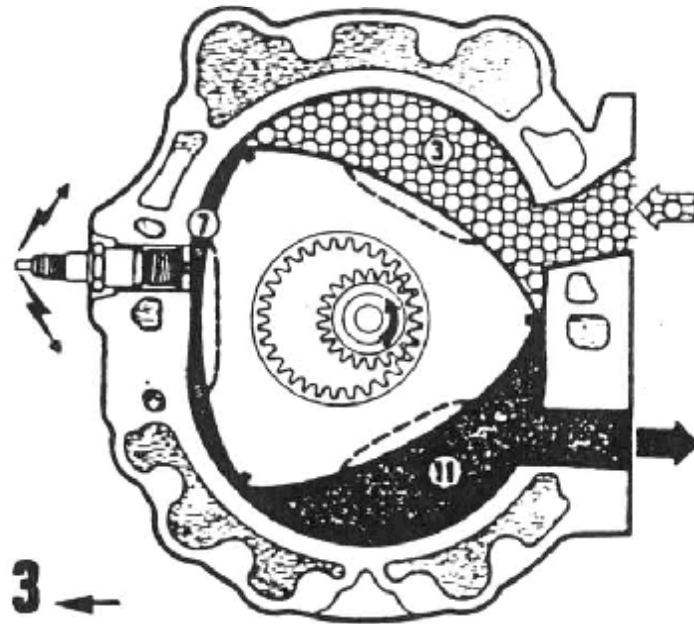
1 →



2 →



4 ←




3 ←

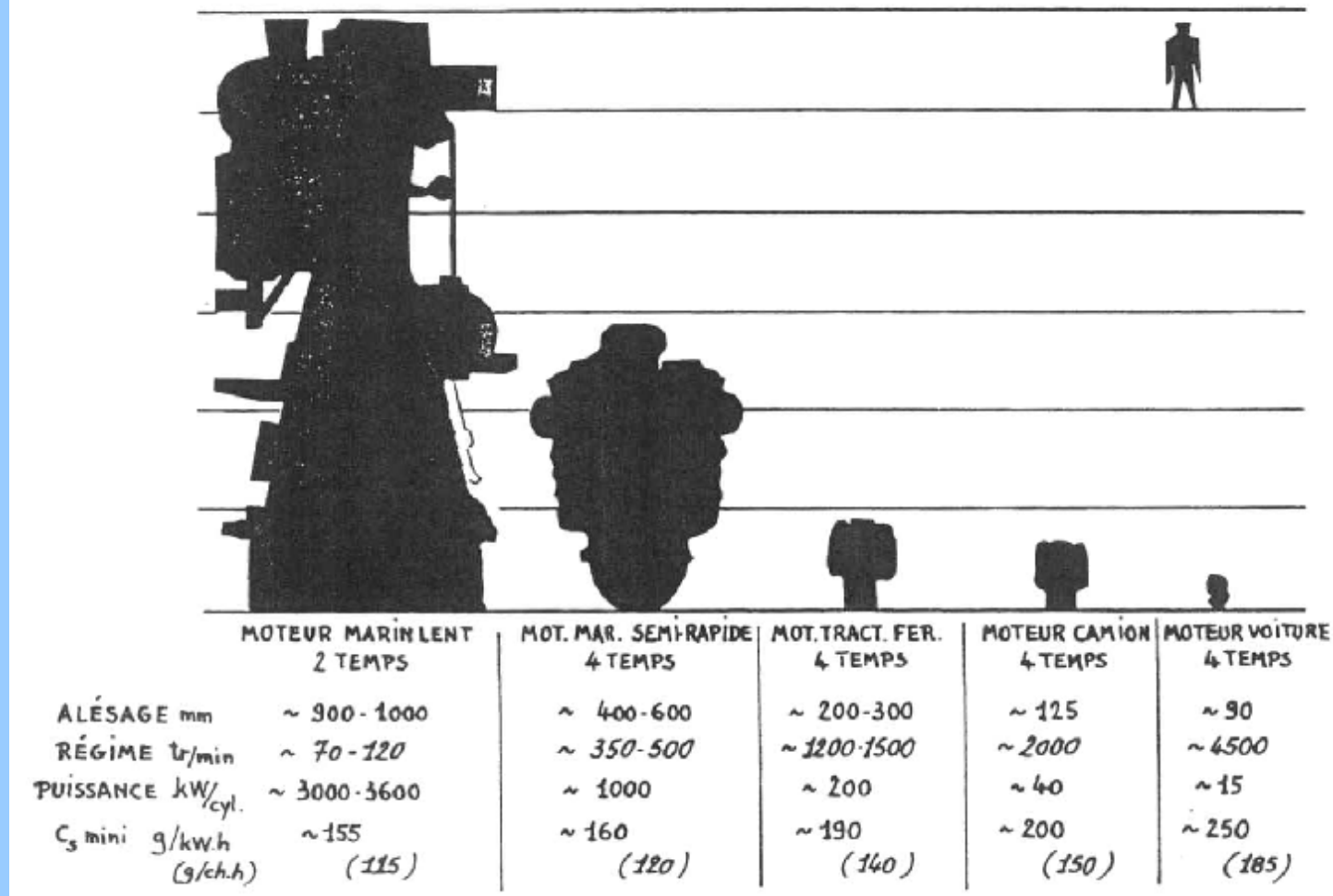
 1.2.3.4
admission

 5.6
compression

 7.8.9
explosion détente

 10.11.12.13
échappement

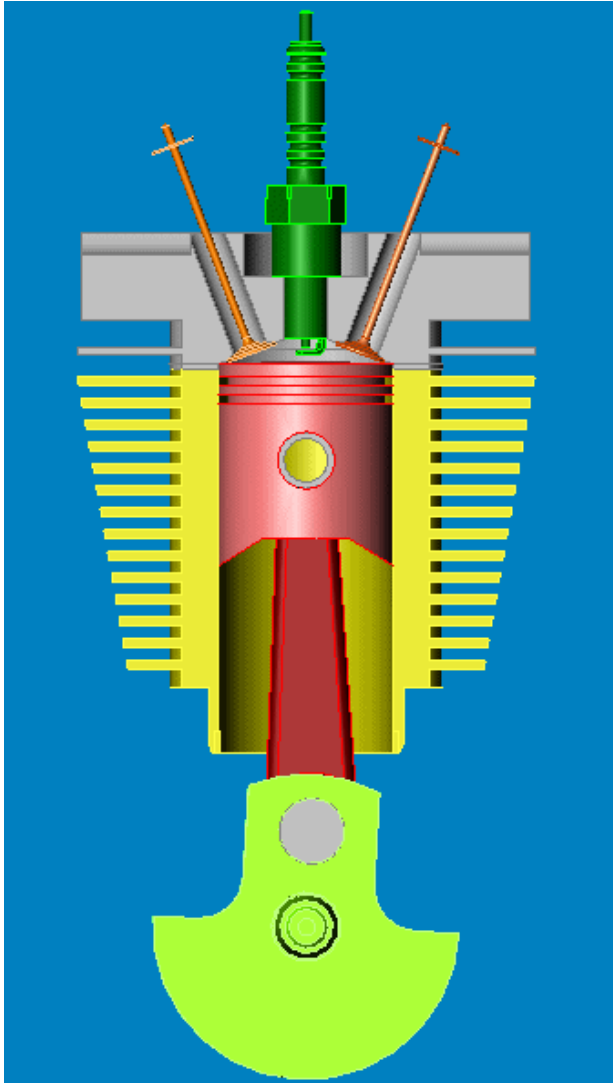
MOTEURS DIESEL



Gamme des moteurs Diesel

Étude thermodynamique :

moteur 4 temps à essence



Le cycle de Beau de Rochas

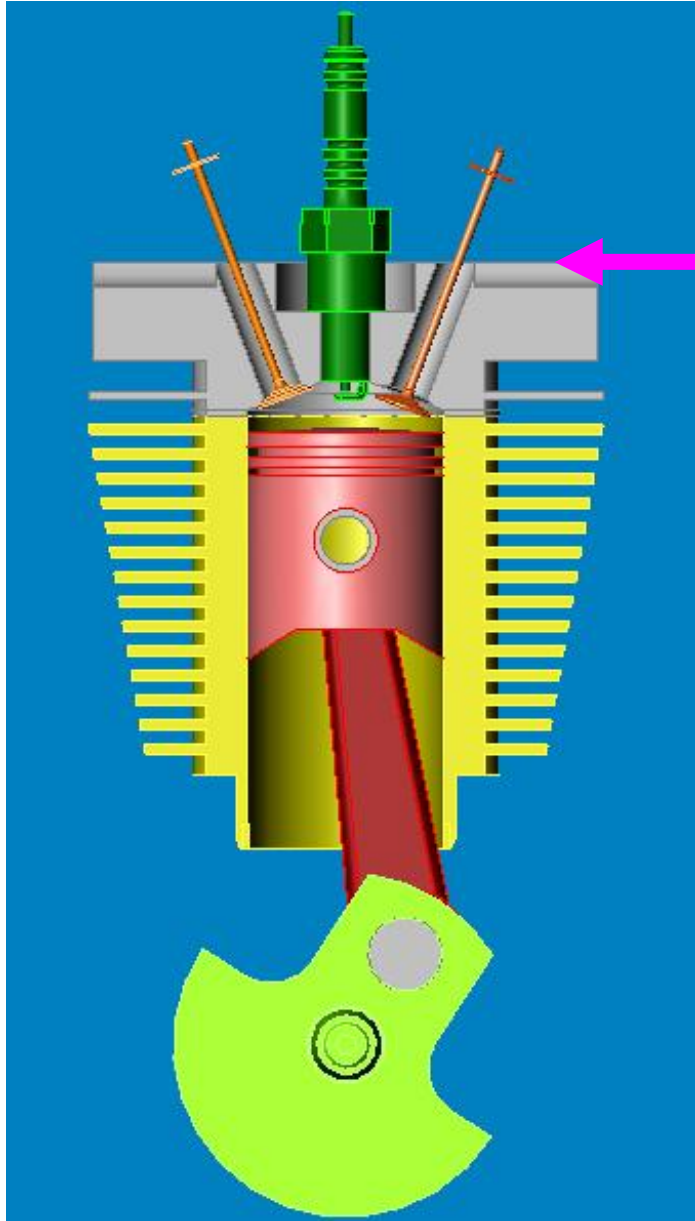
Alphonse de Beau de Rochas,
Ingénieur français (1815-1908)

Alors que Lenoir avait construit le premier moteur à explosion à gaz (1859), il établit le cycle thermodynamique idéal des moteurs à explosion à quatre temps (1862), à allumage extérieur. Ses idées furent appliquées et développées par Otto (1876).

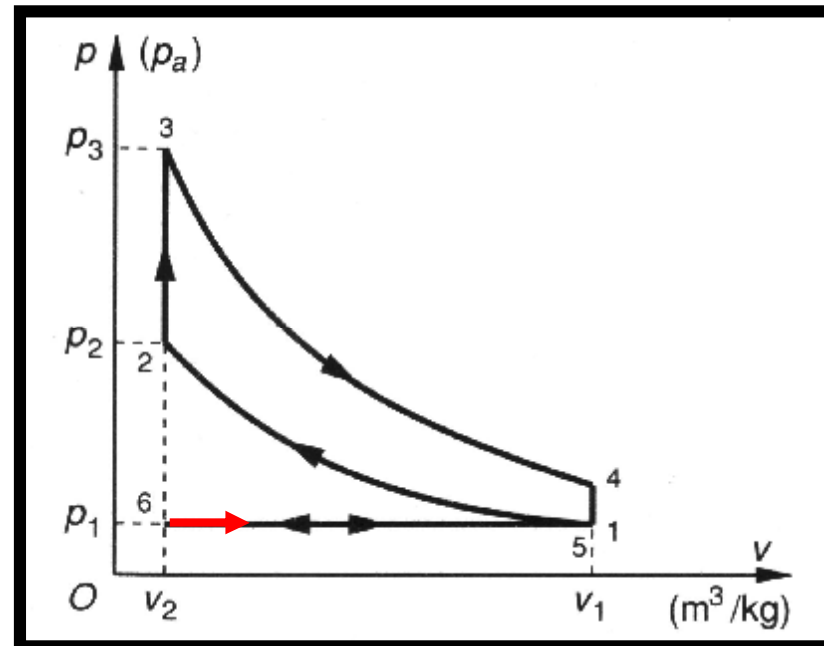
Une querelle d'antériorité eut d'ailleurs lieu .

