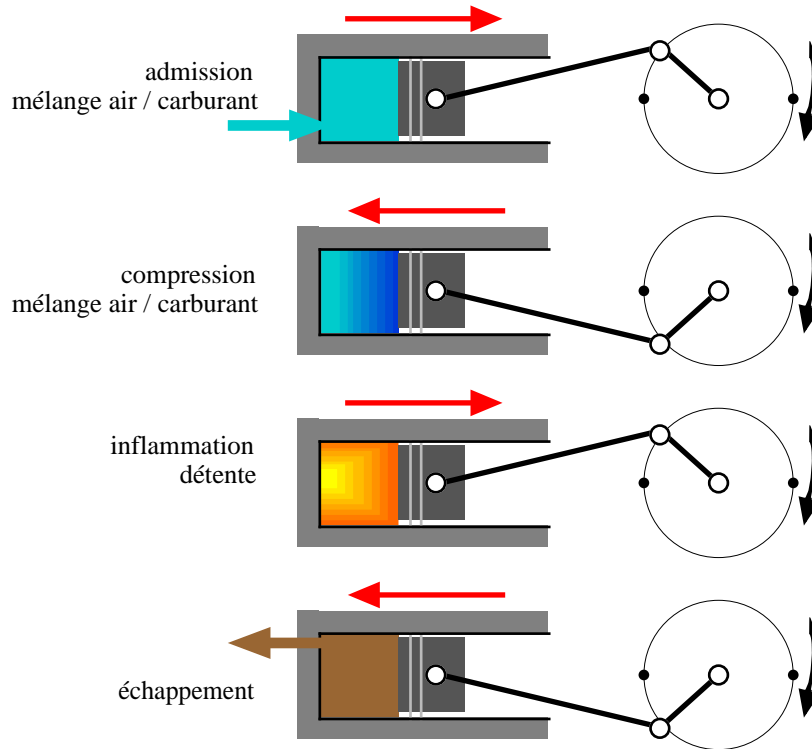


## Motorisation thermique

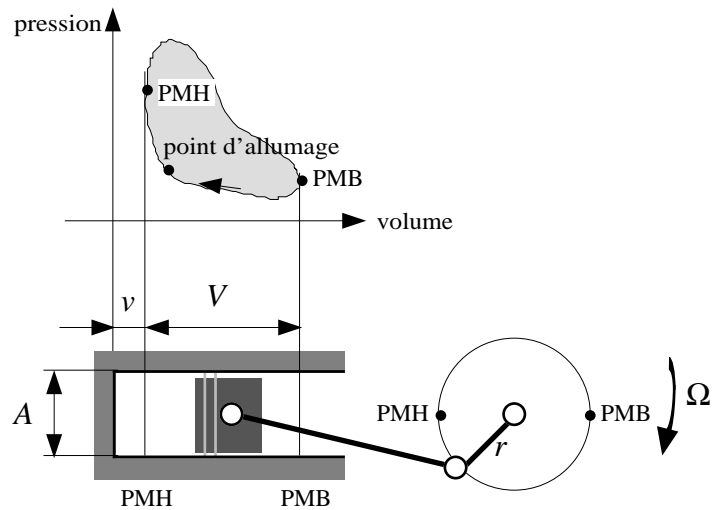
### 1- Conversion d'énergie chimique en énergie mécanique

Exemple : moteur 4 temps



#### 1.1. Cycle thermodynamique compression/combustion/détente

PMB	Point Mort Bas
PMH	Point Mort Haut
$v$	Volume de compression [ $m^3$ ]
$r$	Rayon vilebrequin [ $m$ ]
$2r$	Course
$A$	Ø alésage [ $m$ ]
$S = \pi \frac{A^2}{4}$	Section [ $m^2$ ]
$V = 2r.S$	Cylindrée unitaire [ $m^3$ ].
$\epsilon$	Taux de compression
	$\epsilon = \frac{v + V}{v}$
$\Omega$	Vitesse de rotation [ $rad/s$ ]
	$N = \frac{60}{2\pi} \Omega$ [ $tr/mn$ ]



**1.2 Bilan énergétique [J]**

$Q_c$ : Quantité de chaleur libérée par la combustion d'une masse  $m_c$  de carburant :  $Q_c = m_c.H$

$H$ : Pouvoir Calorifique Inférieur du carburant [J/kg]

$W_B$ : Equivalent en travail de  $Q_c$

$Q_d$ : Quantité de chaleur dissipée au cours du cycle thermodynamique.

