

Chaleur dégagée par la combustion de 1 kg de combustible :

$$Q_{\text{combustion}} = \text{PCI} \cdot m_{\text{combustible}}$$

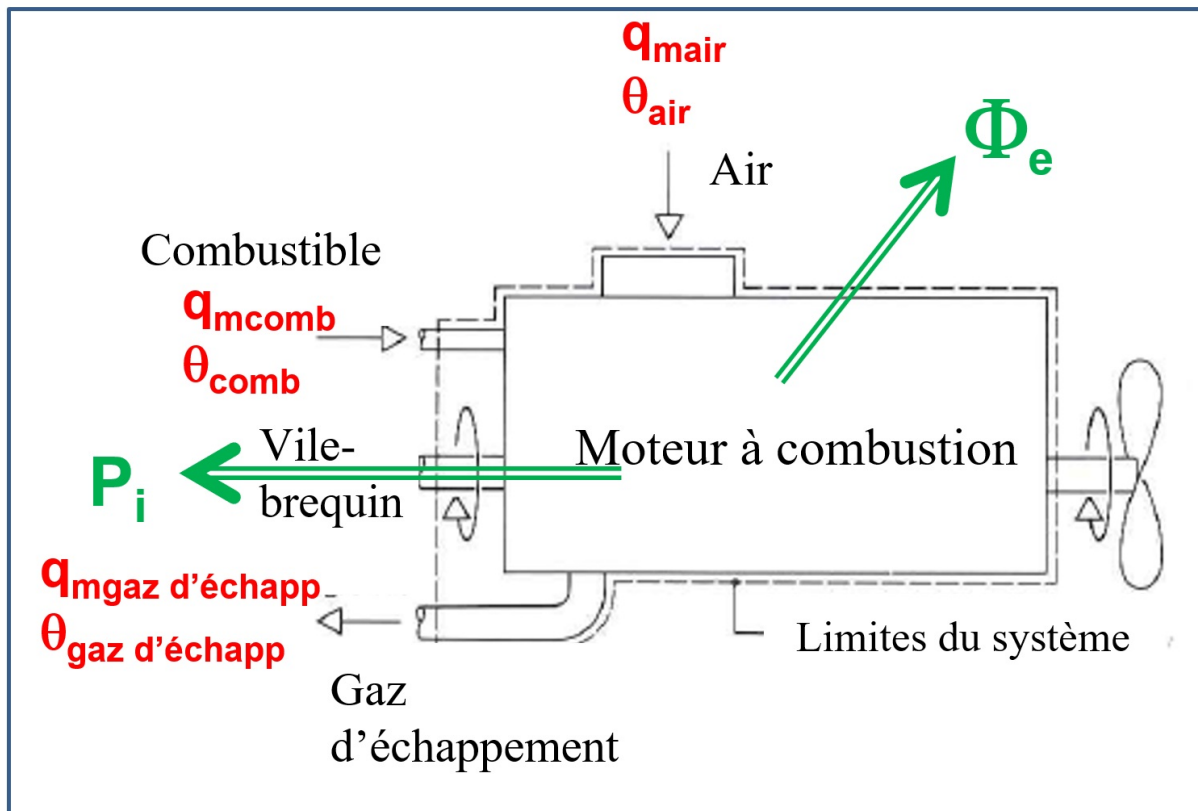
⇒ utilisé pour la plupart des machines thermiques

Chaleur dégagée par la combustion de 1 kg de combustible
+ chaleur de condensation de la vapeur d'eau dans les gaz d'échappement

$$\text{PCS} = \text{PCI} + (8,937 H_m + E_m) \cdot \Delta h_v$$

$$H_m = \frac{\text{masse des atomes H dans le combustible}}{\text{masse du combustible}} \quad E_m = \frac{\text{masse de l'eau dans le combustible}}{\text{masse du combustible}}$$

Δh_v : chaleur massique de condensation $\Delta h_v(1 \text{ bar}) = 2250 \text{ kJ/kg}$



$$\Phi_e + P_i + \Phi_{\text{combustion}} = q_{mgaz \text{ d'echapp}} \cdot c_{pgaz \text{ d'echapp}} \cdot (\theta_{gaz \text{ d'echapp}} - 25 \text{ °C}) - q_{mair} \cdot c_{pair} \cdot (\theta_{air} - 25 \text{ °C}) - q_{mcomb} \cdot c_{pcomb} \cdot (\theta_{comb} - 25 \text{ °C}) \quad (4)$$

- $\theta_{gaz \text{ d'echapp}}$, θ_{air} et θ_{comb} en °C !!!!