1er temps

Admission des gaz

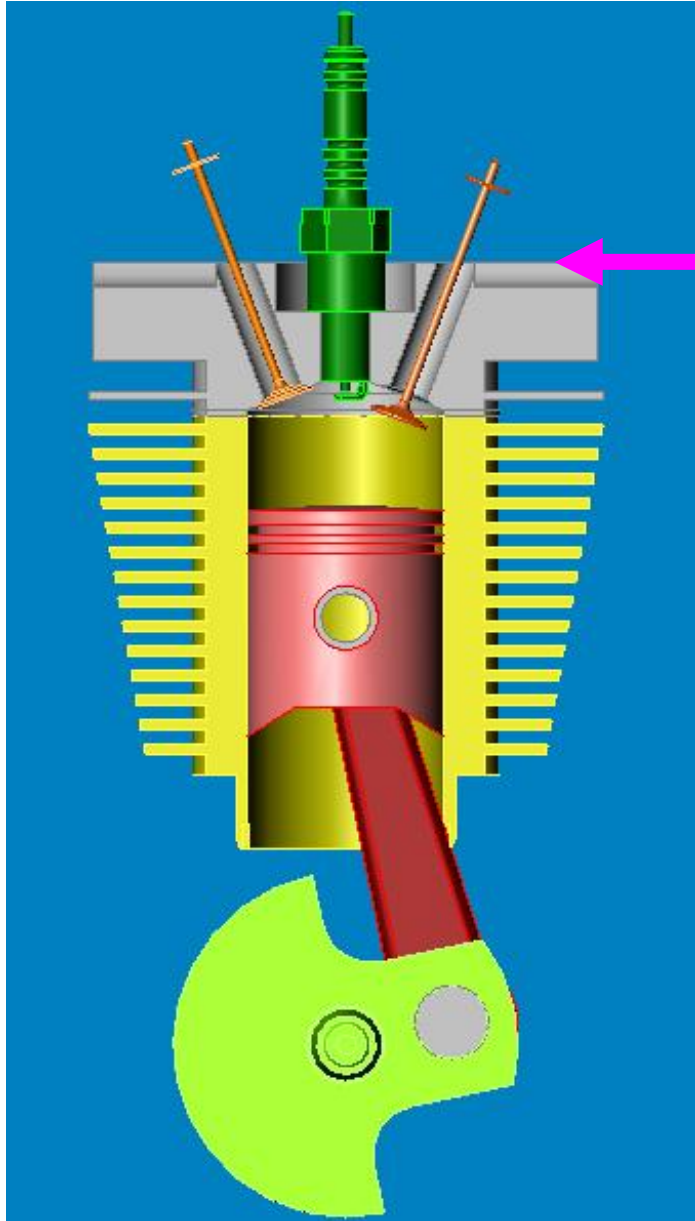


Le cycle théorique

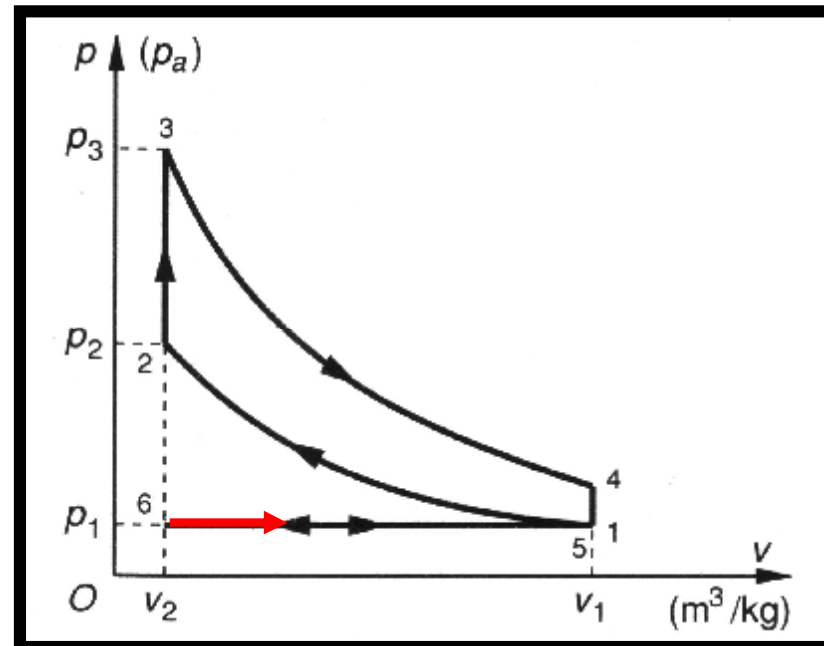


1er temps

Admission des gaz

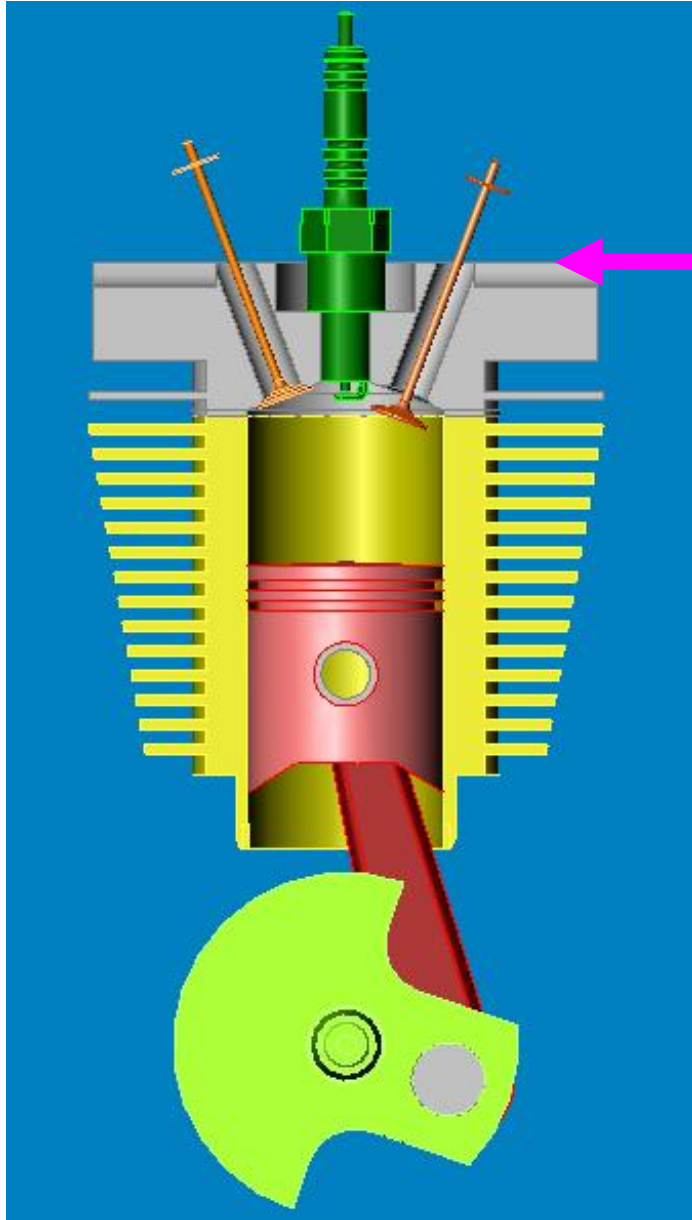


Le cycle théorique

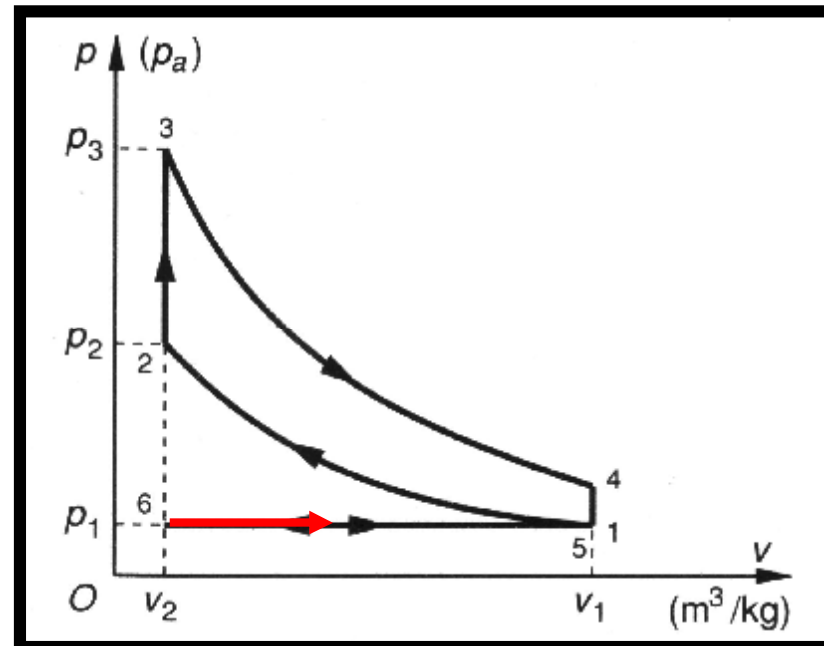


1er temps

Admission des gaz

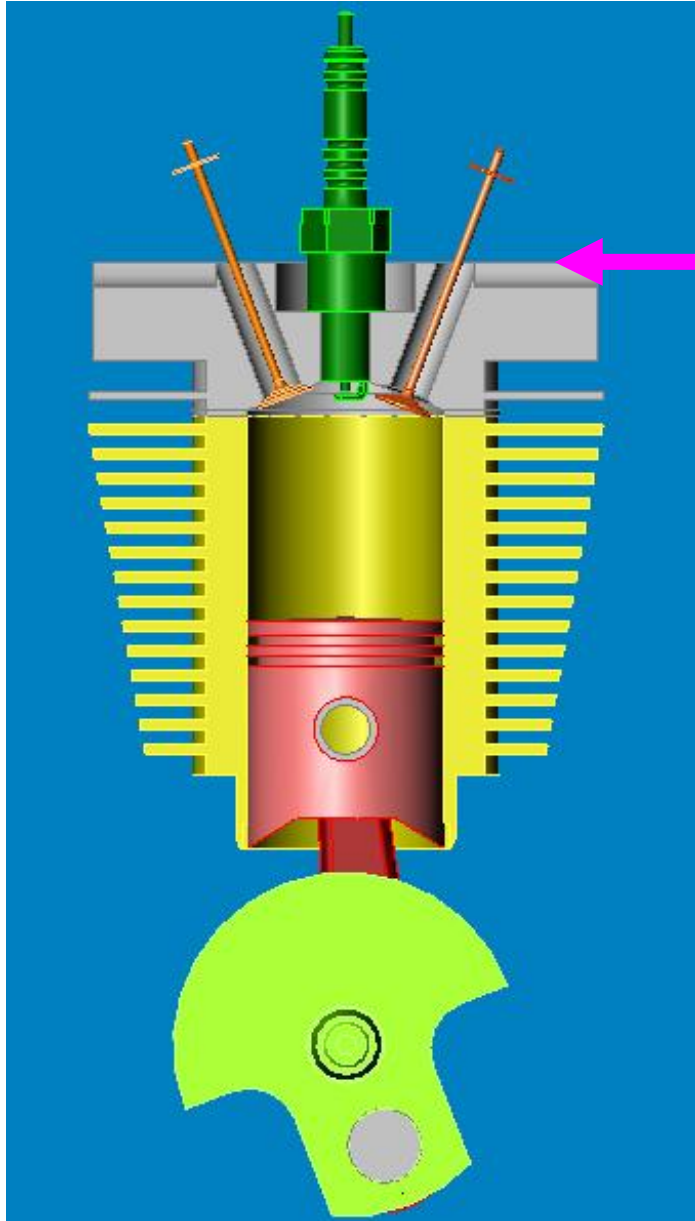


Le cycle théorique

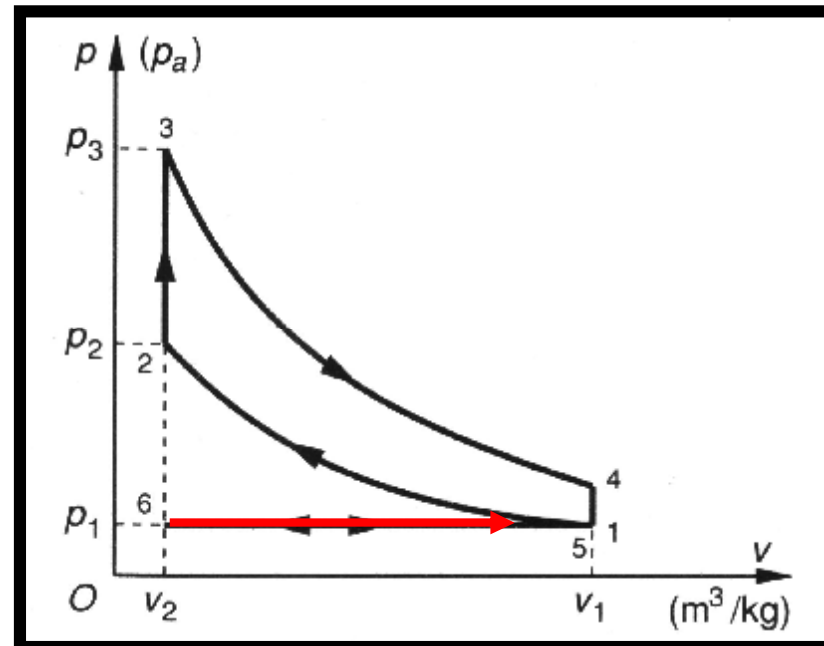


1er temps

Admission des gaz

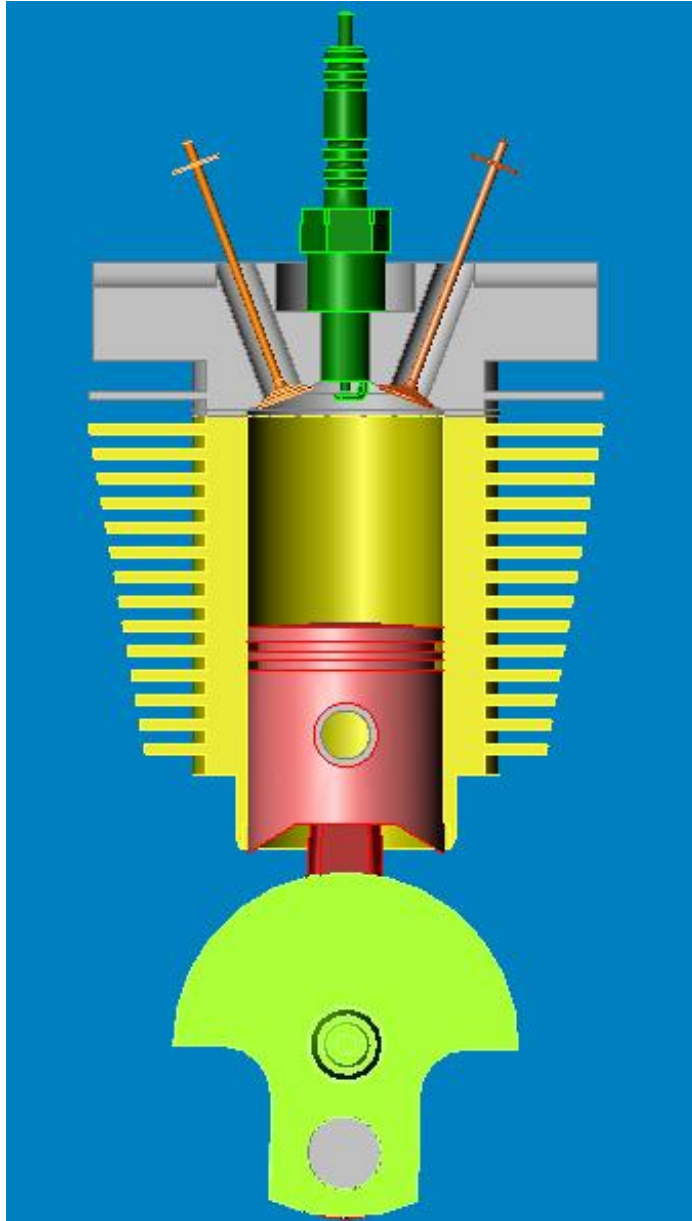


Le cycle théorique

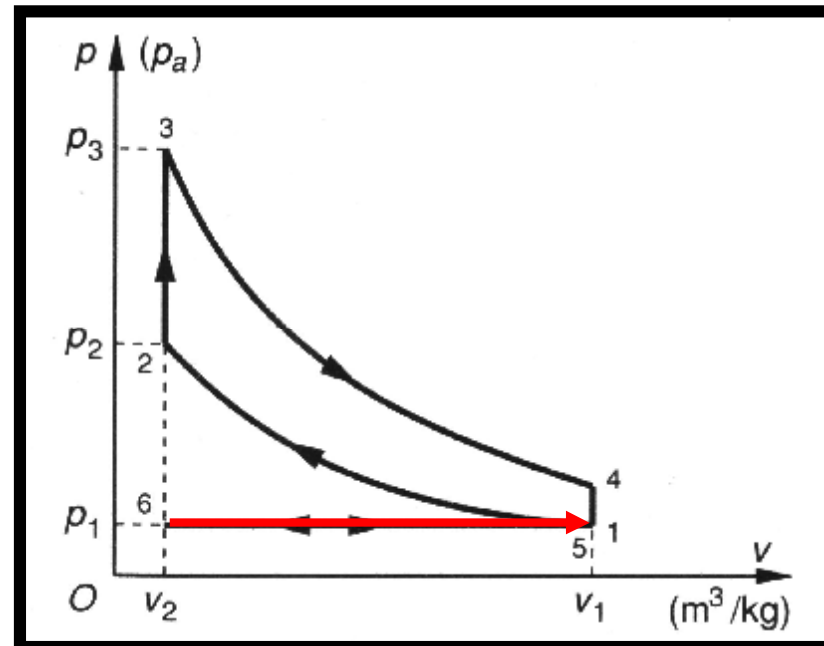


1er temps

Fin de l'admission des gaz

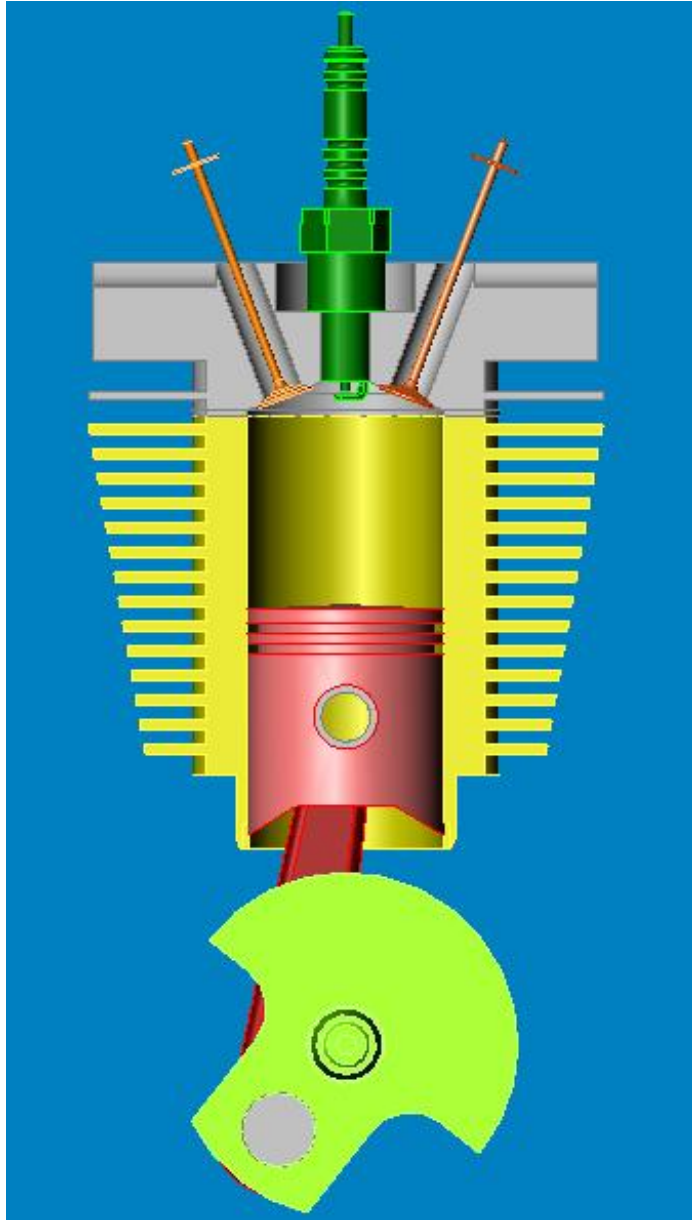


Le cycle théorique

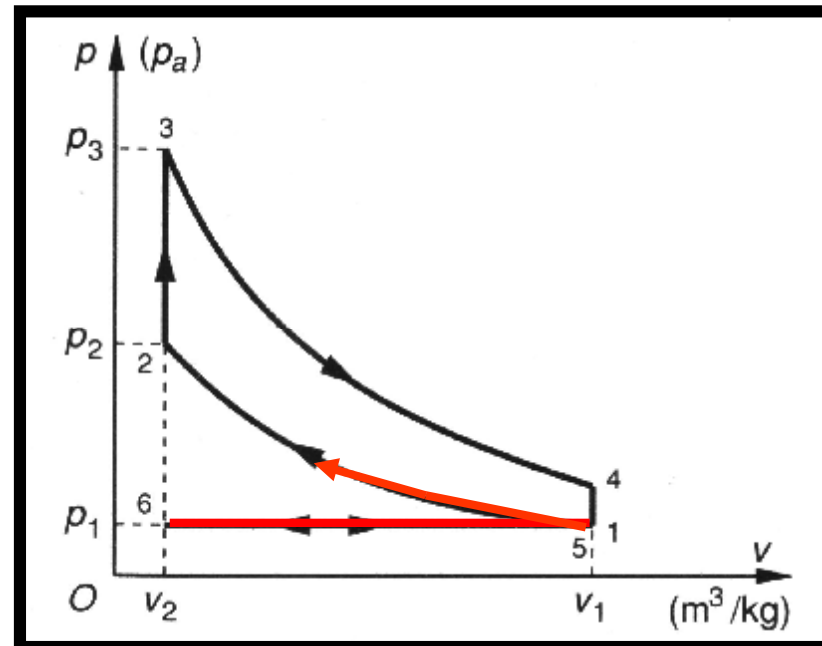


2ème temps

Début de la phase de compression

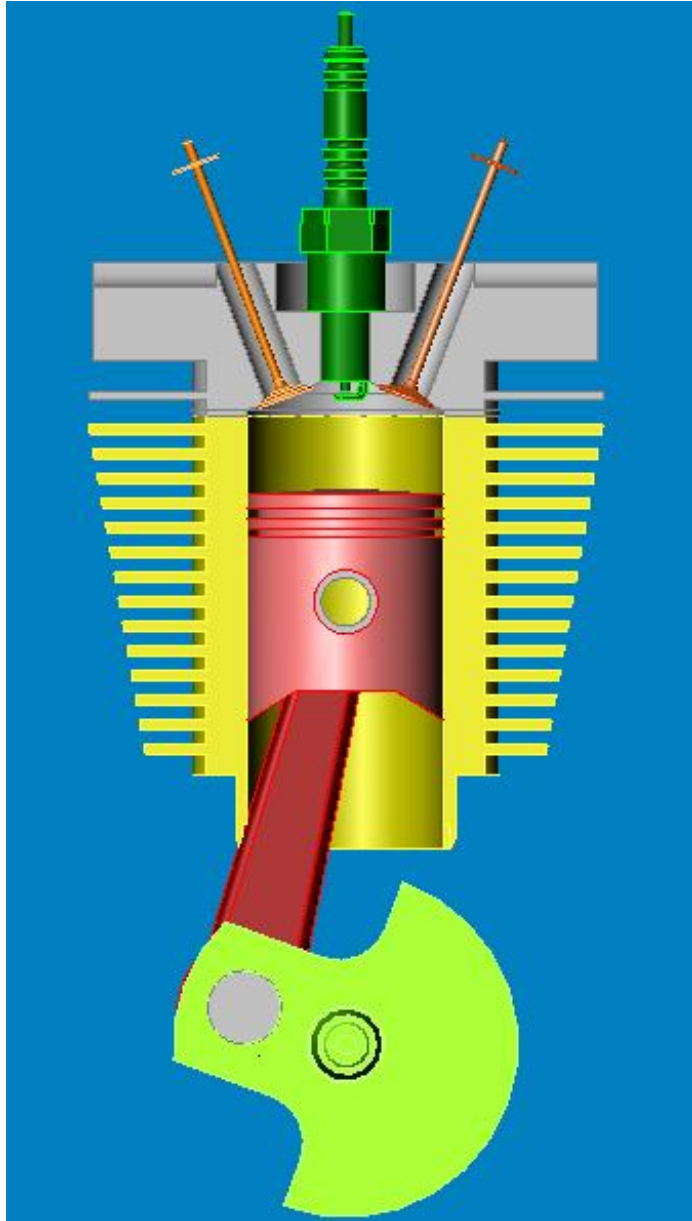


Le cycle théorique

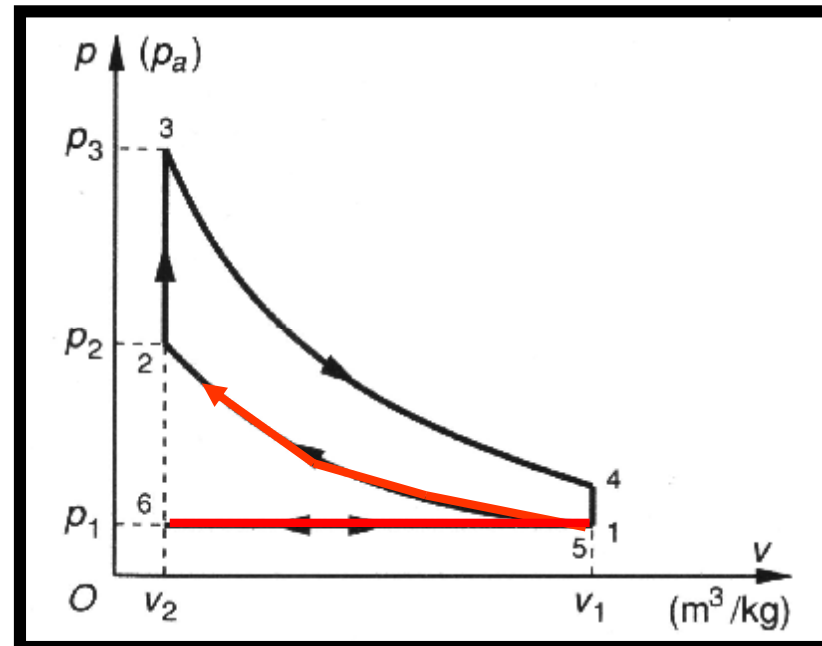


2ème temps

Compression des gaz

