

## Aide- mémoire : Thermodynamique - Contrôle 2 (2016-2017)

- **Equation d'état des gaz parfaits**  $PV = \nu RT$
- **Capacités thermiques molaires**

$$c_v = \frac{i}{2}R, \quad i = \begin{cases} 3 - \text{monoatomique} & c_p = c_v + R - \text{gaz parfait} \\ 5 - \text{diatomique} & c_p \approx c_v - \text{liquides, solides} \\ 6 - \text{tri, polyatomique} & \gamma = c_p / c_v - \text{exposant adiabatique} \end{cases}$$

- **Fonctions d'état :**

Grandeur	Gaz parfait	Liquide/solide incompressible
Energie interne	$U = \nu c_v T + U_0 \forall$ la transformation, <b>rév ou irr.</b>	$U = Mc_m T + U_0$
Variation de l'énergie interne	$\Delta U = U_2 - U_1 = \nu c_v (T_2 - T_1) \forall$ la transformation, <b>rév ou irr</b>	$\Delta U = U_2 - U_1 = Mc_m (T_2 - T_1)$
Enthalpie	$H = U + PV = \nu c_p T + H_0 \forall$ la transformation, <b>rév ou irr</b>	$H \approx Mc_m T + H_0$
Variation de l'enthalpie	$\Delta H = H_2 - H_1 = \nu c_p (T_2 - T_1) \forall$ la transformation, <b>rév ou irr</b>	$\Delta H = H_2 - H_1 \approx Mc_m (T_2 - T_1)$
Variation de l'entropie	$\Delta S = S_2 - S_1 = \begin{cases} \nu c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln \frac{V_2}{V_1} \\ \nu c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \nu R \ln \frac{P_2}{P_1} \end{cases} \text{ rév ou irr}$	$\Delta S = S_2 - S_1 = Mc_m \ln \frac{T_2}{T_1}$ <b>rév ou irr</b>

- **1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique**

pour une transfo **non** infinitésimale :  $\Delta U = W + Q$   
 pour une transfo infinitésimale :  $dU = \delta W + \delta Q$   
 transfo isochore ( $V = \text{const}$ ) :  $\Delta U = Q_v = \nu c_v \Delta T$  ( $Mc_m \Delta T$ )  
 transfo isobare ( $P = \text{const}$ ) :  $\Delta H = Q_p = \nu c_p \Delta T$  ( $Mc_m \Delta T$ )  
 transfo isotherme ( $T = \text{const}$ ) :  $\Delta U = 0, Q = -W$   
 transfo adiabatique ( $Q = 0$ ) **réversible** ( $S = \text{const}$ ) :  $PV^\gamma = \text{Const} = P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma, \gamma = c_p / c_v$  - exposant adiabatique  
 transfo polytropique **réversible**  $PV^\kappa = \text{Const} = P_1 V_1^\kappa = P_2 V_2^\kappa ; \kappa \in \mathcal{R}$  - exposant polytropique

- **2<sup>ème</sup> principe de la thermodynamique :**

	Réversible	Irréversible
Chaleur reçue (formes différentielle et intégrale)	$\delta Q_{\text{rév}} = T dS ; Q_{\text{rév}} = \int_{S_1}^{S_2} T(S) dS$	$\delta Q_{\text{irr}} < T dS ; Q_{\text{irr}} < \int_{S_1}^{S_2} T(S) dS$
Travail reçu (formes différentielle et intégrale)	$\delta W_{\text{rév}} = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{r} = -P dV$ $W_{\text{rév}} = \int_{V_1}^{V_2} \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{r} = - \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$	$\delta W_{\text{irr}} = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{r} \neq -P dV$ $W_{\text{irr}} = \int_{V_1}^{V_2} \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{r} \neq - \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$ Souvent mais pas toujours : $W_{\text{irr}} = - \int_{V_1}^{V_2} P_{\text{ext}}(V) dV$ avec $P_{\text{ext}} = \frac{F_{\text{ext}}}{S}$
2 <sup>ème</sup> principe de la thermodynamique	$T dS = \delta Q_{\text{rév}} = dU + P dV$	$T dS > \delta Q_{\text{irr}}$
Systèmes isolés ( $W=0, Q=0$ )	Pas d'évolution dans le système	$\Delta S > 0, S \uparrow$
Systèmes thermiquement isolés ( $W \neq 0, Q=0$ )	$PV^\gamma = \text{const}, (\gamma = c_p / c_v)$ - gaz parfaits $\Delta S = 0, S = \text{const}$	<del><math>PV^\gamma = \text{const}</math></del> (il faut appliquer le 1 <sup>er</sup> principe : $\Delta U = W + Q$ avec $Q=0$ ) ; $\Delta S > 0, S \uparrow$
Systèmes non isolés : $Q \neq 0$ et soit $W \neq 0$ soit $W=0$	$\Delta S = S_{\text{créée}} + S_{\text{échange}} = S_{\text{créée}} + \int \frac{\delta Q_{\text{ext} \rightarrow \text{sys}}}{T_{\text{ext}}} < 0 \text{ ou } > 0 \text{ ou } = 0$ $S_{\text{créée}} = 0$	
		$S_{\text{créée}} > 0$

- **Moteurs thermiques (essence, diesel):**

Taux de compression:  $\varepsilon = V_{\text{max}} / V_{\text{min}} = V_1 / V_2$  (essence, diesel)

Travail du cycle	$ W_{\text{cycle}}  = Q_1 - Q_2$
Chaleur reçue au cours de la combustion	$Q_1 = M_{\text{comb}} \cdot q \cdot \eta_{\text{comb}}$
Puissance mécanique produite par le moteur à essence/diesel	$N = G_{\text{comb}} \cdot q \cdot \eta_{\text{tot}}$ avec $G_{\text{comb}}$ - débit massiques du combustible, kg/s, $q$ - chaleur massique de combustion, J/kg
Rendement thermique	$\eta_{\text{th}} =  W_{\text{cycle}}  / Q_1 < \eta_{\text{Carnot}}, \text{ avec } \eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_{\text{II}} / T_{\text{I}} < 1$