- $c_{pgaz \text{ d'echapp}} = \sum (\xi_i \cdot c_{pi})$ avec $\xi_i = \frac{q_{mi}}{q_{mgaz \text{ d'echapp}}}$

4. Détermination du volume d'air nécessaire et de la composition des gaz d'échappement dans le cas combustible gazeux

Tableau 2 :

Nature du gaz	Hydrogène H ₂ %	Oxyde de carbone CO %	Hydrocarbures									Oxygène		Inertes
			CH ₄ %	C ₂ H ₄ %	C ₂ H ₆ %	C ₃ H ₈ %	C ₄ H ₈ %	C ₄ H ₁₀ %	C ₅ H ₁₂ %	C _n H _m %	O ₂ %	N ₂ %	CO ₂ %	
Skikda	-	-	89,3	-	6,2	-	0,6	-	0,1	-	-	-	3,8	-
Arzew	-	-	87,0	-	9,4	-	2,6	-	0,6	-	-	-	0,4	-
Gasunie	-	-	85,9	-	4,6	-	1,1	-	0,4	0,1	-	-	6,5	1,4
Lacq	-	-	97,3	-	2,1	-	0,2	-	0,1	-	-	-	0,3	-
Ekofisk	-	-	87,3	-	8,4	-	2,9	-	0,9	0,2	-	-	0,5	1,8
Groningue	-	-	81,3	-	2,9	-	0,4	-	0,2	-	-	-	14,2	1,0

Tableau 1 : Exemple "gaz naturel"

Composant du combustible	Composition du combustible $\frac{n_i}{n_{combustible}}$	Equation de la réaction chimique On ajoute d'O ₂ , on obtient du CO ₂ et H ₂ O	Besoin en oxygène $\frac{n_{O_2}}{n_{combustible}}$
CH ₄	81 % = 0,81	$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O$	$0,81 \cdot 2 = 1,62$
C ₂ H ₆	3 % = 0,03	$C_2H_6 + 3,5 O_2 = 2 CO_2 + 3 H_2O$	$0,03 \cdot 3,5 = 0,105$
N ₂	14 % = 0,14	—	—
O ₂	2 % = 0,02	—	- 0,02
Somme			1,705

pour tous les gaz (parfaits) : **1 kmol \cong 22,4 m³** à 0 °C et 1 bar

Volume d'air nécessaire (Pouvoir comburivore) :

$$\frac{V_i}{V_{combustible}} = \frac{n_i}{n_{combustible}} \quad (\text{à } 0 \text{ °C et } 1 \text{ bar})$$

(à 0 °C et 1 bar)

(6)

n: quantité des molécules [kmol]