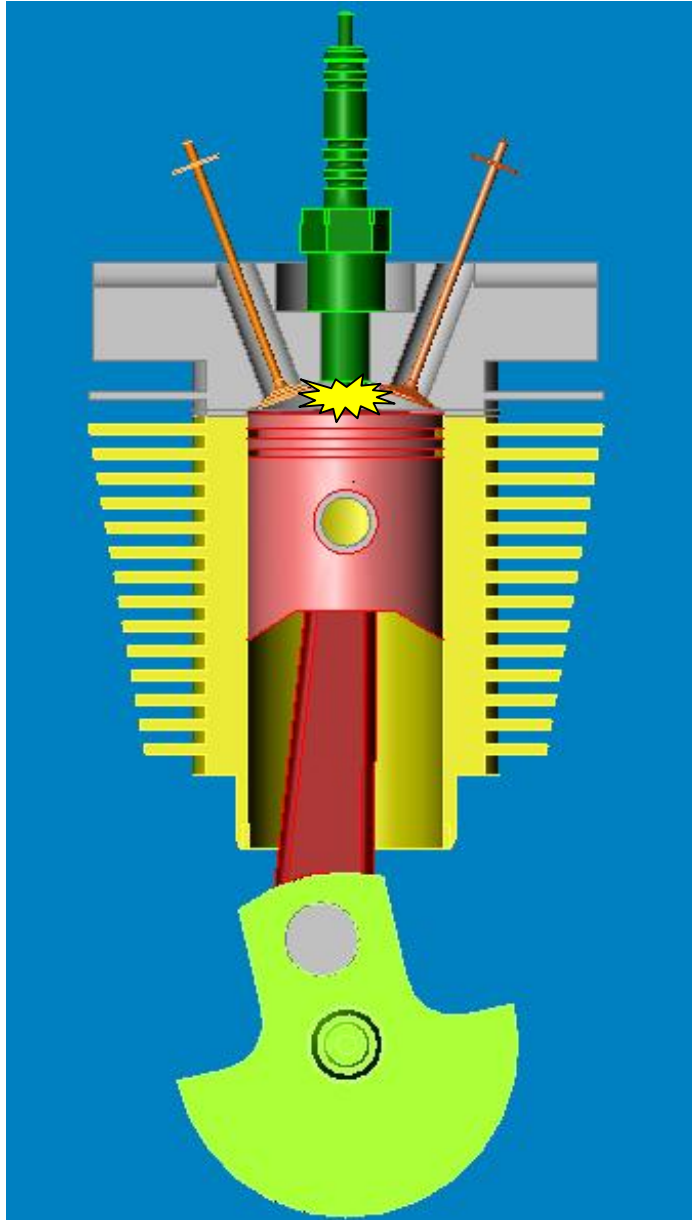


Le cycle théorique

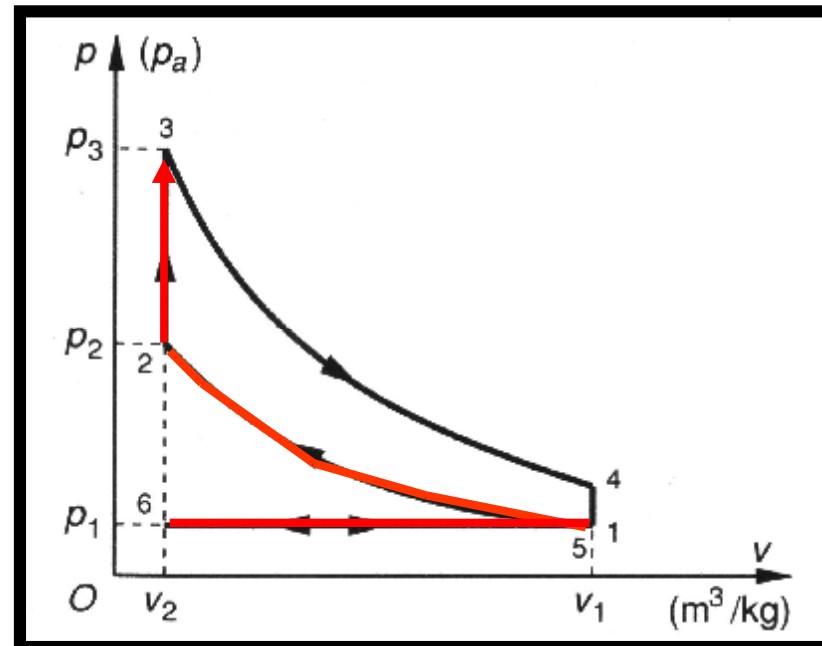


2ème temps

Explosion des gaz

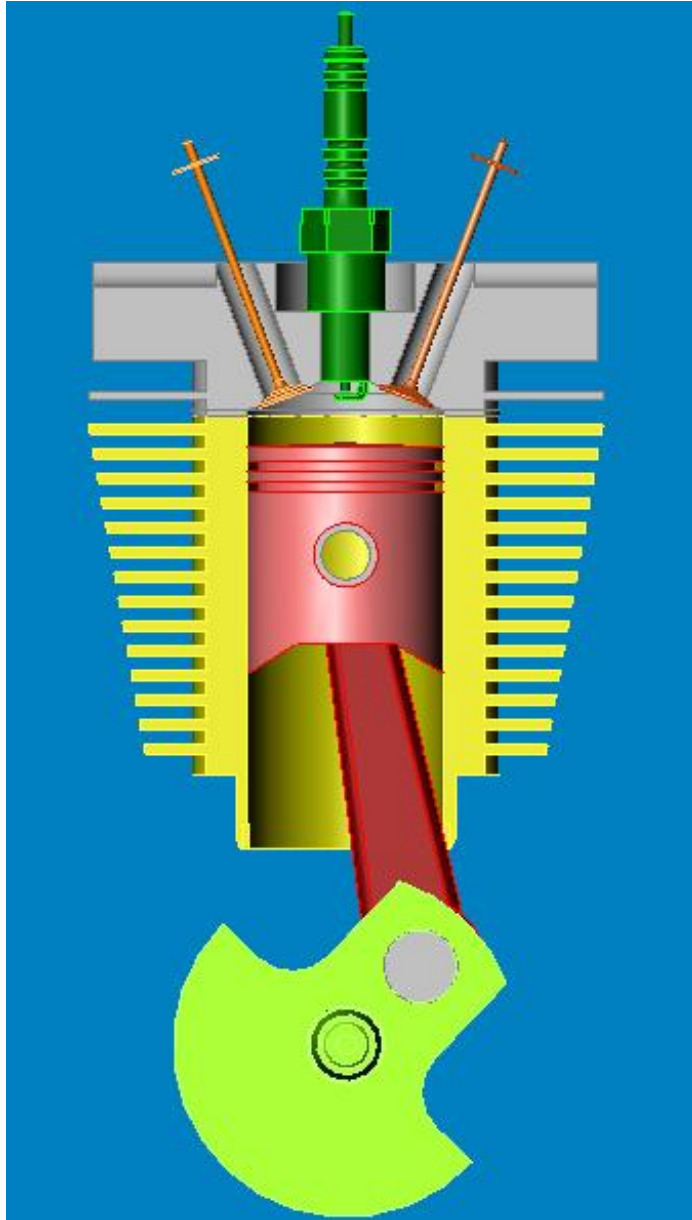


Le cycle théorique

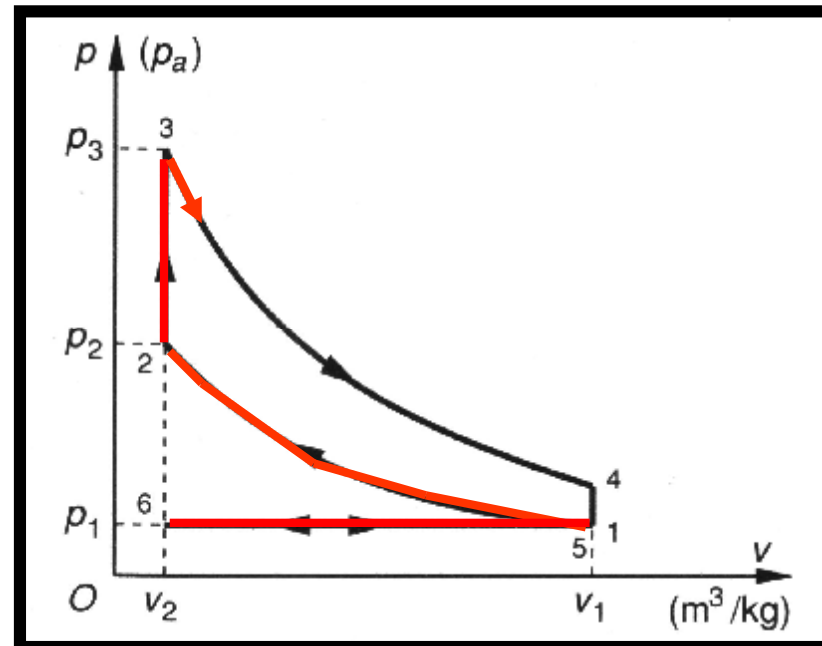


3ème temps

Détente

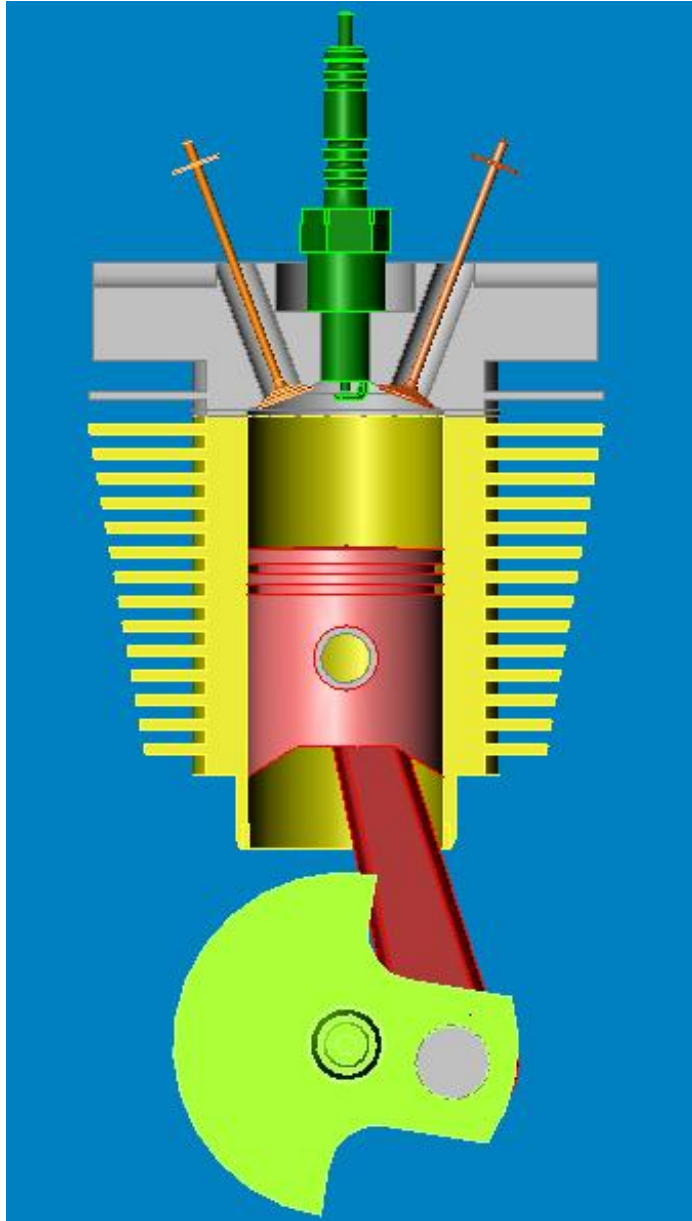


Le cycle théorique

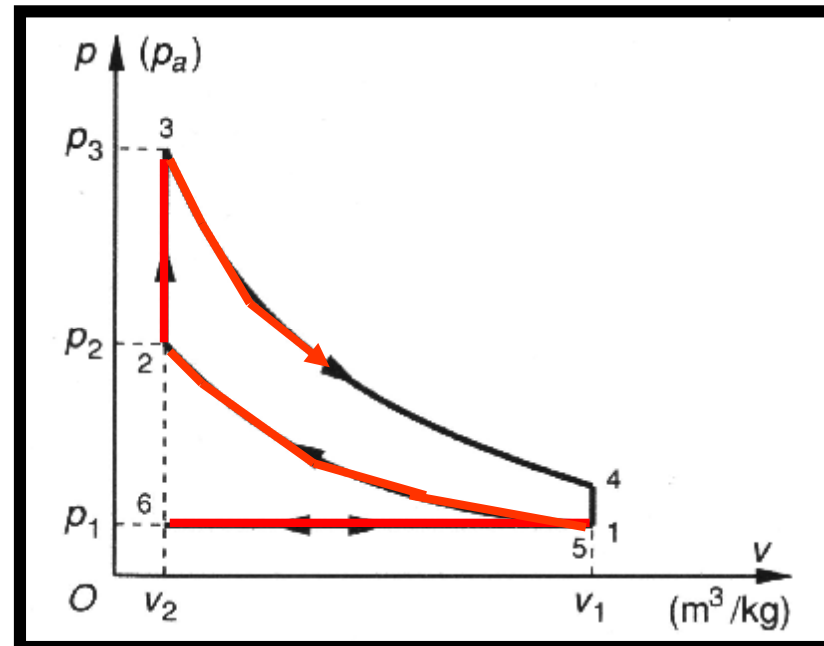


3ème temps

Détente

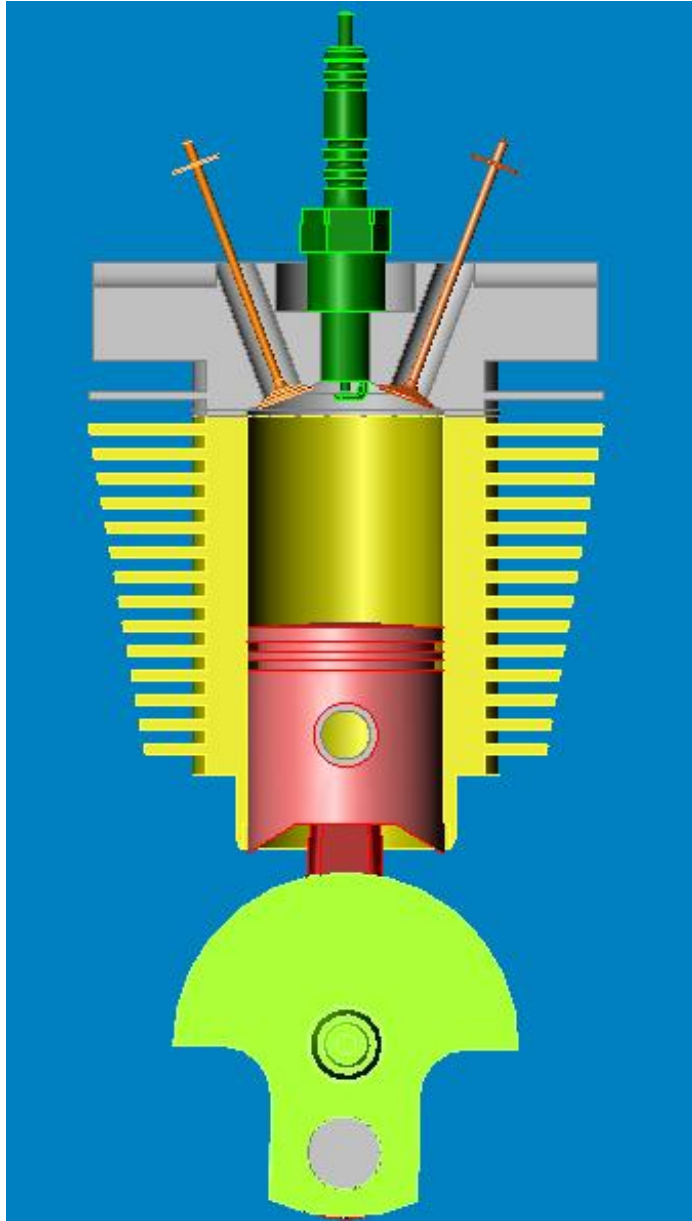


Le cycle théorique

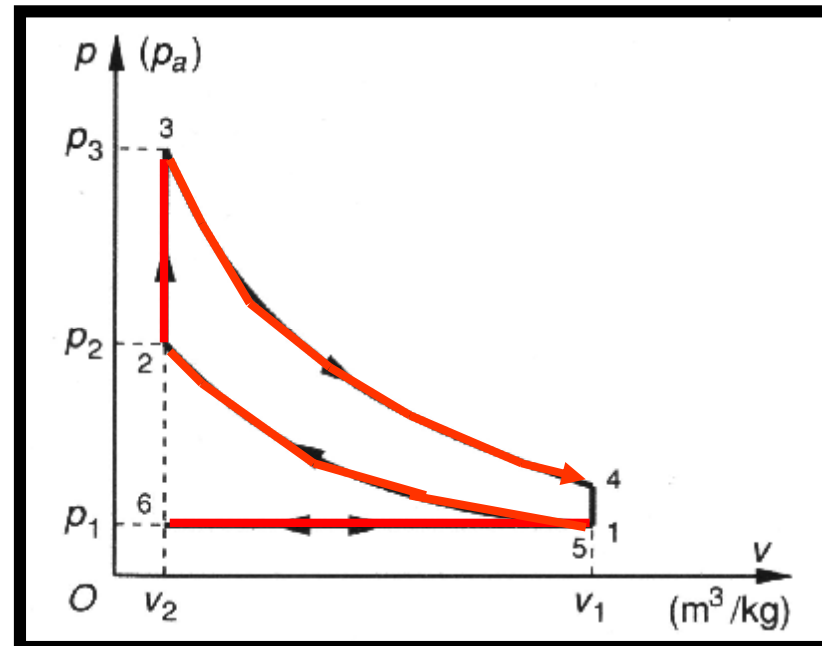


3ème temps

Fin de détente

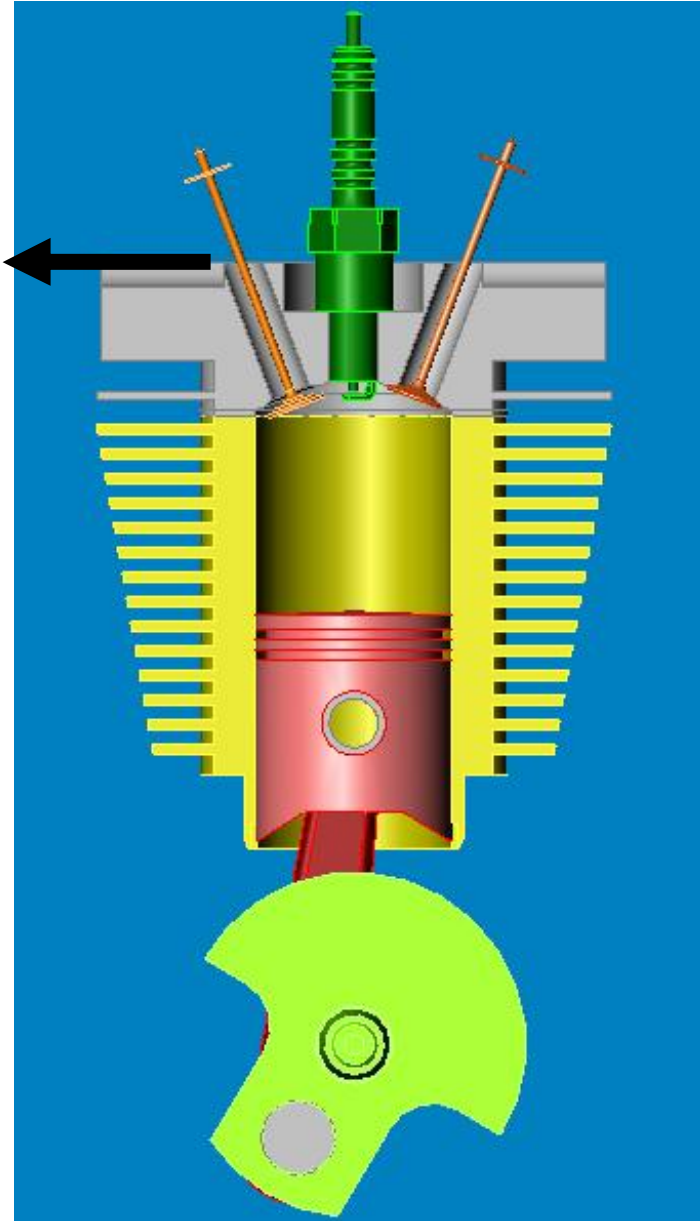


Le cycle théorique

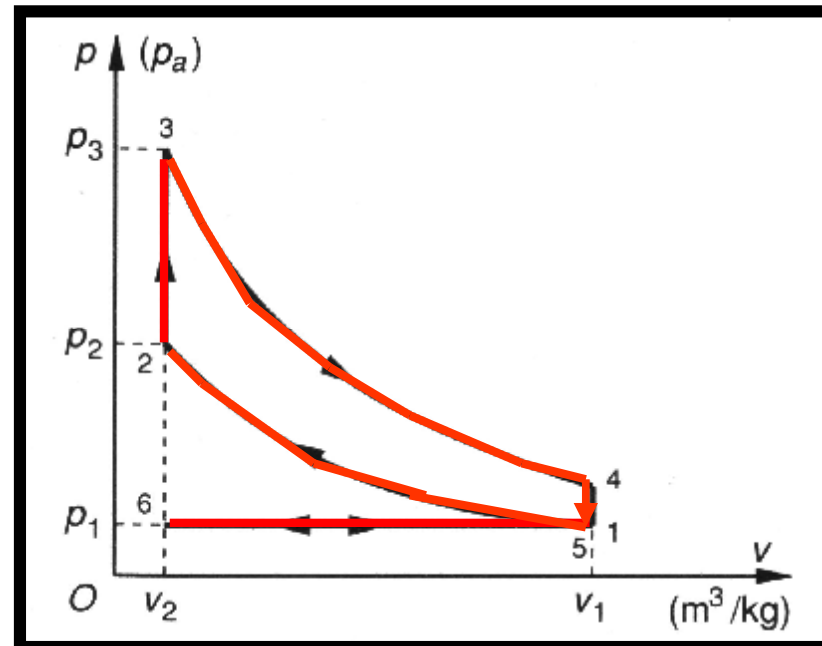


4ème temps

Début de l'échappement des gaz brûlés

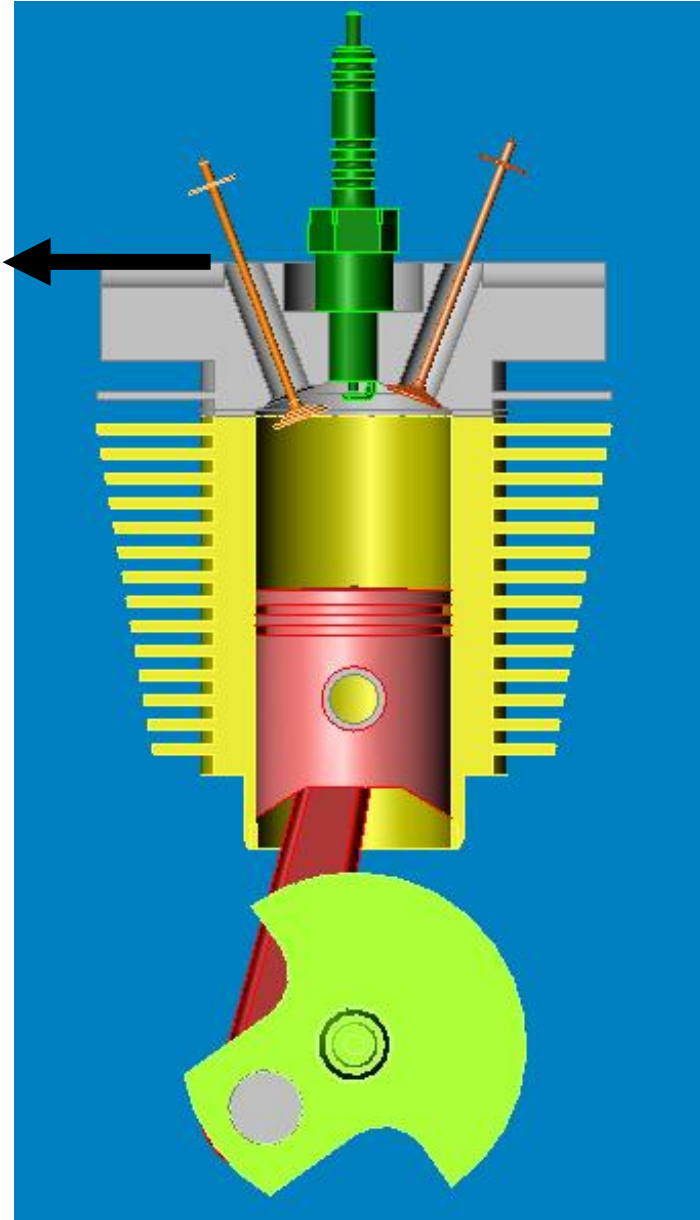


Le cycle théorique

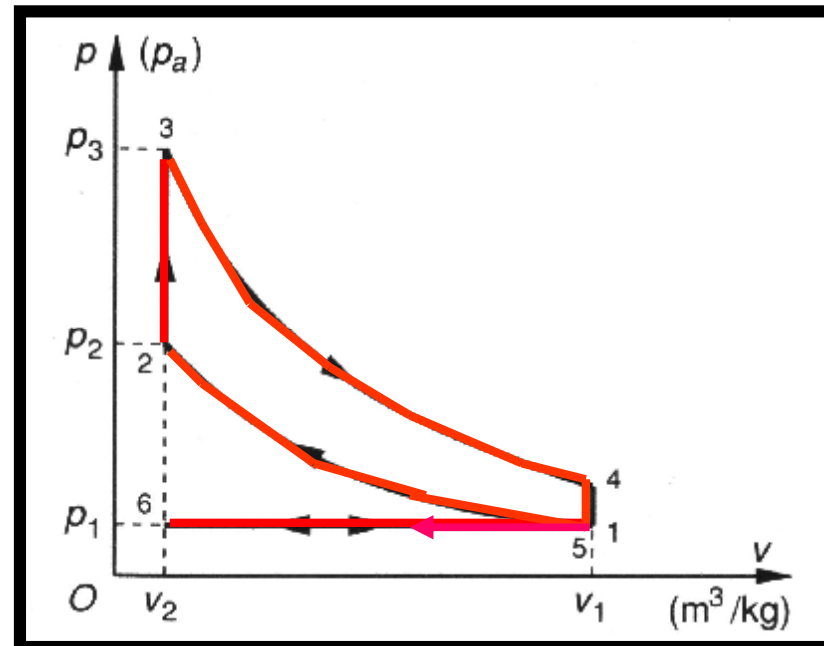


4ème temps

Échappement des gaz brûlés

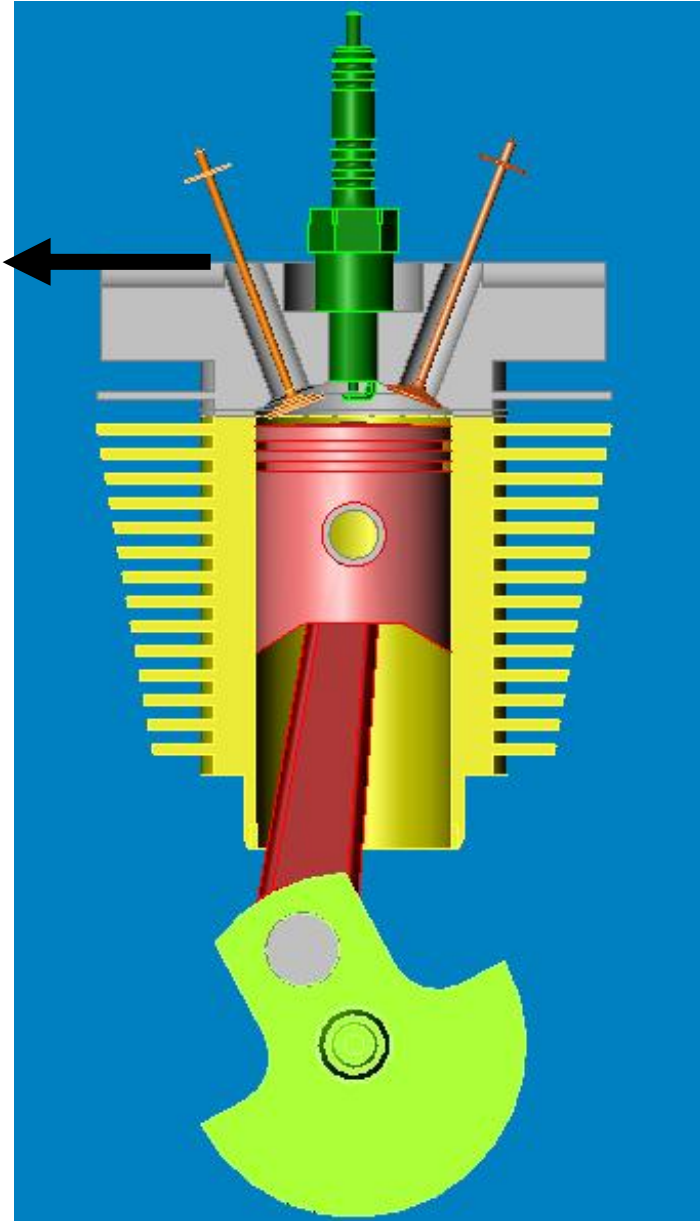


Le cycle théorique

