Aide- mémoire : Thermodynamique - Contrôle III (2016-2017)

- **Equation d'état de Van der Waals**

$$\left(P+\vartheta^2\frac{a}{V^2}\right)\left(V-\vartheta b\right)=\vartheta RT$$

- **Equations différentielles de la thermodynamique**

1er principe :	$dU = \delta W+\delta Q$	$du = \delta w+\delta q$
2ème principe	$TdS \geq dU + PdV$	$Tds \geq du + Pdv$
(= réversible, > irréversible)	$TdS \geq dH - VdP$	$Tds \geq dh - vdP$

Différentielle de l'énergie interne : $dU=\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT+\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV=\vartheta c_v(V,T)dT+\varphi(V,T)dV$

Différentielle de l'enthalpie : $dH=\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT+\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T dP=\vartheta c_p(P,T)dT+\psi(P,T)dP$

Différentielle de l'entropie : $dS=\begin{cases}\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT+\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV=\vartheta c_v(V,T)\frac{dT}{T}+\alpha(V,T)dV\\ \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT+\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP=\vartheta c_p(P,T)\frac{dT}{T}+\beta(P,T)dP\end{cases}$

Remarque : les fonctions $\varphi(V,T)$, $\psi(P,T)$, $\alpha(V,T)$, $\beta(P,T)$, $c_v(V,T)$ et $c_p(P,T)$ vous seront fournies

- **Transformations thermodynamiques avec des gaz réels**

transformation isochore (V=const) : $dU = \delta Q = \vartheta c_v dT$ $\quad du=\delta q=\frac{c_v}{\mu}dT$

transformation isobare (P=const) : $dH = \delta Q = \vartheta c_p dT$ $\quad dh=\delta q=\frac{c_p}{\mu}dT$

transformation adiabatique réversible (S=const) : $dS = 0$ $\quad ds=0$

détente de Joule et Gay-Lussac (U=const) : $dU=\vartheta c_v(V,T)dT+\varphi(V,T)dV=0$

détente de Joule – Thomson (H=const) : $dH=\vartheta c_p(P,T)dT+\psi(P,T)dP=0$

1er principe pour des fluides en écoulement :

$\Delta H = W_{util} + Q_{ext\rightarrow sys}$ $\quad \Delta h = w_{util} + q_{ext\rightarrow sys}$

- **Transitions de phase**

équations de Clapeyron – Clausius : $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_{L\leftrightarrow G}=\frac{r}{T(v''-v')}$ $\quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_{S\leftrightarrow L}=\frac{\lambda}{T(v''-v')}$ $\quad \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_{S\leftrightarrow G}=\frac{l}{T(v''-v')}$

$r=h''-h'=T(s''-s')$ – chaleur massique de vaporisation ; λ et l – chaleur massique de fusion et de sublimation

$c_v = c_p \rightarrow \infty$ lors des transitions de phases à P=const et T=const

- **Machines thermiques (centrales, machine frigorifique, pompe à chaleur):**

Travail massique du cycle	$w=q_1-q_2$
Chaleur massique reçu au cours de la combustion	$q_1= q\cdot\eta_{comb}$
Travail utile massique des turbines/pompes/compresseurs	$w_{utile} = \lvert\Delta h\rvert=\lvert h_{fin} - h_{ini}\rvert$
Puissance électrique produite par une centrale	$N= G_{eau}\cdot\lvert w_{cycle}\rvert\cdot\eta_{mec}=G_{comb}\cdot q\cdot\eta_{tot}$ avec G_{eau} et G_{comb} – débits massiques de l'eau et du combustible, respectivement, kg/s
Puissance du compresseur de la machine frigorifique	$N=G_{fluide}\cdot\lvert w_{cycle}\rvert/\eta_{mec}$, avec G_{fluide} – débit massique du fluide frigorigène
Rendements thermique du cycle : moteur	$\eta_{th}=w/q_1 < \eta_{Carnot}<1$ $\quad \eta_{Carnot} = 1 - T_{II}/T_I$
machine frigorifique	$e_F=q_2/w<e_F^{Carnot}$, peut être <1, =1 ou >1 ; $e_F^{Carnot}=T_{II}/(T_I-T_{II})$
pompe à chaleur	$e_{PAC}=q_1/w>1$; $e_{PAC}<e_{PAC}^{Carnot}=T_I/(T_I-T_{II})$ T_I et T_{II} - températures des sources chaude et froide