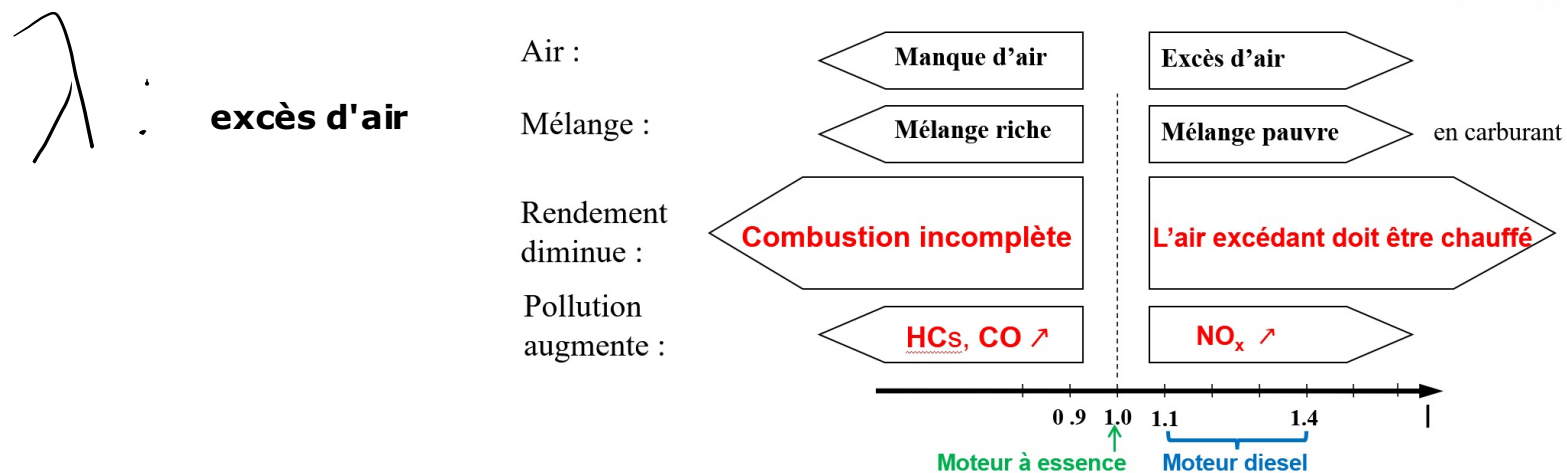
	Composition volumique (molaire)	Composition massique
O ₂	21 %	23,1 %
N ₂	79 %	76,9 %

$$\Rightarrow \underline{V_{air}} = 1,705 / 0,21 \cdot \underline{V_{comb}} = 8,12 \cdot \underline{V_{comb}} \quad (\text{à } \theta_{comb} \text{ et } p_{comb})$$

Composants	Composition	Besoin en oxygène $\frac{n_{O_2}}{n_{combustible}}$	Gaz d'échappement [kmol / kmol _{comb}]			
			CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂
CH ₄	0,81	1,62	0,81	1,62	—	
C ₂ H ₆	0,03	0,105	0,06	0,09	—	
N ₂	0,14	—	—	—	0,14	
O ₂	0,02	- 0,02	—	—	—	
			de l'air introduit :		6,41	
			$\lambda = 1,2 :$	$1,2 \cdot 6,41 = 7,69$		$0,2 \cdot 1,705 = 0,341$
Somme		1,705	0,87	1,71	6,55	
$\lambda = 1,2$		$1,2 \cdot 1,705 = 2,046$	0,87	1,71	7,83	0,341

Volume des gaz d'échappement (Pouvoir fumigène (humide)) :

$$\Rightarrow V_{\text{gaz d'échapp}} = (0,87 + 1,71 + 6,55) \cdot V_{\text{comb}} = 9,13 \cdot V_{\text{comb}} \quad (\text{à } \theta_{\text{comb}} \text{ et } p_{\text{comb}})$$



Masse d'air nécessaire :

$$\underline{m_{\text{air stoe}}} = \frac{2,664 C_m + 7,937 H_m + 0,998 S_m - O_m}{0,231} \cdot m_{\text{comb}}$$

$$\underline{m_{\text{air}}} = \lambda \cdot m_{\text{air stoe}}$$

Masse des gaz d'échappement :

$$\begin{aligned} m_{\text{gaz d'échapp}} = & \left[\underbrace{3,664 * C_m}_{\text{CO}_2} + \underbrace{8,937 * H_m + E_m}_{\text{H}_2\text{O}} + \underbrace{1,998 * S_m}_{\text{SO}_2} + \underbrace{0,231 * (\lambda - 1) * \frac{m_{\text{air stoe}}}{m_{\text{combustible}}}}_{\text{O}_2} \right. \\ & \left. + \underbrace{N_m + 0,769 * \frac{m_{\text{air}}}{m_{\text{combustible}}}}_{\text{N}_2} \right] * m_{\text{combustible}} \end{aligned} \quad (9)$$

E_m (N_m) : Part massique de l'Eau (de l'azote) dans le combustible

ou par un bilan de masses :

$$\underline{m_{\text{gaz d'échapp}}} = \underline{m_{\text{comb}}} + \underline{m_{\text{air}}} \quad (10)$$