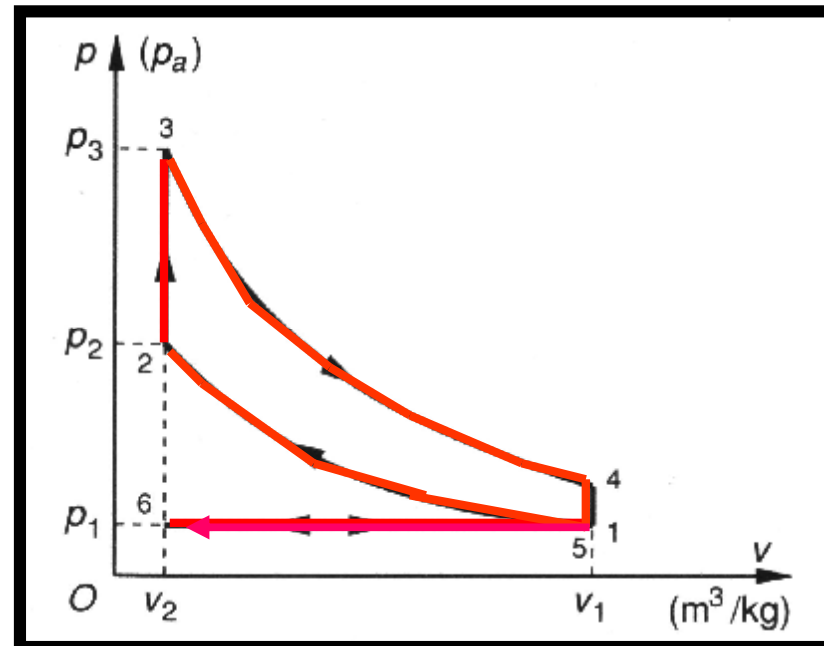


4ème temps

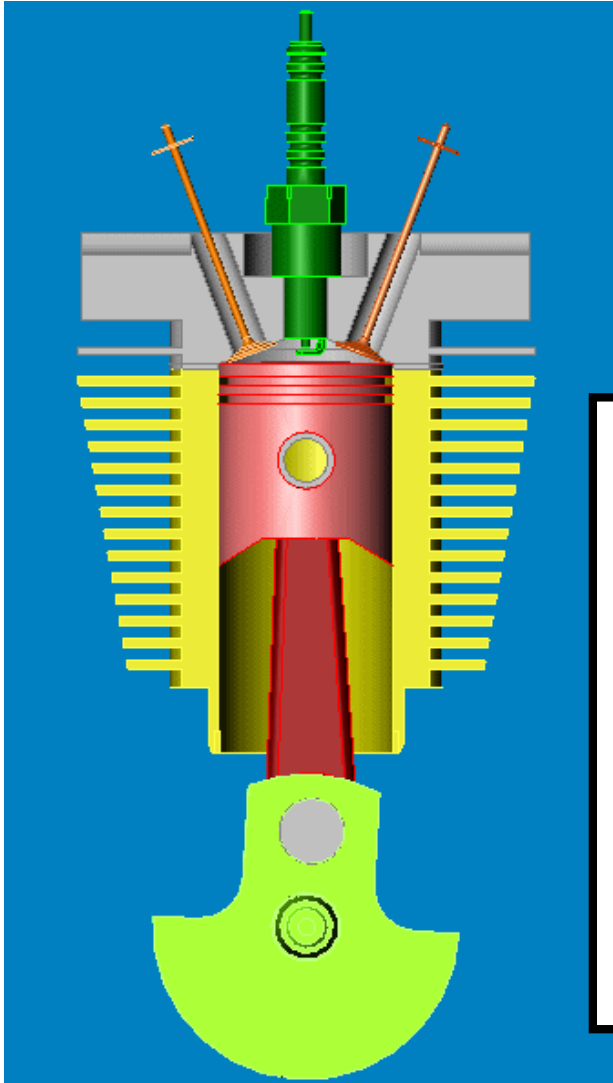
Échappement des gaz brûlés



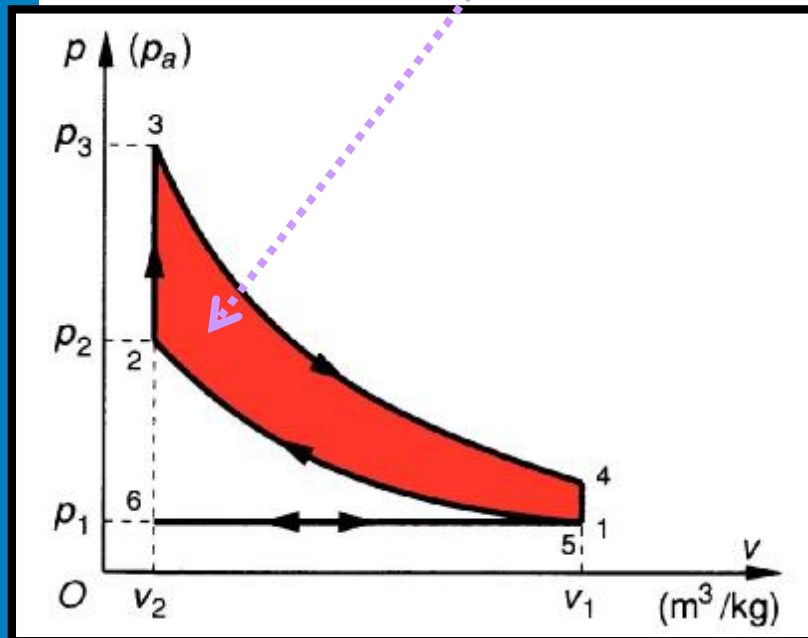
Le cycle théorique



Étude énergétique

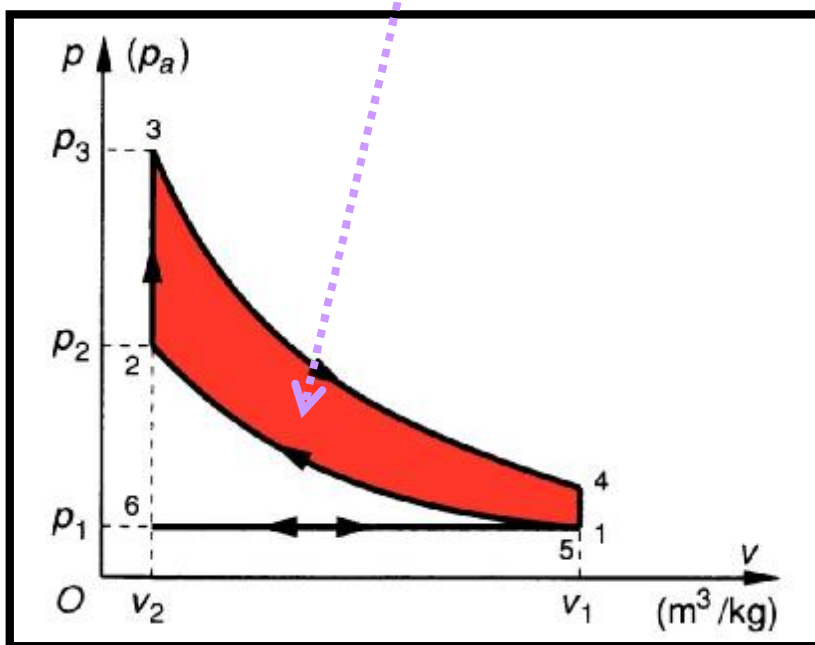


Cette aire correspond (au signe près) à l'Énergie théorique cédée par kg de gaz pour un cycle de 4 temps moteurs.



Étude dimensionnelle : analyse de l'homogénéité des formules

Cette aire correspond (au signe près) à l'Énergie théorique cédée par kg de gaz pour un cycle de 4 temps moteurs.



Énergie = travail en

$$N \cdot m = kg \cdot m^2 / s^2$$

Aire de cette courbe :

Pression en

$$Pa = N / m^2 = kg / s^2 / m$$

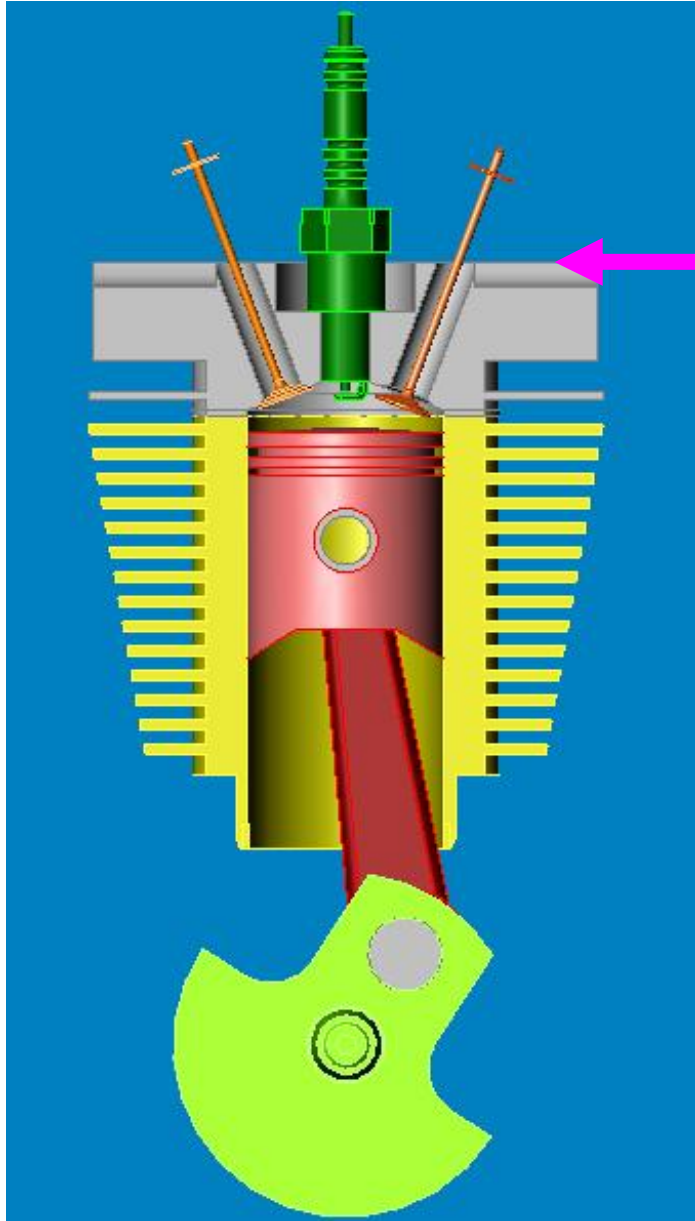
Volume en m^3

Donc l'aire est exprimé en

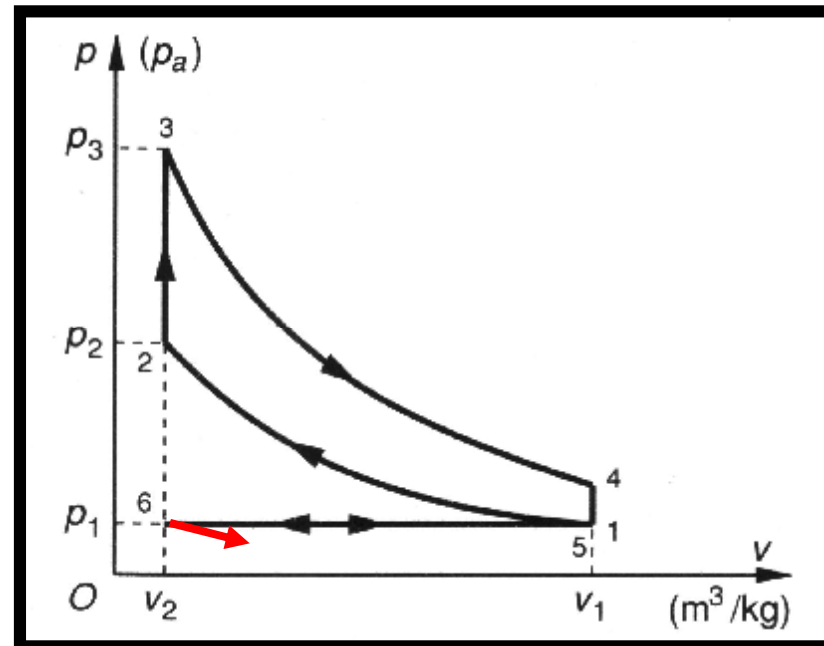
$$\text{pression} \cdot \text{volume} = kg \cdot m^2 / s^2 \\ = \text{travail}$$