$\eta_{th}$ : Rendement thermodynamique théorique

$$\eta_{th} = 1 - \epsilon^{1-\gamma}$$

$\gamma$ : Exposant adiabatique d'un gaz parfait (air :  $\gamma = 1,4$ )

$W_{th}$ : Travail thermodynamique théorique

$W_g$ : Pertes du cycle réel, dont :

- déperdition de chaleur aux parois
- gaz réels
- pertes de charge

$W_i$ : Travail indiqué

$\eta_g$ : Rendement de forme. Dépend de la forme du cycle réel (différente du cycle théorique).

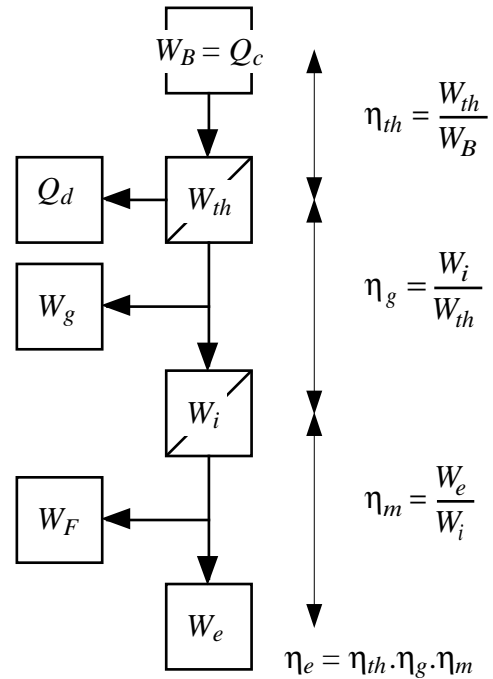
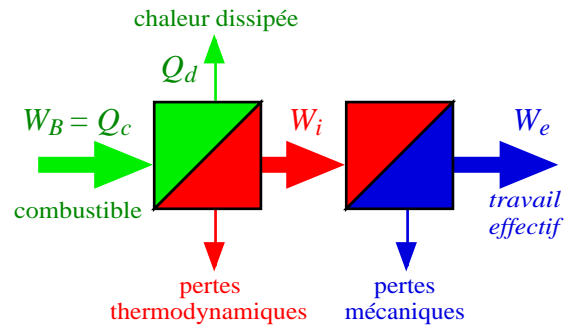
$W_F$ : Pertes mécaniques :

- frottements
- énergie nécessaire à l'entraînement de la pompe à huile, à eau, de l'arbre à cames, de l'alternateur,...

$W_e$ : Travail effectif disponible à l'embrayage

$\eta_m$ : Rendement mécanique

$\eta_e$ : Rendement effectif



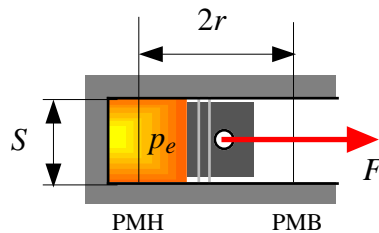
**2- Modèle simplifié de la conversion d'énergie**

$C_e$  [Nm] Couple effectif (ou couple utile)

$P_e = C_e \cdot \Omega$  [W] Puissance moyenne effective

$p_e$  [Pa] Pression moyenne effective (*pression fictive qu'il faudrait appliquer sur le piston pendant sa course pour obtenir la même puissance effective*)

$W_{e1} = p_e \cdot V$  [J] Travail effectif fourni par chaque piston :



$$\left. \begin{aligned} F &= p_e \cdot S \\ W_e &= F \cdot 2r \end{aligned} \right\} \Rightarrow W_e = p_e \cdot V$$

$n$  [tr/s] Vitesse de rotation de l'arbre moteur

$P_{e1} = p_e \cdot V \frac{n}{2}$  Puissance effective fournie en moyenne par chaque piston d'un moteur à 4 temps (NB : il faut 2 tours pour effectuer un cycle)

$V_H$  [m<sup>3</sup>]      Cylindrée totale du moteur =  $V \times$  nombre de cylindres

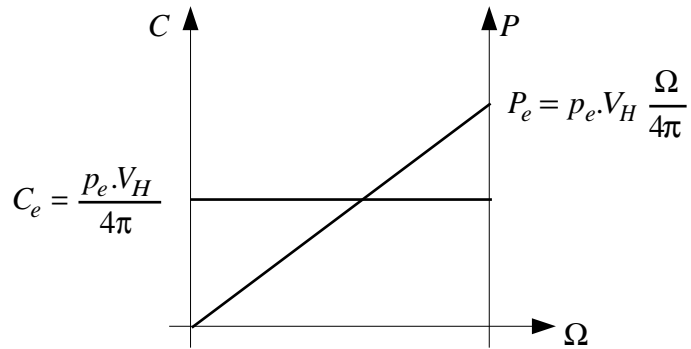
$P_e = p_e \cdot V_H \frac{n}{2}$       Puissance effective fournie en moyenne par un moteur de cylindrée  $V_H$

$P_e = p_e \cdot V_H \frac{\Omega}{4\pi}$       (avec  $\Omega = 2\pi n$  rad/s)

$\Rightarrow C_e = \frac{p_e \cdot V_H}{4\pi}$       Le couple effectif est proportionnel à la pression moyenne effective.