1er temps

Admission des gaz

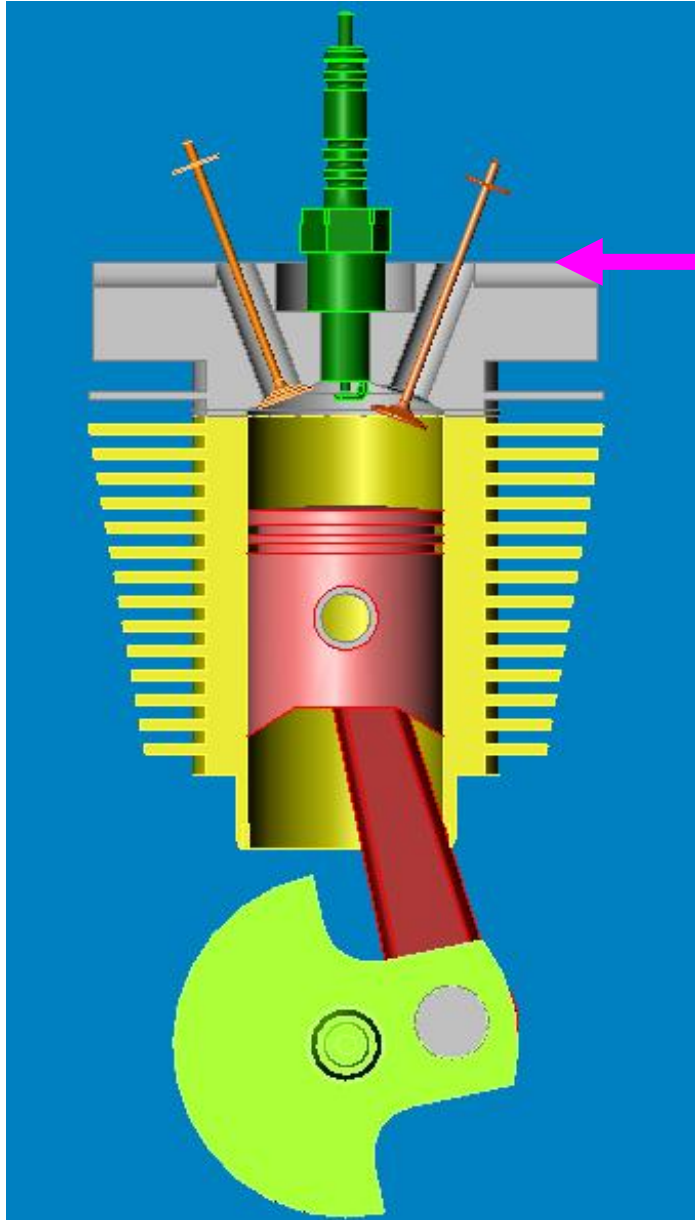


Le cycle pratique

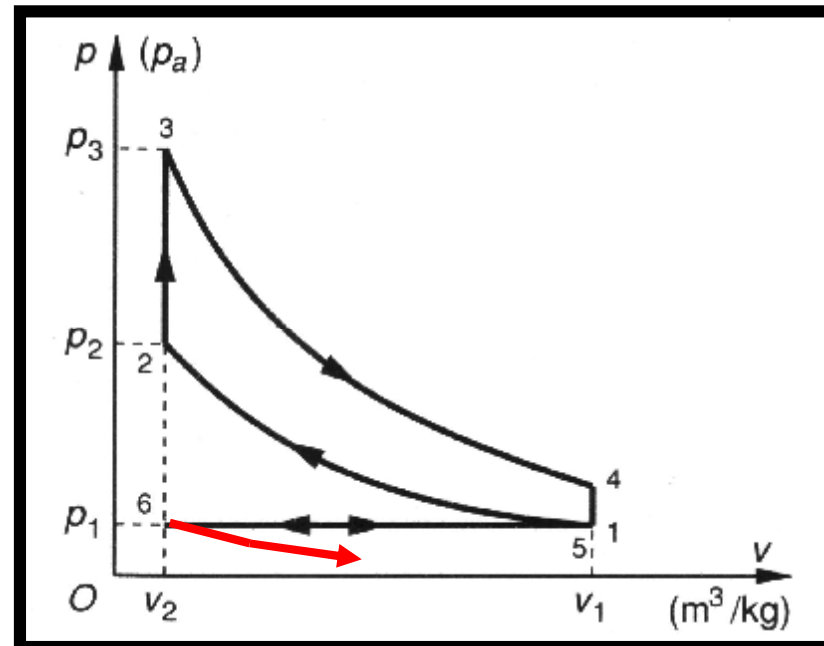


1er temps

Admission des gaz

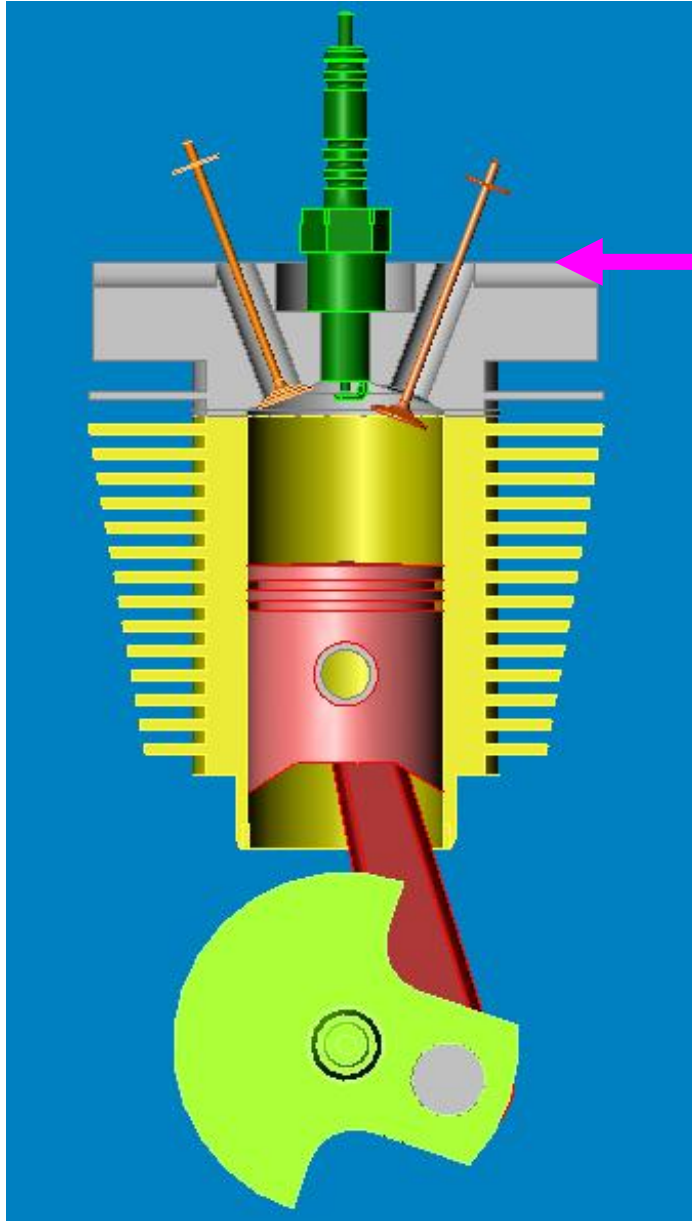


Le cycle pratique

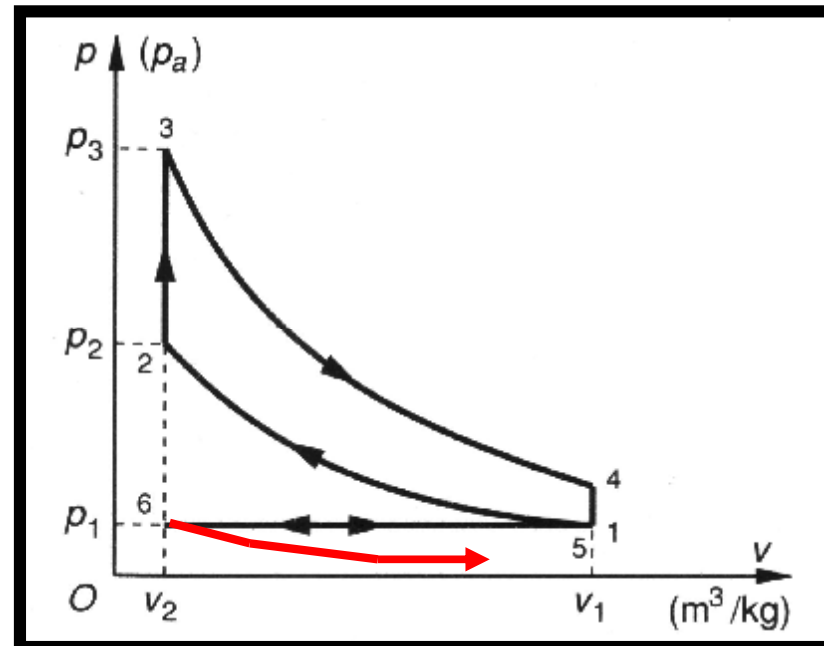


1er temps

Admission des gaz

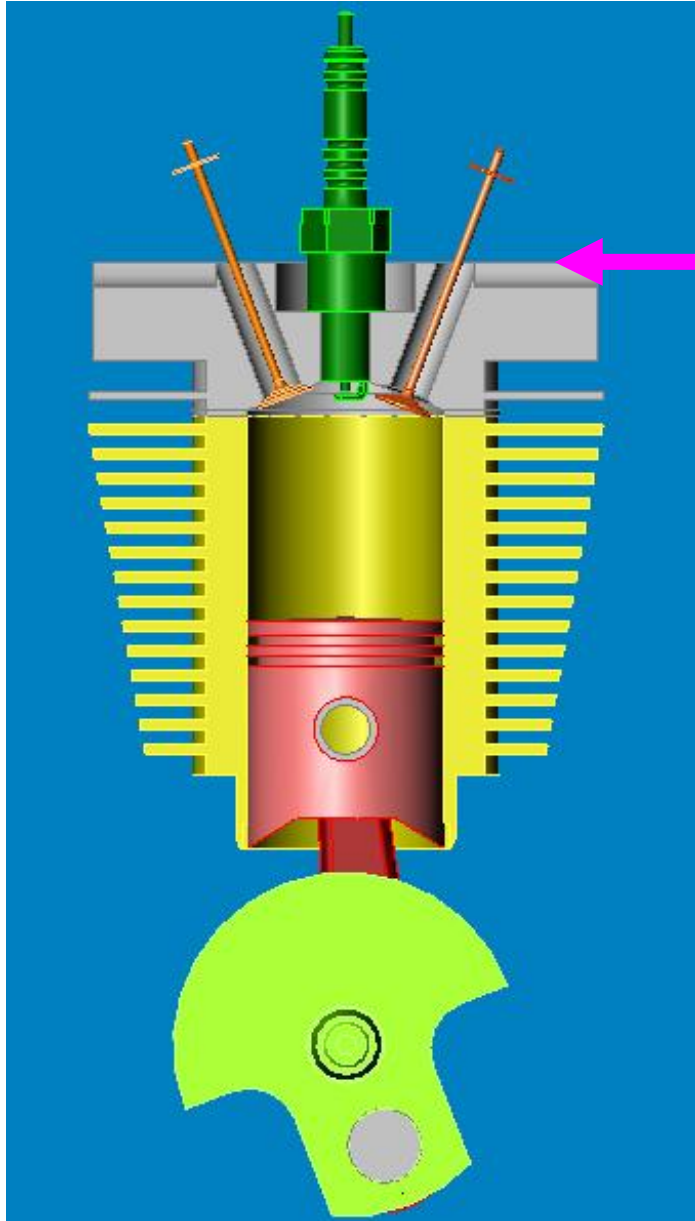


Le cycle pratique

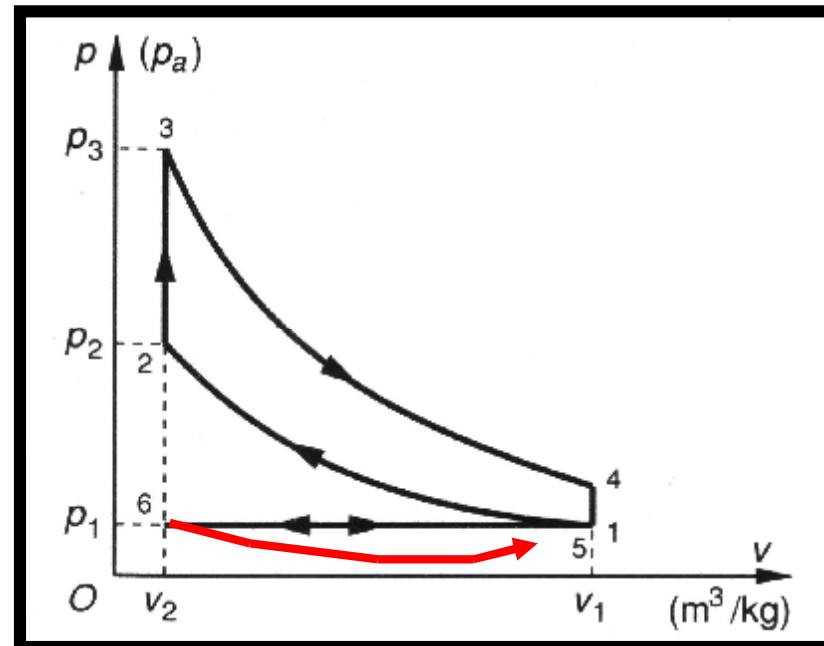


1er temps

Admission des gaz

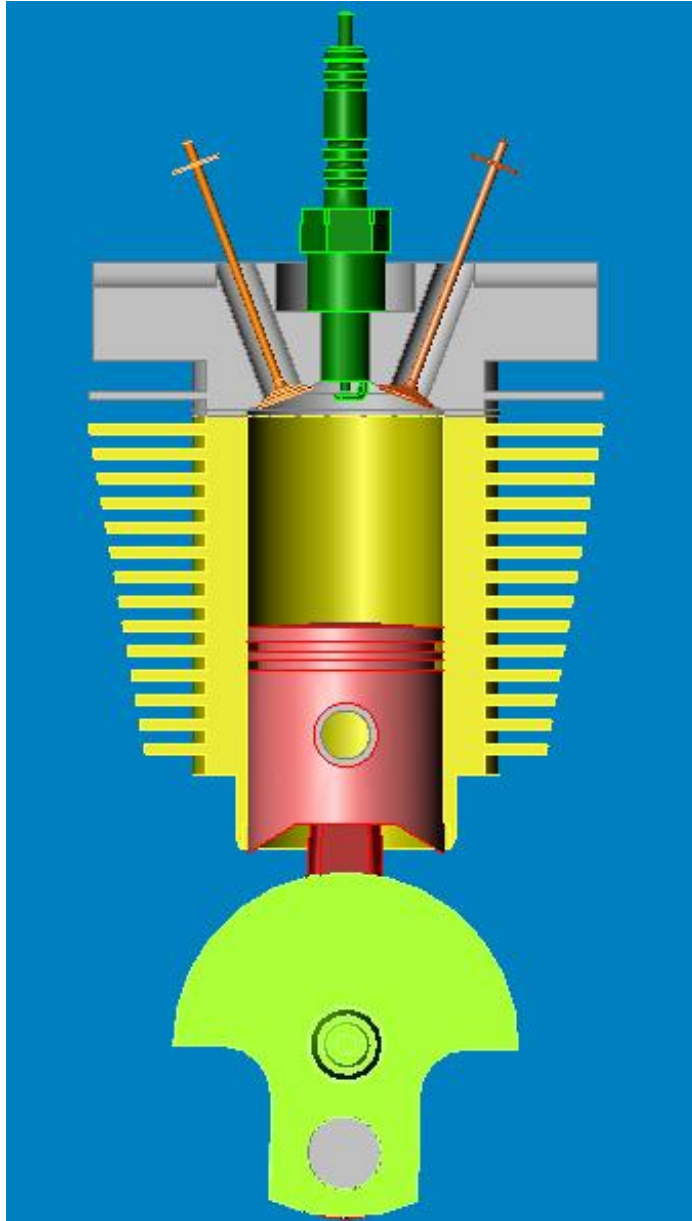


Le cycle pratique

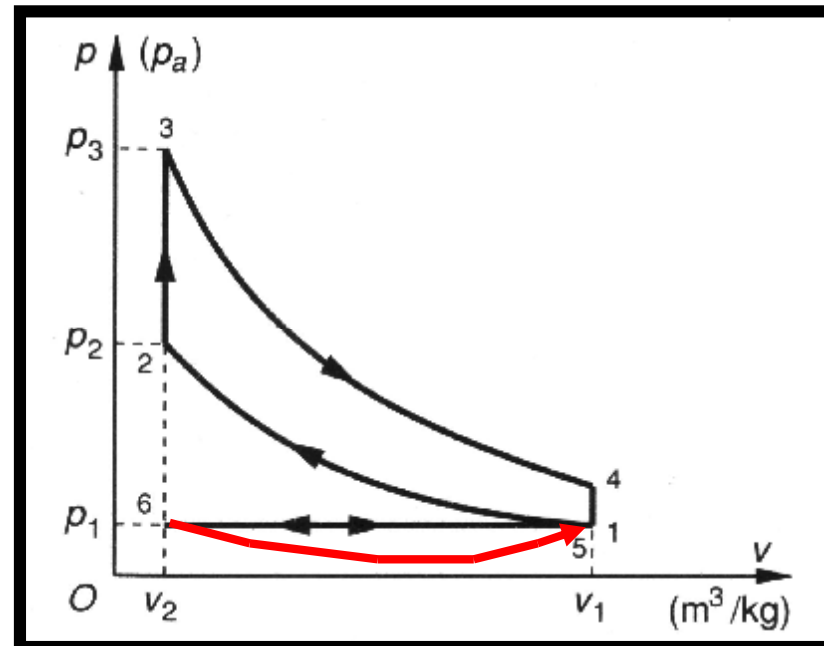


1er temps

Fin de l'admission des gaz

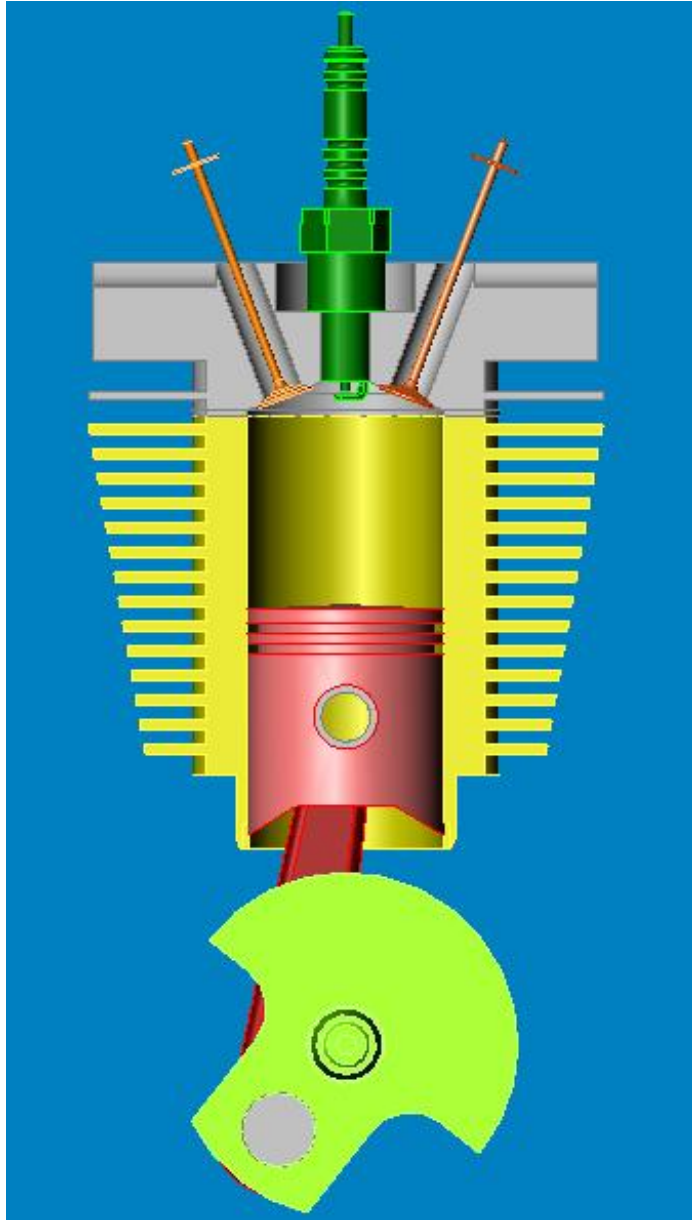


Le cycle pratique

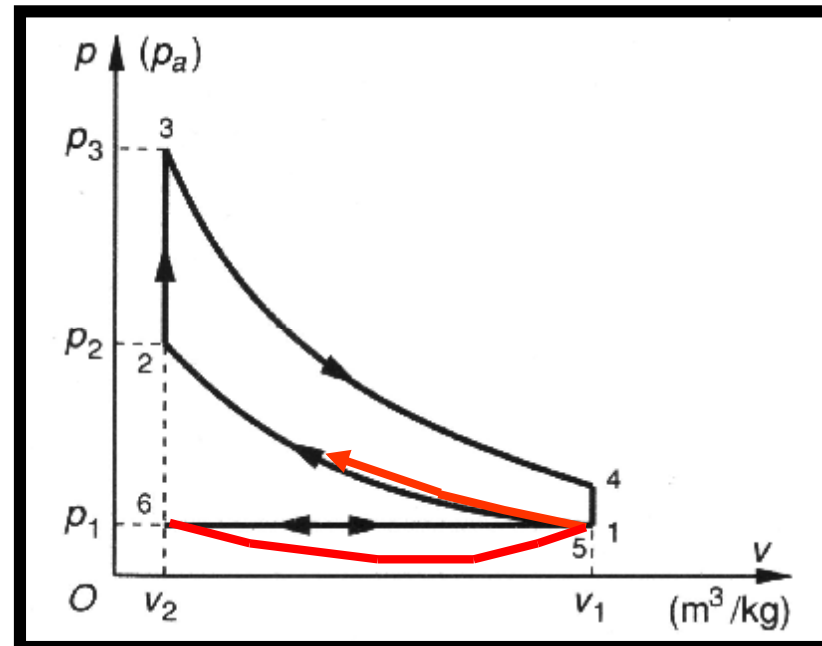


2ème temps

Début de la phase de compression

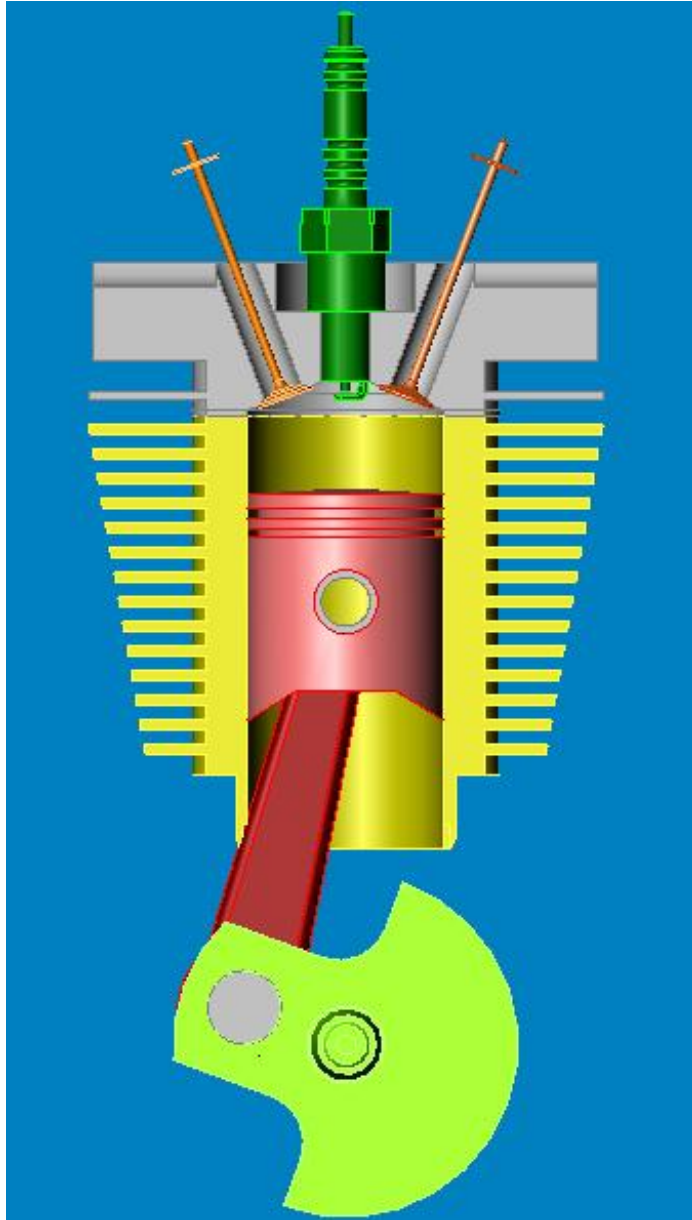


Le cycle pratique

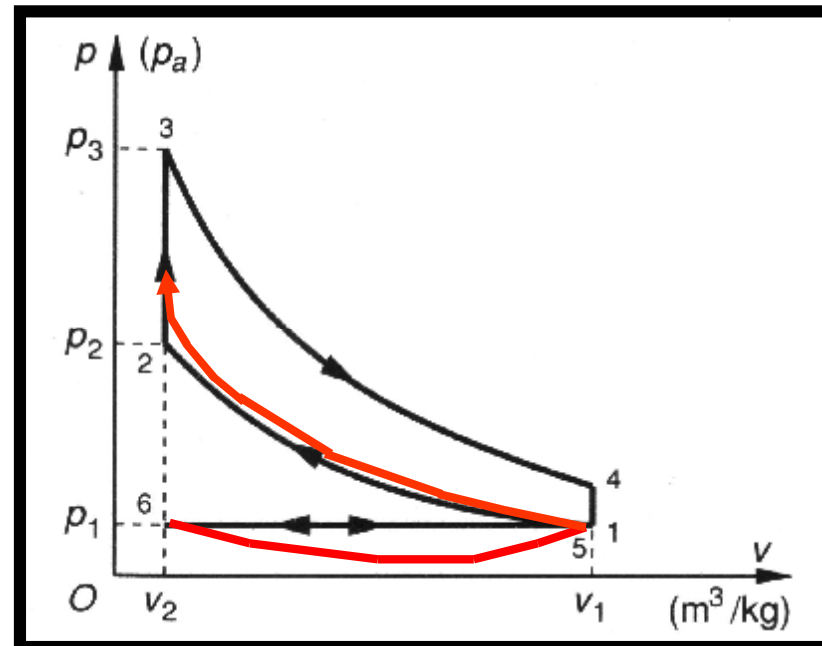


2ème temps

Admission des gaz

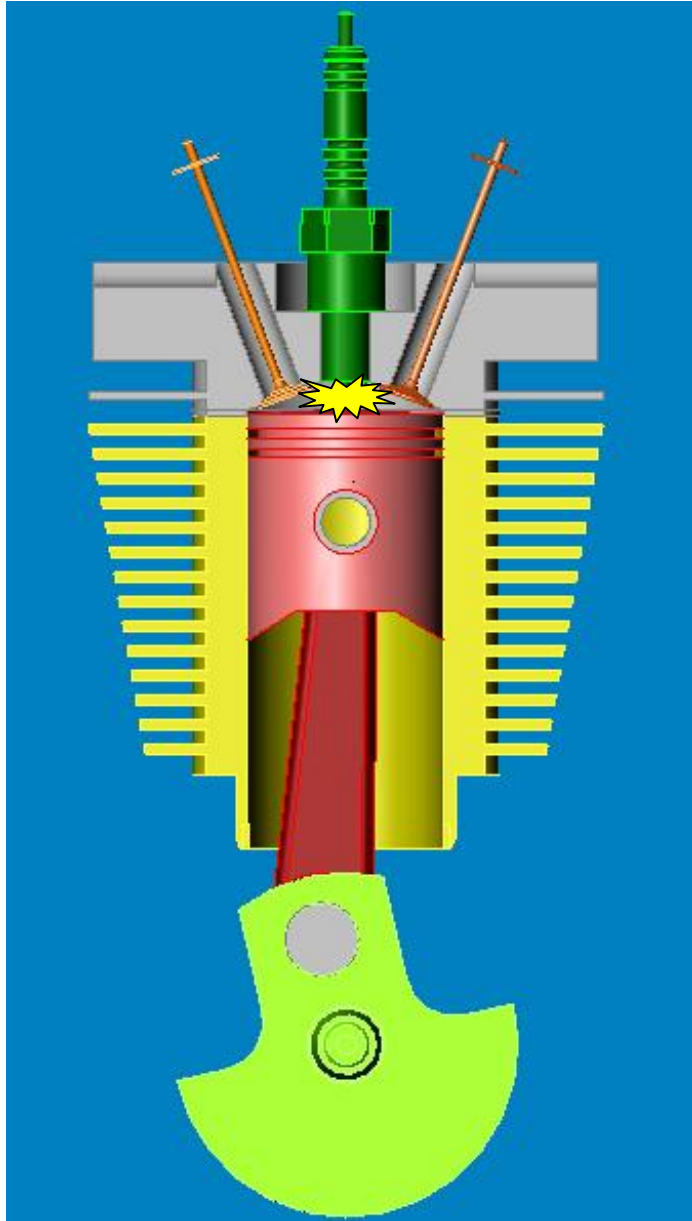


Le cycle pratique

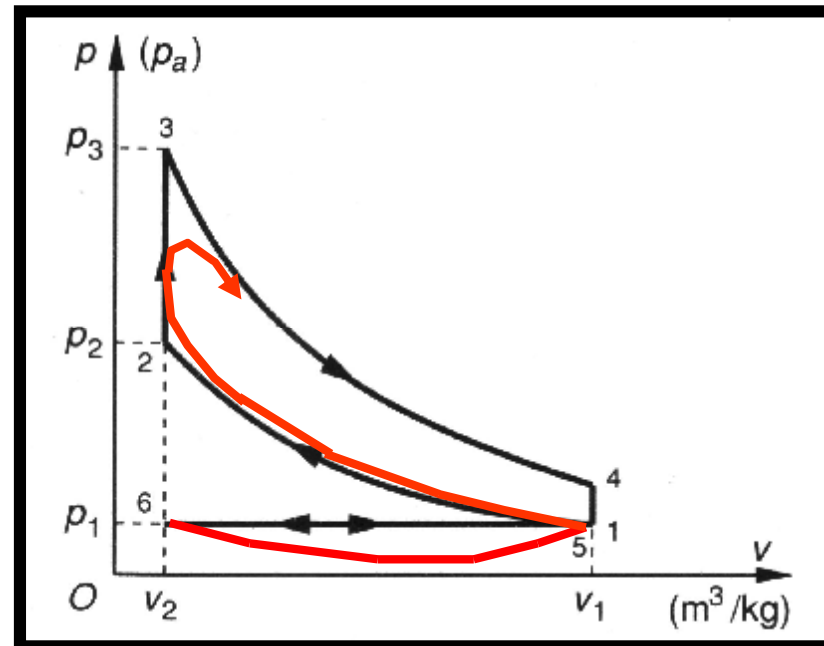


2ème temps

Explosion des gaz

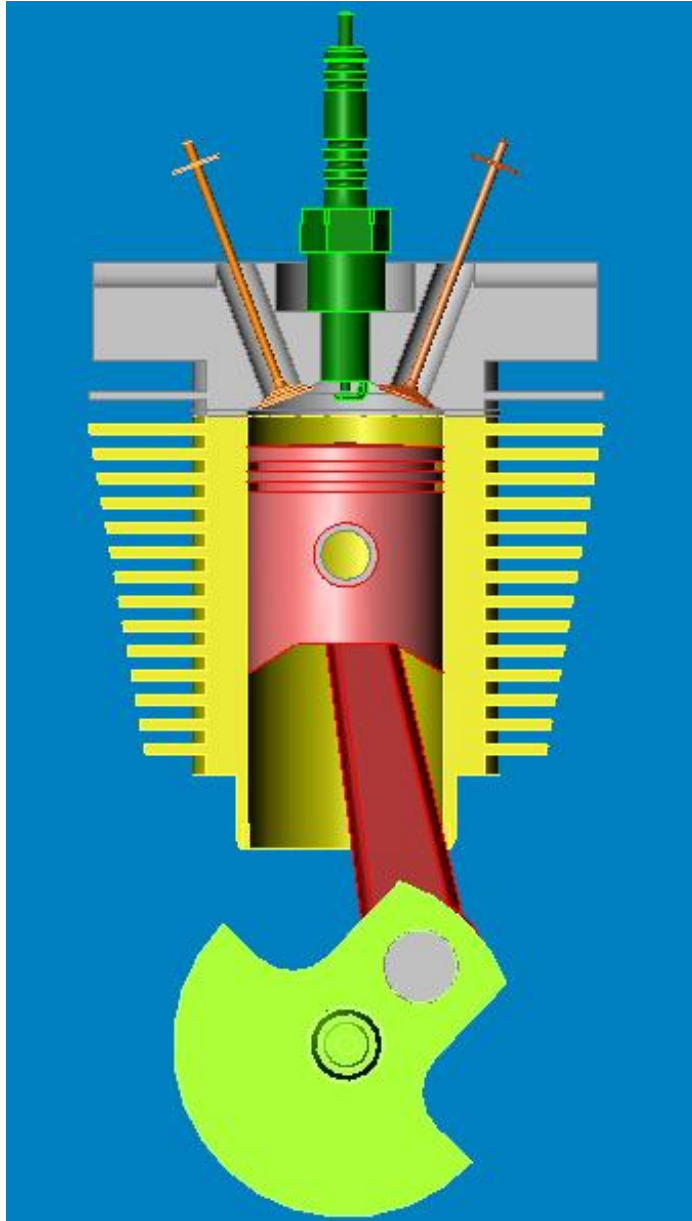


Le cycle pratique

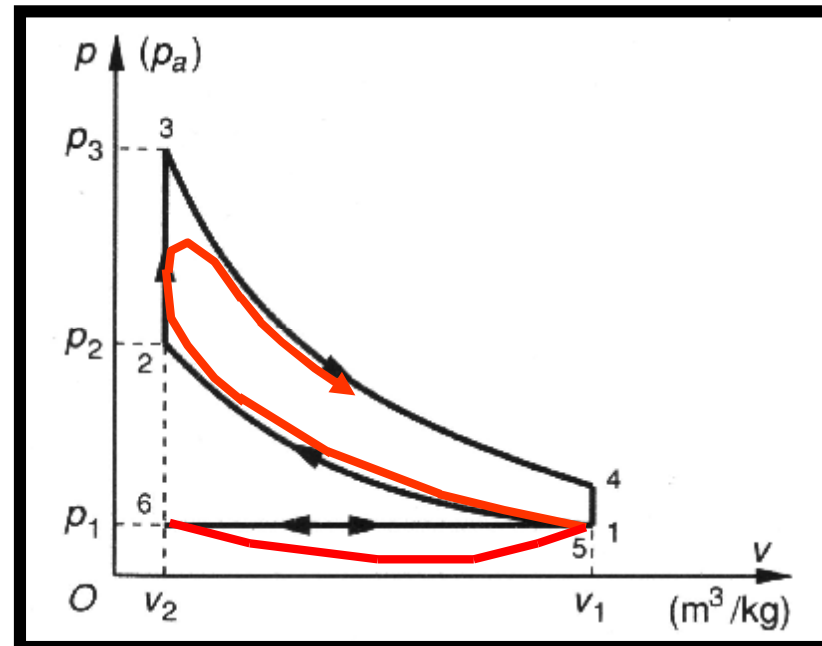


3ème temps

Détente

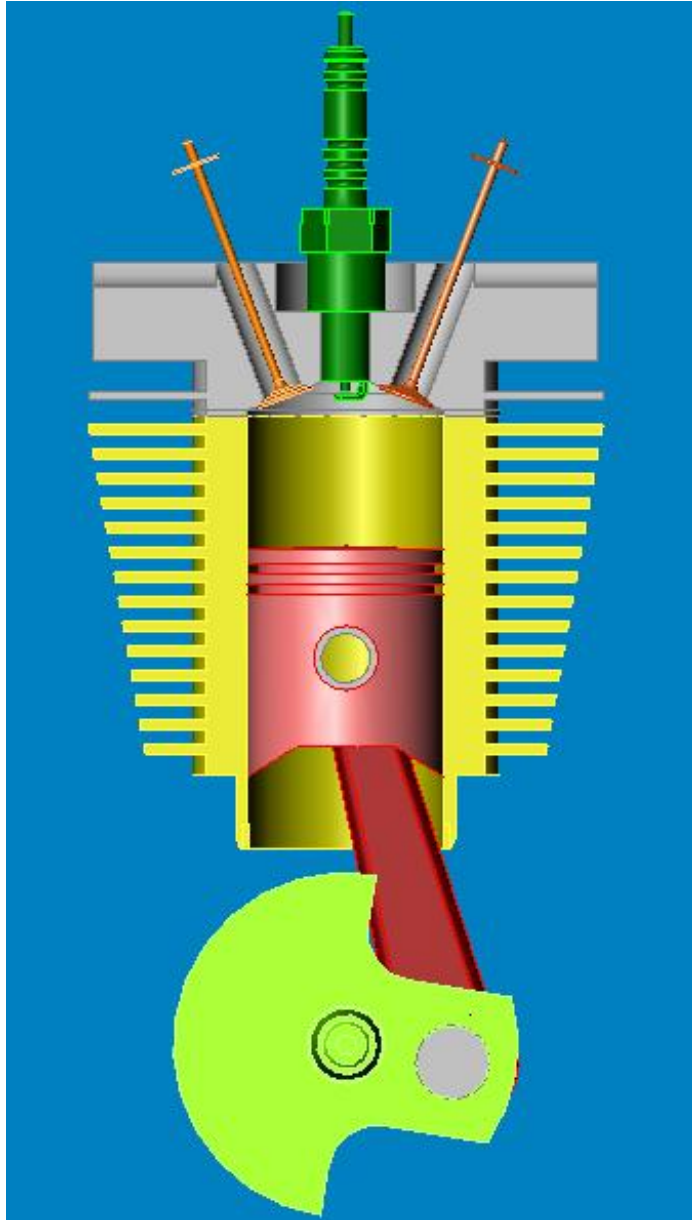


Le cycle pratique

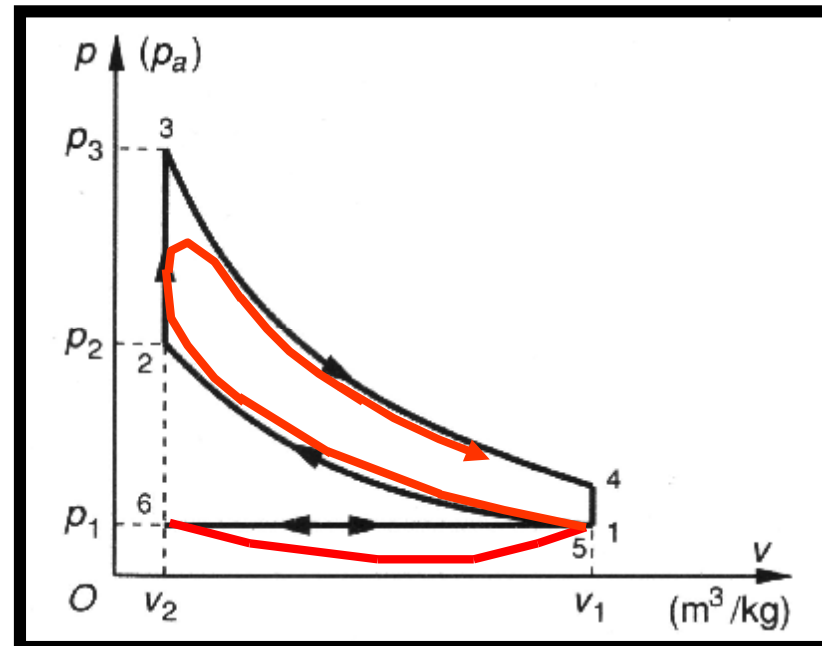


3ème temps

Détente

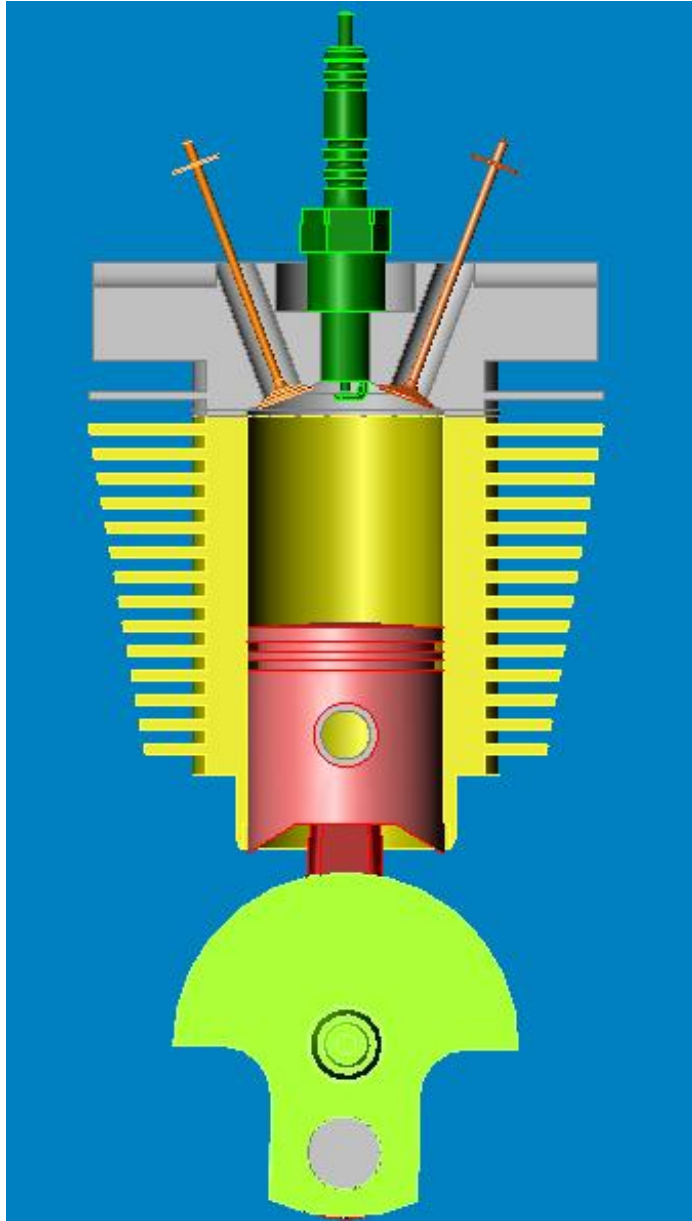


Le cycle pratique

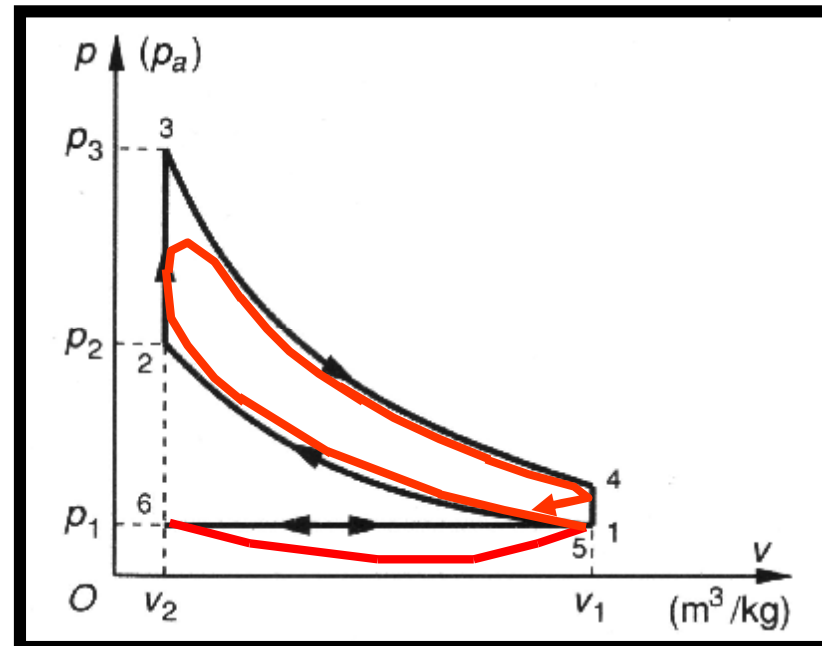


3ème temps

Fin de détente

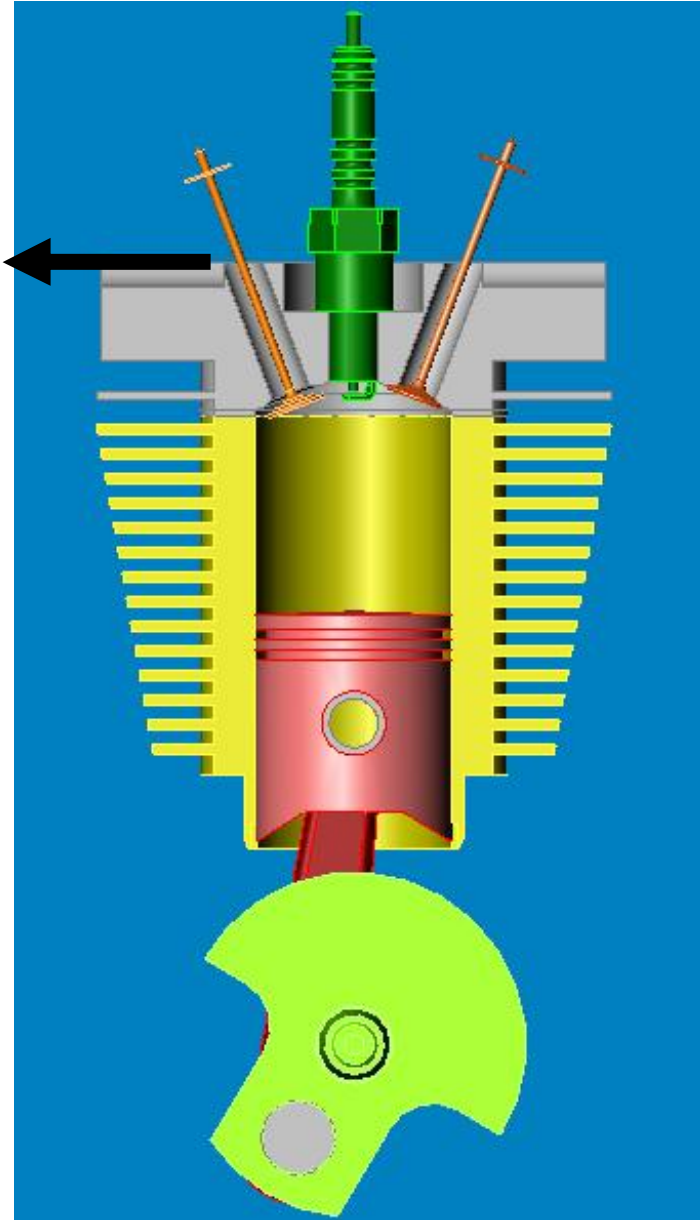


Le cycle pratique

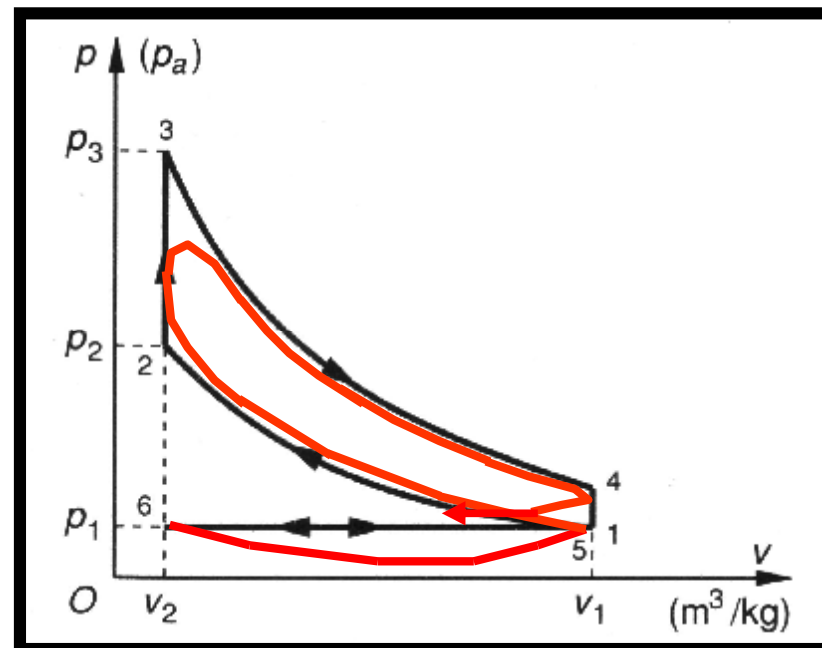


4ème temps

Début de l'échappement des gaz brûlés

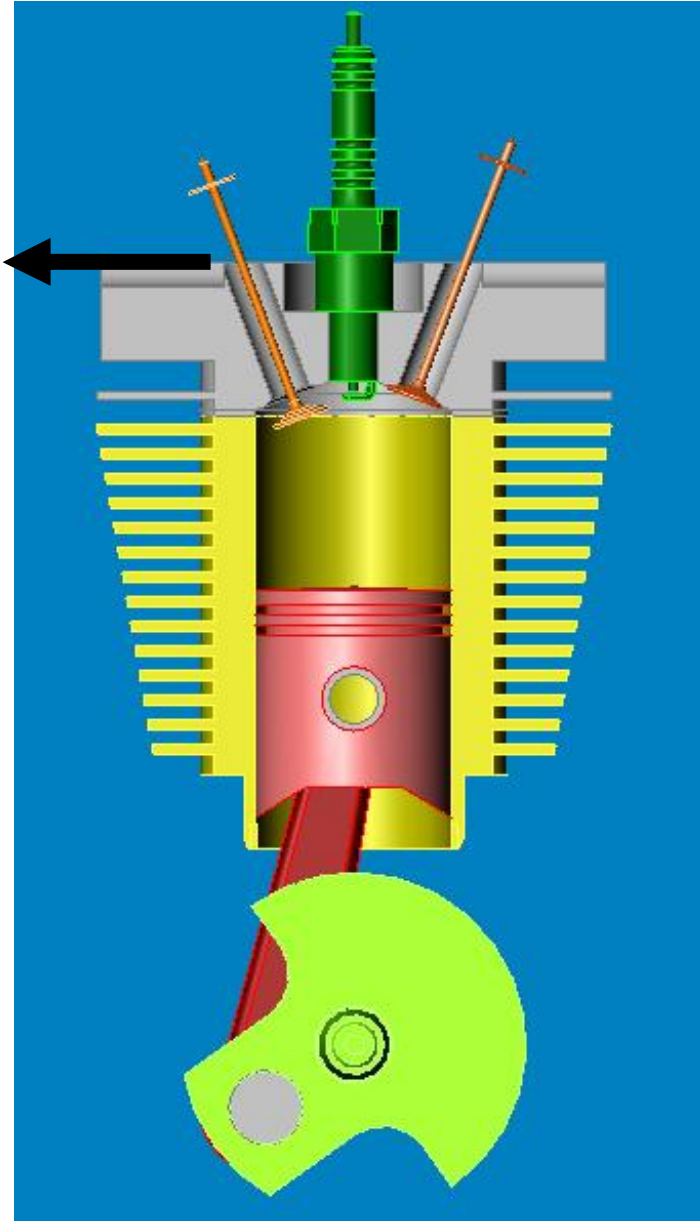


Le cycle pratique

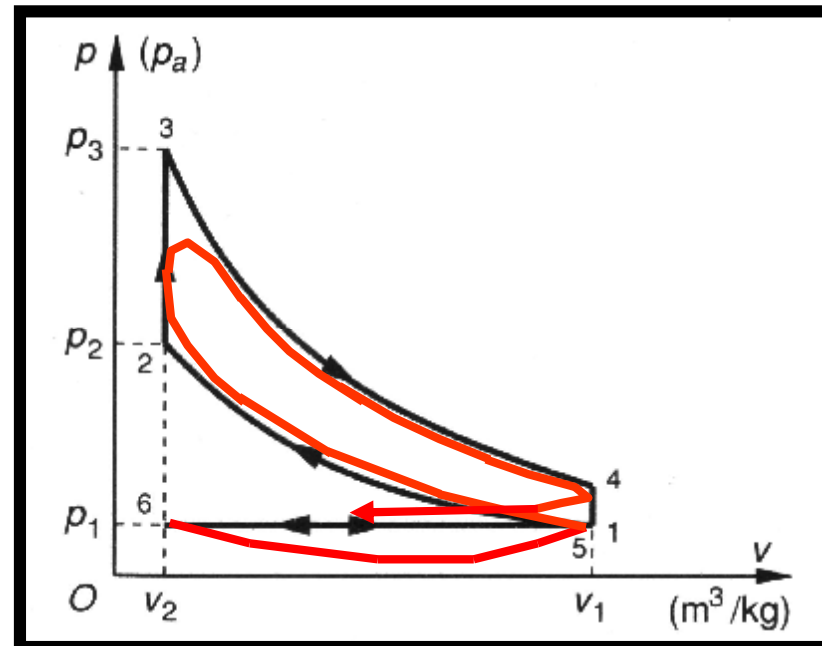


4ème temps

Échappement des gaz brûlés

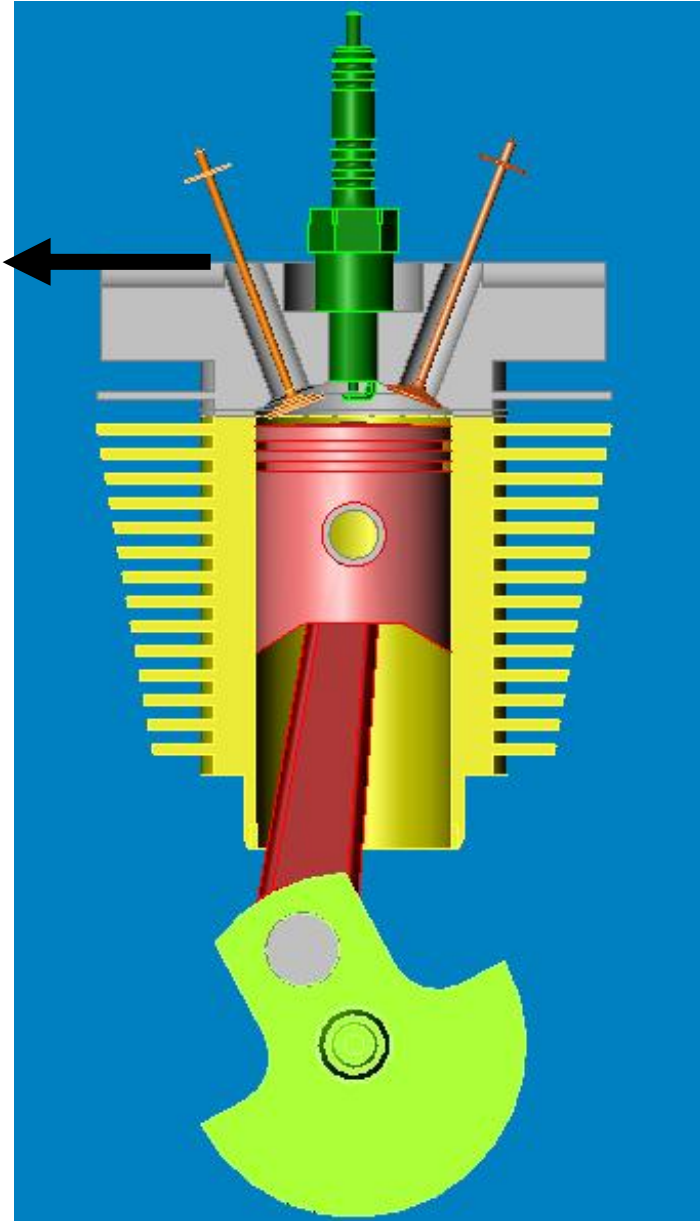


Le cycle pratique



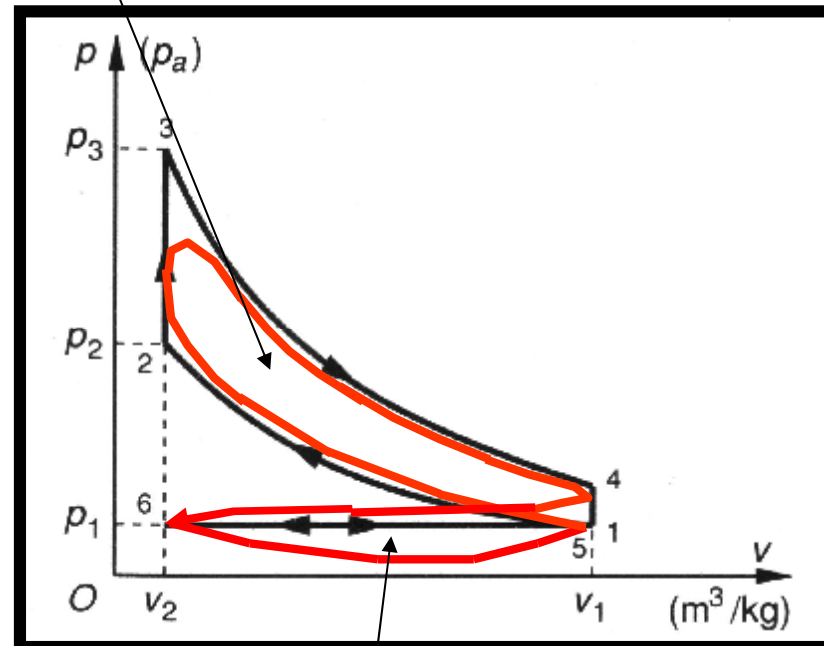
4ème temps

Échappement des gaz brûlés



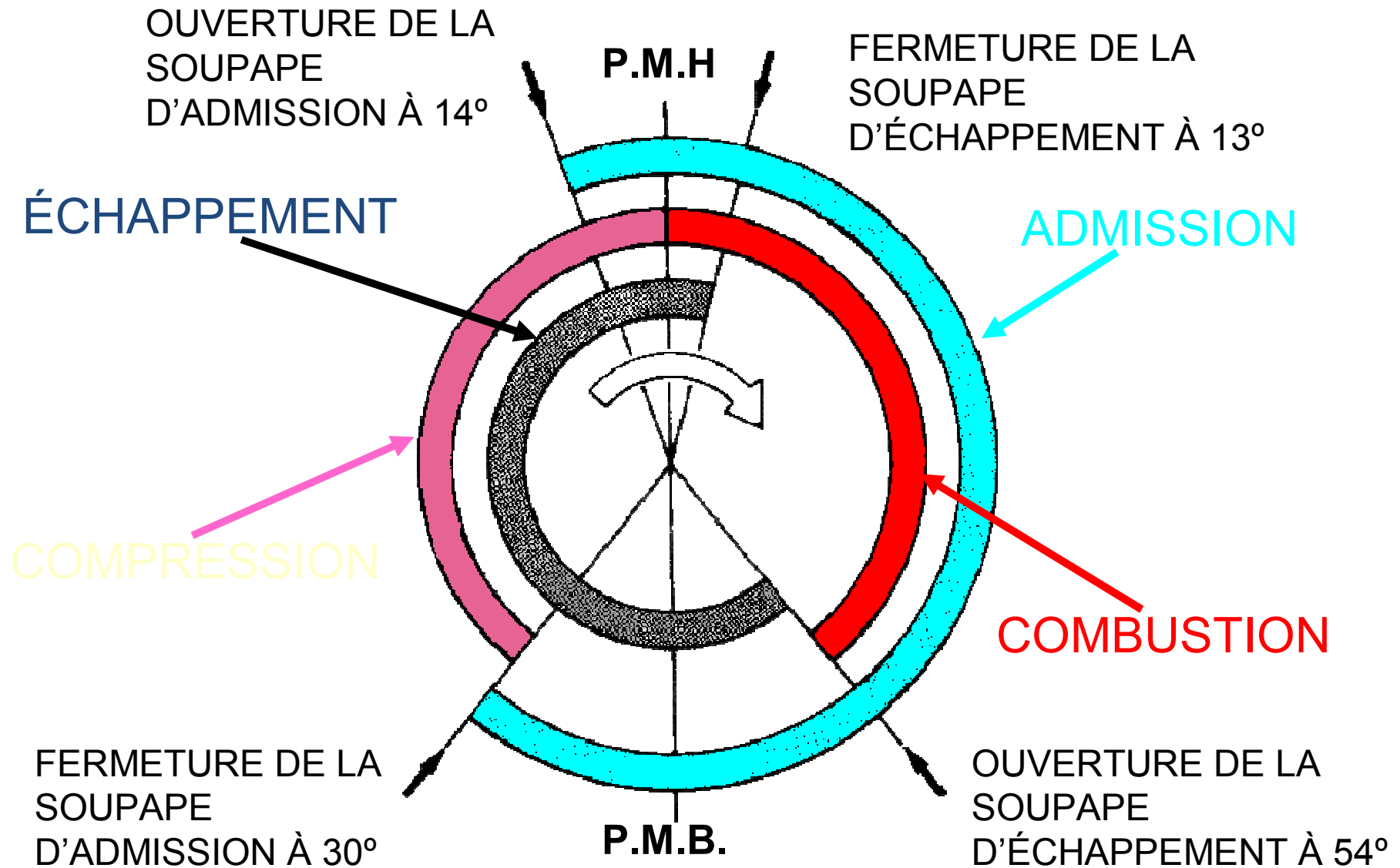
Travail moteur