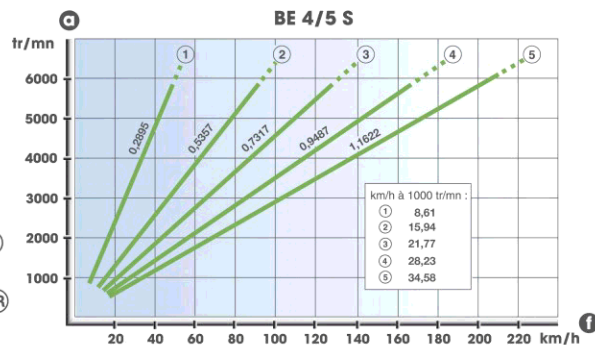
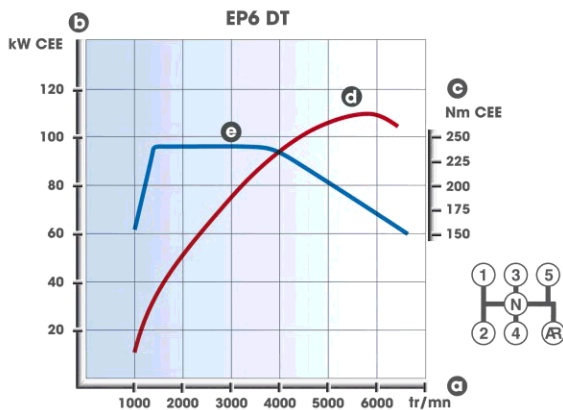
Les diagrammes théoriques  $C_u(\Omega)$  et  $P_u(\Omega)$  sont les suivants :

- puissance mécanique utile proportionnelle à la vitesse
- couple utile constant



Exemple : moteur 207 Peugeot 1,6l THP 16v (110 kW)

- a : vitesse
- b, d : puissance effective
- c, e : couple



### 3- Consommation de carburant

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] Masse volumique du carburant

$V_B$  [m<sup>3</sup>] Volume de carburant

$m_c = \rho \cdot V_B$  [kg] Masse de carburant

$B = \frac{m_c}{t}$  [kg/s] Consommation de carburant par unité de temps

$b_e = \frac{B}{P_e} = \frac{m_c}{W_e}$  [kg/J] Consommation spécifique

$H$  [J/kg] Pouvoir calorifique inférieur (PCI) du carburant

$W_B = m_c \cdot H$  [J] Equivalent en travail de la combustion d'une masse  $m_c$  de carburant

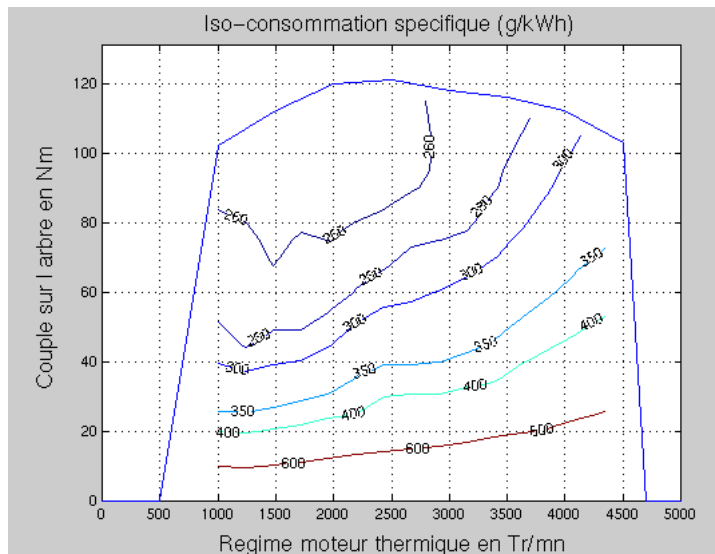
$\eta_e = \frac{W_e}{W_B}$  [%] Rendement effectif

$$\Rightarrow \eta_e = \frac{1}{b_e \cdot H} = \frac{P_e}{B \cdot H} \quad \underline{\text{Le rendement est inversement proportionnel à la consommation de carburant}}$$

### 4- Courbes d'isoconsommation : comparaison moteur thermique vs moteur électrique

(d'après INRETS, Laboratoire Transports et Environnement, Poster vehliv)

#### 4.1. Moteur thermique



#### 4.2. Moteur électrique