Le cycle pratique

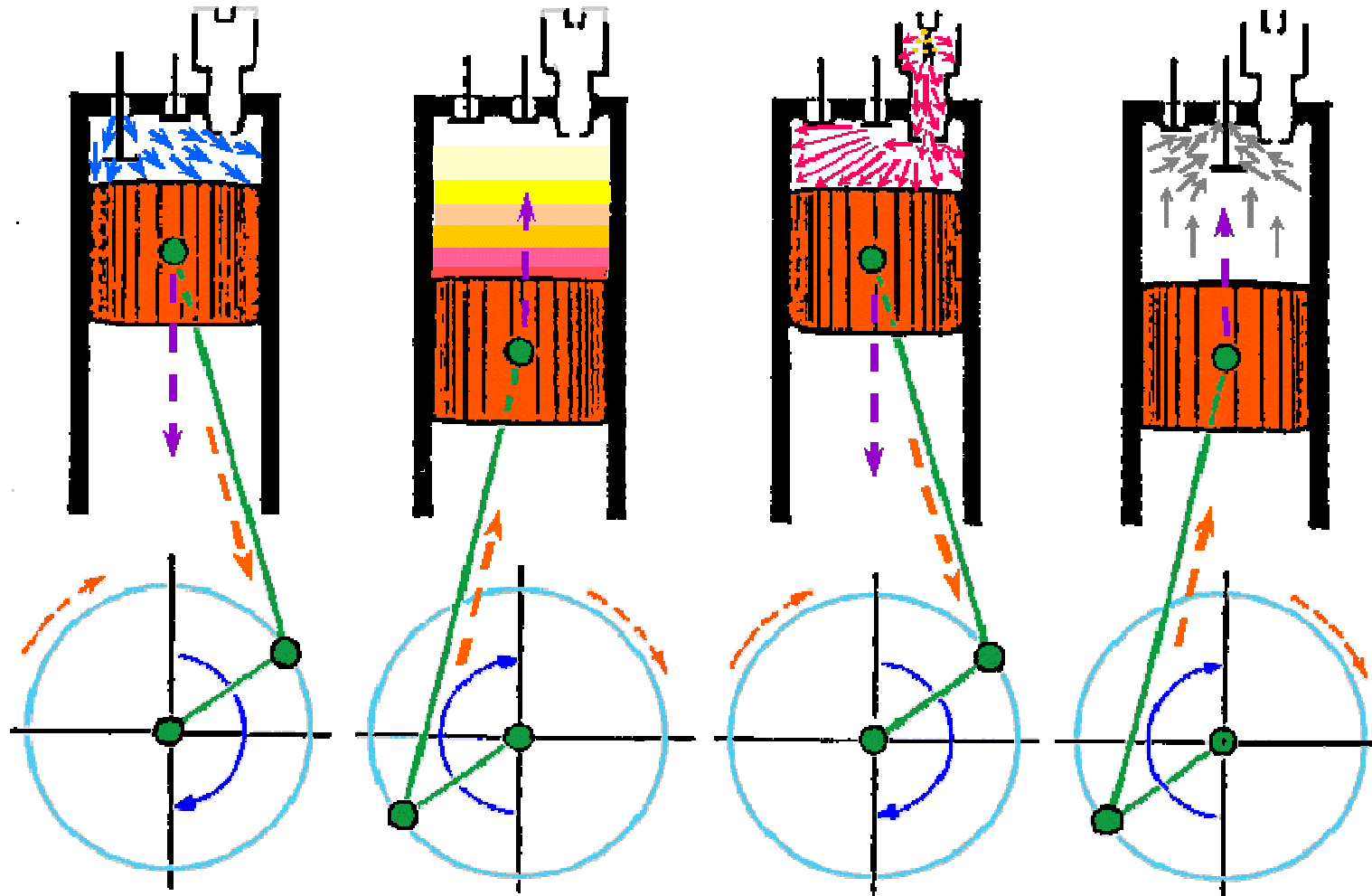


Travail moteur

2. CARACTÉRISTIQUES D'UN MOTEUR



FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR À 4 TEMPS

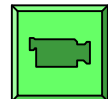


ADMISSION

COMPRESSION

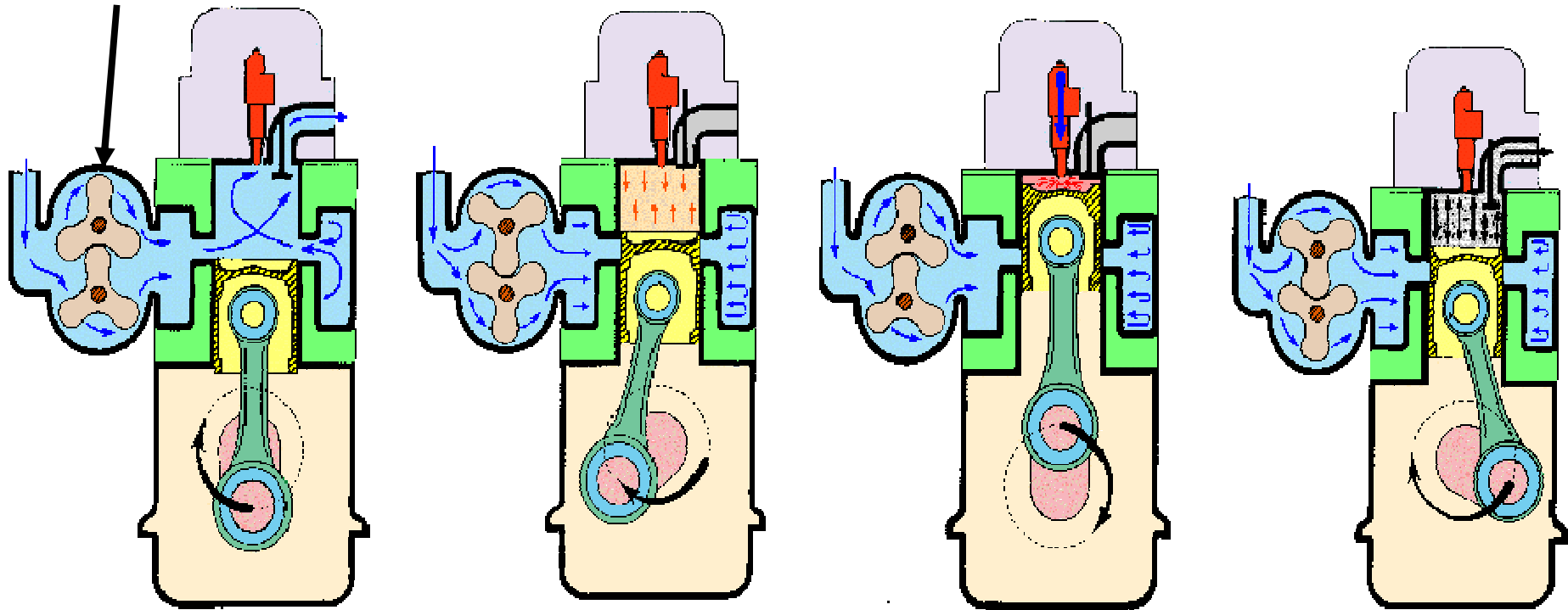
COMBUSTION

ÉCHAPPEMENT



FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR DIESEL À 2 TEMPS

SOUFFLERIE DE ROOTS



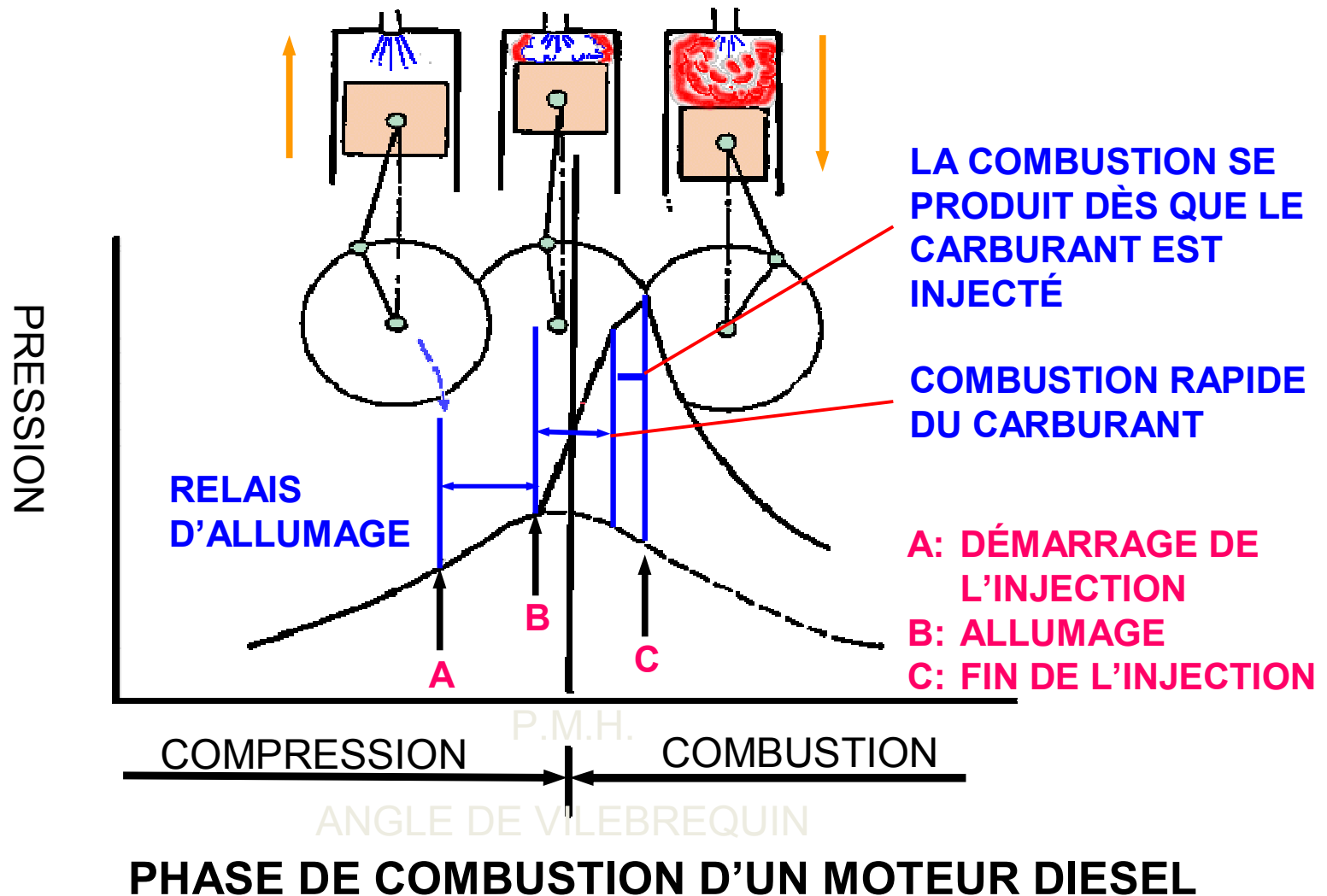
1)
ADMISSION

2)
COMPRESSION

3)
COMBUSTION

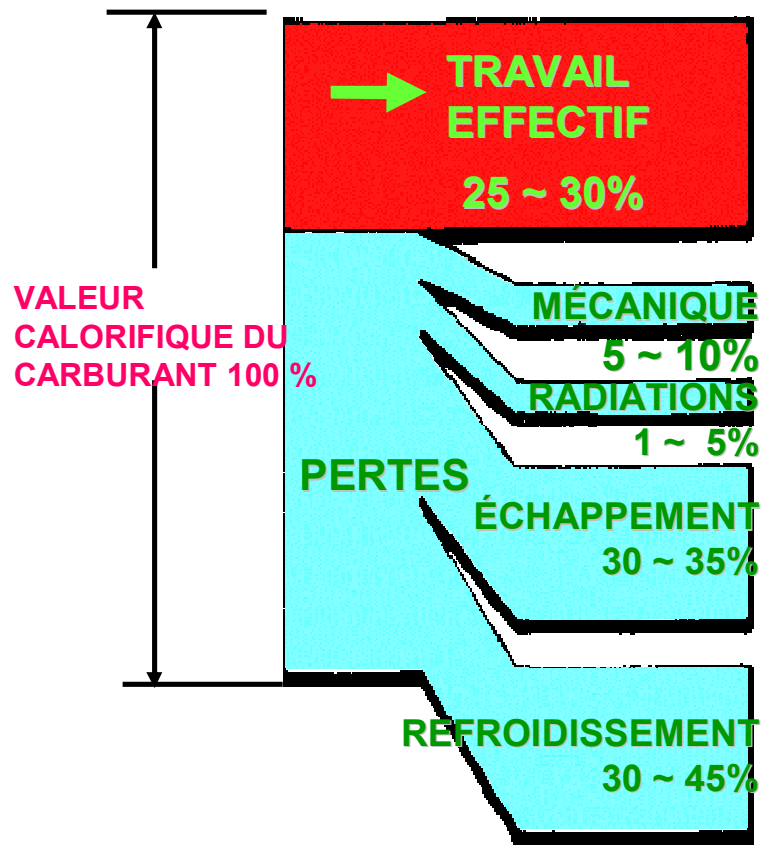
4)
ÉCHAPPEMENT

3. CONDITIONS DE COMBUSTION

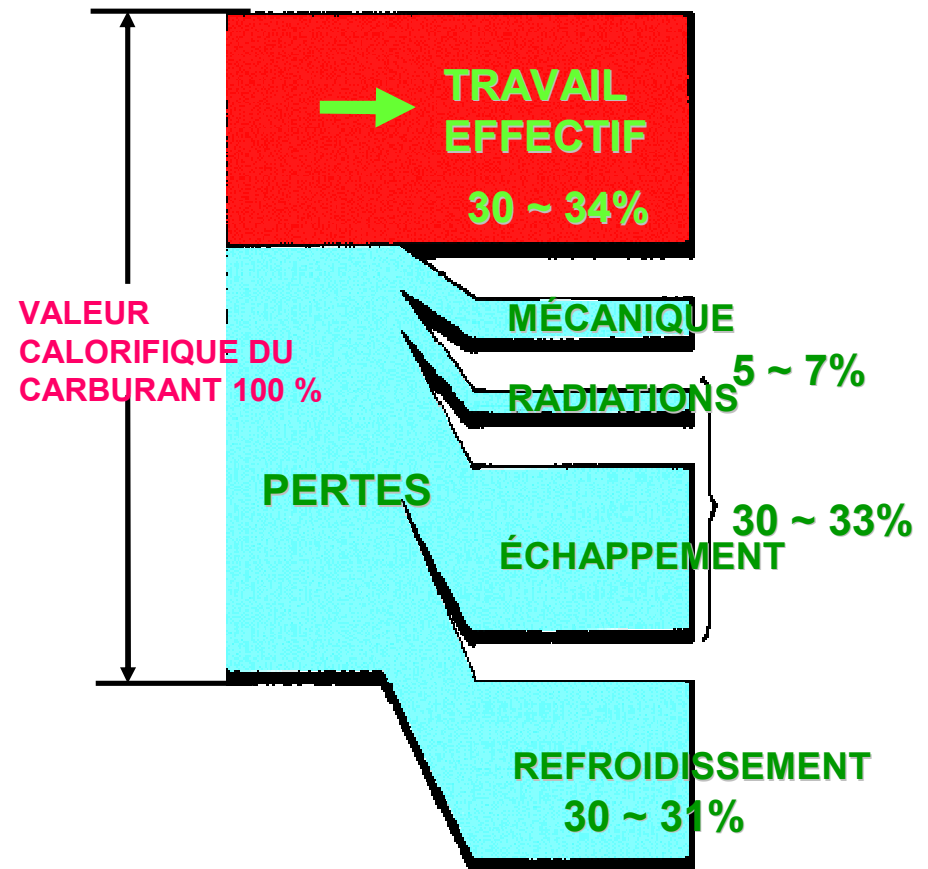


4. PERFORMANCES THERMIQUES

PERFORMANCES THERMIQUES D'UN MOTEUR À ESSENCE



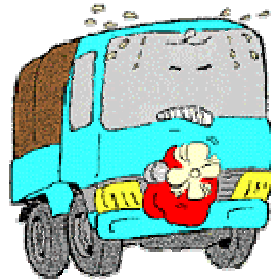
PERFORMANCES THERMIQUES D'UN MOTEUR DIESEL



5. FACTEURS SERVANT À DÉTERMINER LES INTERVALLES DE RÉVISION

Les facteurs suivants sont en principes retenus pour déterminer les besoins d'une révision du moteur.

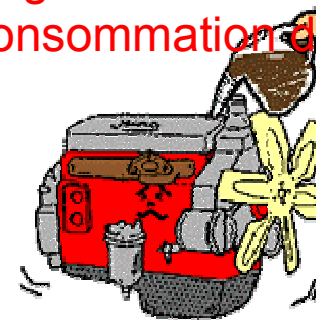
(1) Chute de la puissance



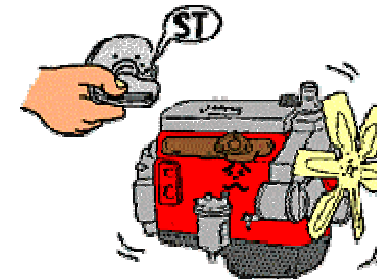
(2) Augmentation de la consommation de carburant



(3) Augmentation de la consommation d'huile

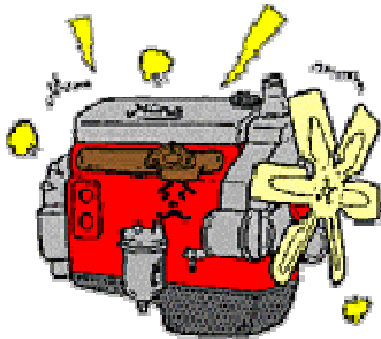


(4) Difficultés de démarrage

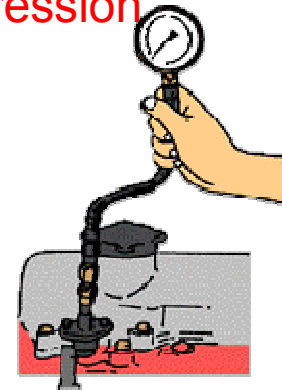


Les facteurs suivants sont en principes retenus pour déterminer si le moteur a besoin d'être révisé.

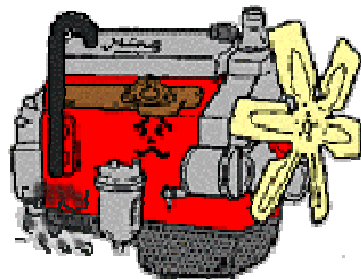
(5) Moteur anormalement bruyant



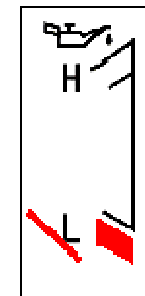
(7) Chute de la pression de compression



(6) Volume important de gaz perdus



(8) Chute de la pression d'huile



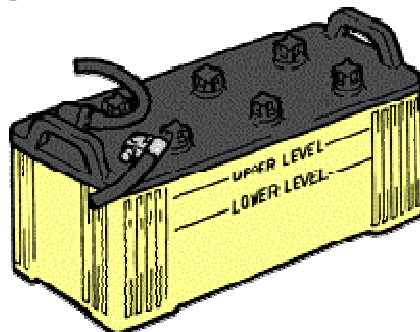
1) POINTS DE RÉVISION

(1) PROCÉDÉ DE MESURE DE LA PRESSION DE COMPRESSION

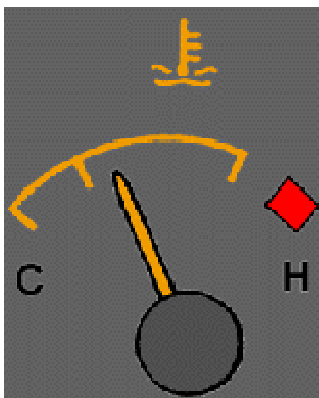
1. Vérifiez le jeu des soupapes



2. Vérifiez la charge de batterie



3. Faites chauffer le moteur jusqu'à ce que l'eau de refroidissement atteigne environ 80°C



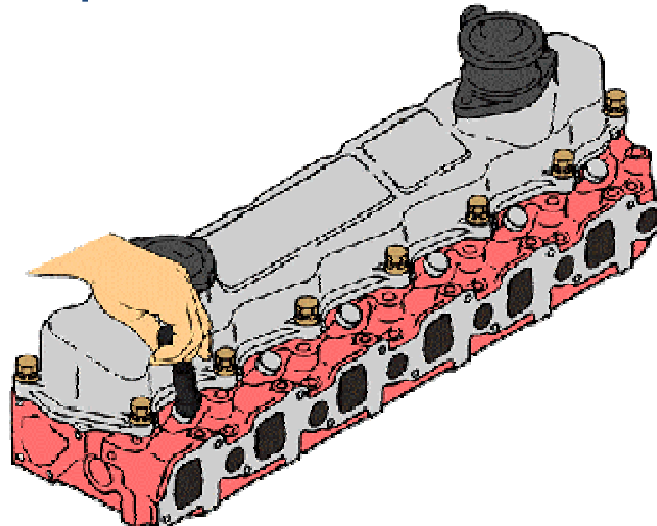
4. Déposez le filtre à air



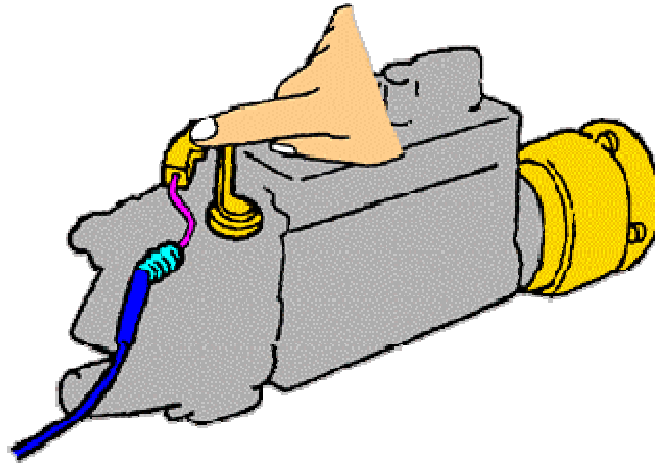
5. Déposez tous les gicleurs ou bougies de préchauffage



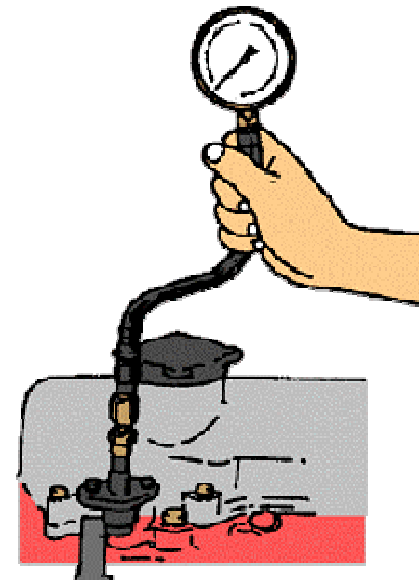
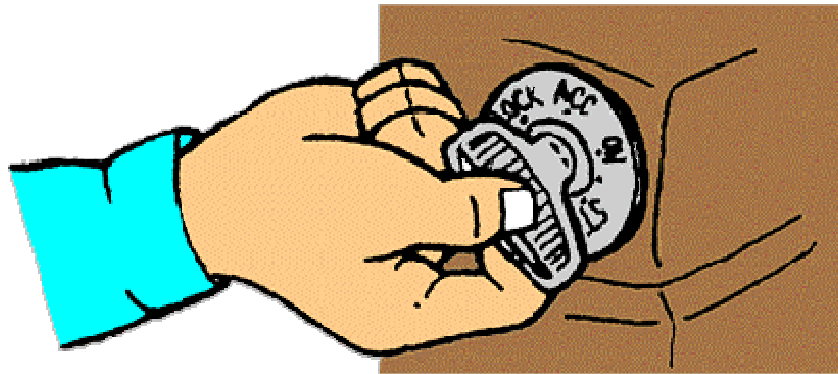
6. Posez un adaptateur et un indicateur de compression



7. Tirez le levier de coupure de carburant

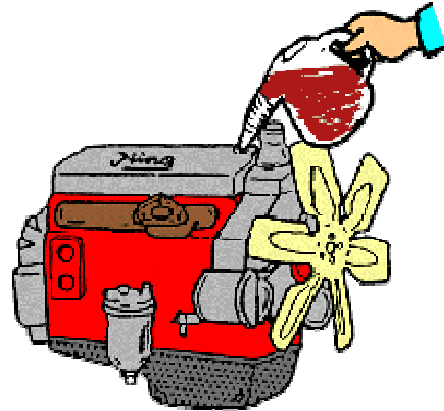


8. Mettez le démarreur en marche et mesurez la pression de chaque cylindre.



(2) PROCÉDÉ DE MESURE DE LA PRESSION D'HUILE

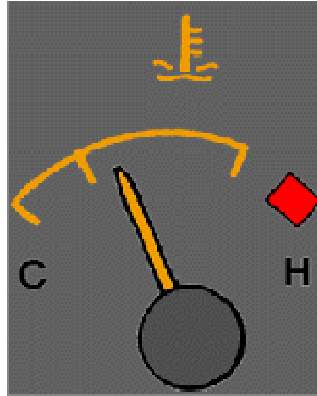
1. Vidangez l'huile si elle est détériorée



2. Vérifiez le niveau d'huile



3. Faites chauffer le moteur jusqu'à ce que l'eau de refroidissement atteigne environ 80°C

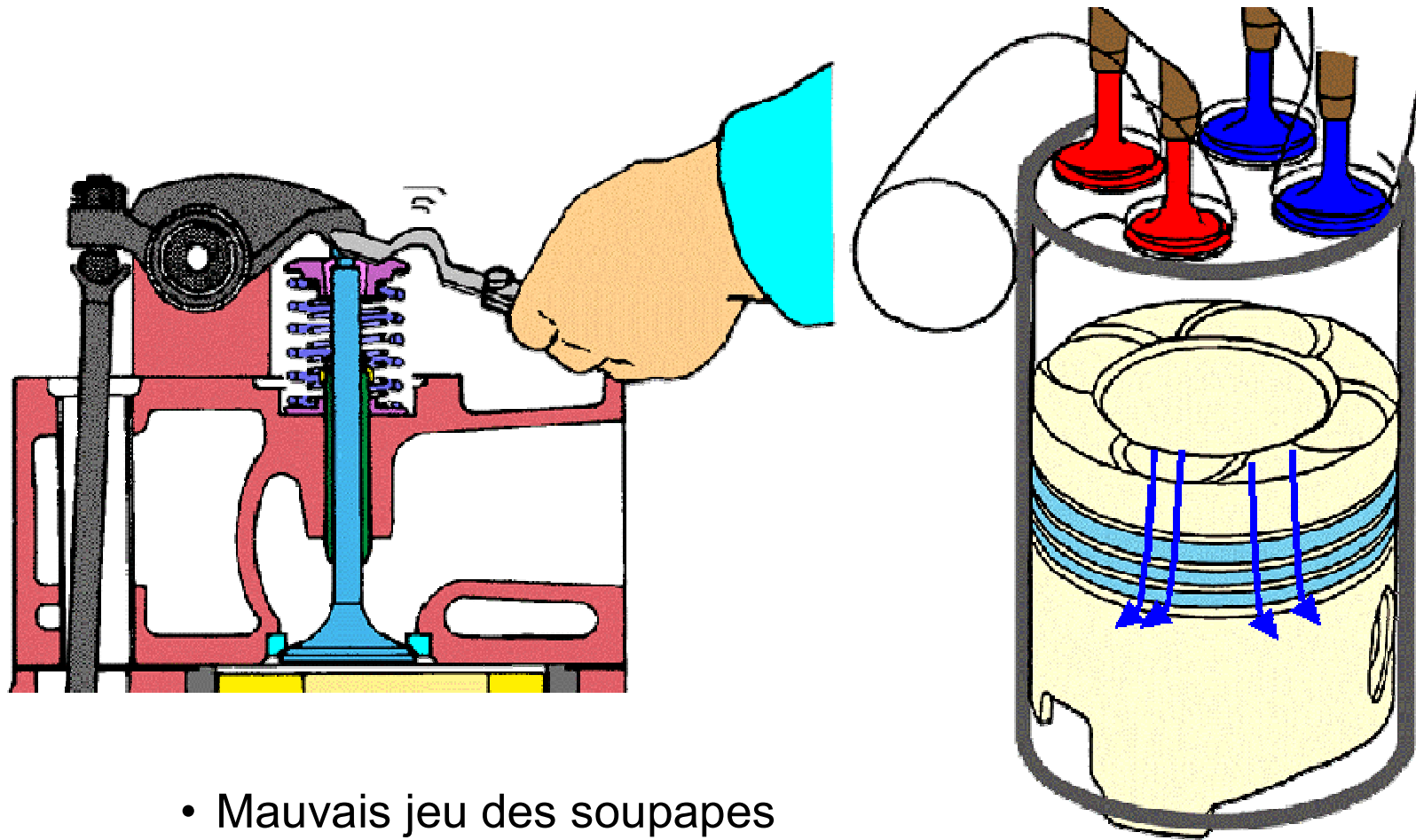


4. Posez un manomètre
5. Mesurer la pression de l'huile moteur au ralenti.



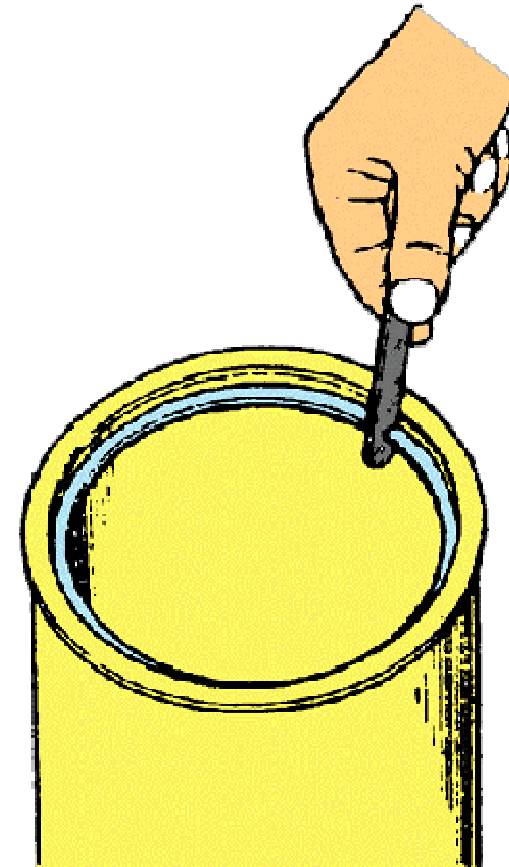
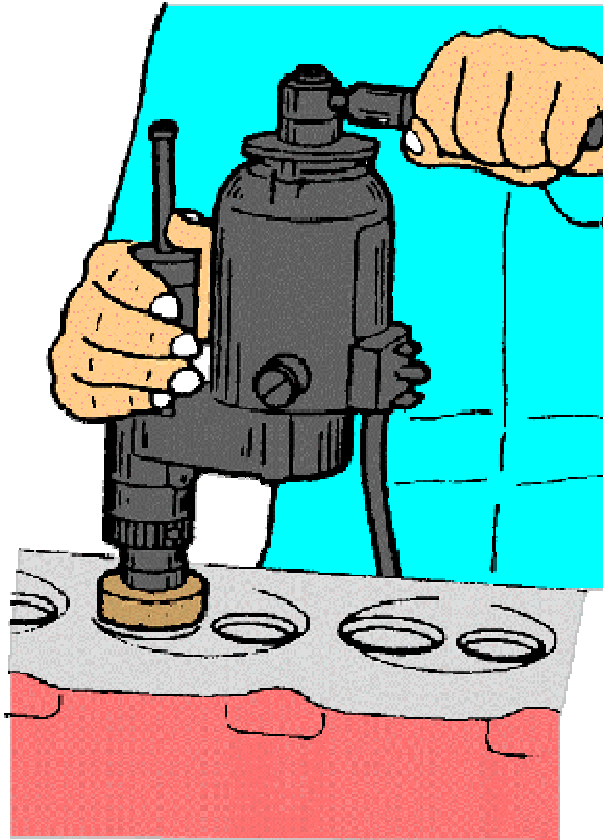
2) QUESTIONS À APPRONDIRa

(1) A votre avis pourquoi la pression de compression est très basse sur un seul cylindre?



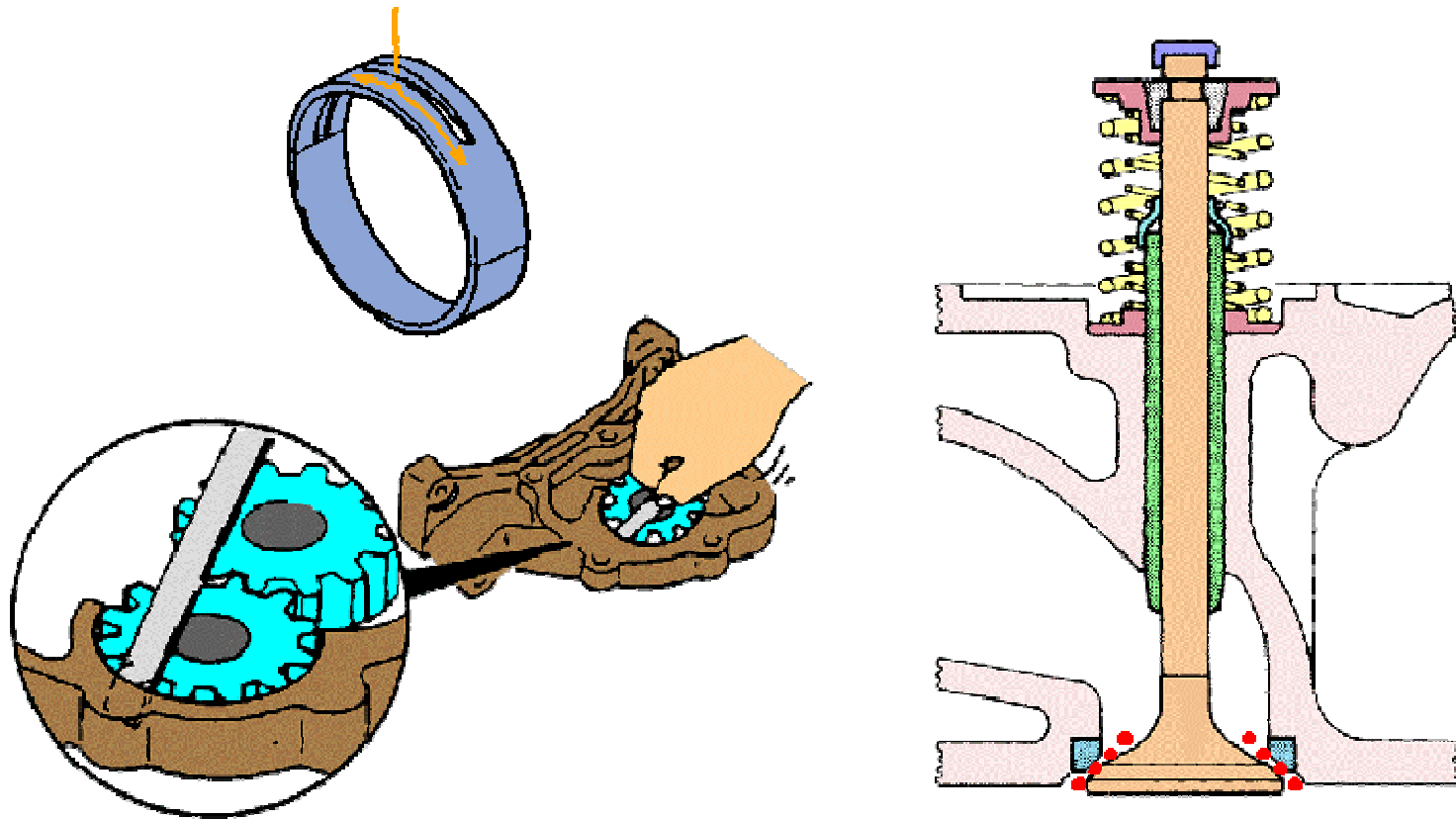
- Mauvais jeu des soupapes
- Segments de piston collés ou grippés

(2) A votre avis pourquoi la pression de compression est très basse sur tous les cylindres?



- Sièges de soupapes endommagés
- Segment, chemise ou piston usés

(3) A votre avis pourquoi la pression de l'huile moteur est très basse?



- Bielle ou palier principal usés
- Pompe à huile usée
- Oubli du joint torique à la fixation