EXO TECHNIQUES N°7 – THERMO 1 – Premier Principe

Types de Transformation :

Type de Transfo	T	P
Quelconque	T non définie	P non définie
Quasi-statique (QS)	T définie / Peut être $T \neq T_{ext}$	P définie / Peut être $P \neq P_{ext}$
Mécaniquement Réversible	T définie / Peut être $T \neq T_{ext}$	P définie / A tout instant : $P = P_{ext}$ (Equilibre mécanique à tout instant)
Réversible (sous entendu méca et thermique)	T définie / A tout instant : $T = T_{ext}$ (Equilibre thermique à tout instant)	P définie / A tout instant : $P = P_{ext}$ (Equilibre mécanique à tout instant)

Comment calculer le travail des forces de pression ?

3 Méthodes	Conditions d'utilisation
→ Expression directe: $\boxed{\delta W_{pression} = -P_{ext} \cdot dV}$ Simplification : → à P constant → mécaniquement réversible	→ Utilisable lorsqu'on connaît les pressions et volumes, → Si P constant : $\Delta W_{pression} = -P_{ext} \cdot \Delta V$ → Si réversible : $\delta W_{pression} = -P \cdot dV$
→ Aire sous la courbe du diagramme de Clapeyron PV	2 conditions : → Si le diag de Clapeyron est traçable (QUASI-STATIQUE) → ET si $P = P_{ext}$ (MECANIQUEMENT REVERSIBLE)
→ Déduction à partir du 1er principe	→ Si les autres membres du 1er principe (U et Q) sont facilement calculables (voir la suite)

Comment exprimer le transfert de chaleur ? ➔ Bien choisir les variables

Variables utilisées ?	(T, V) – par exemple à V constant	(T, P) – par exemple à P constante
Energie à choisir ?	Energie interne U	Enthalpie $H = U + PV$
Déf Capacités thermiques	$\boxed{C_V = \left.\frac{\partial U}{\partial T}\right\|_V}$	$\boxed{C_P = \left.\frac{\partial H}{\partial T}\right\|_P}$
Relation Energie / Chaleur (1er Principe)	$dU = \delta Q_V$	$dH = \delta Q_P$
Relation Energie / T + 2 hyp de validité	$dU = C_V \cdot dT$ → Toujours valable pour un GP (loi Joule) → Seulement à V constant pour les autres	$dH = C_P \cdot dT$ → Toujours valable pour un GP (loi Joule) → Seulement à P constant pour les autres
Cas du Gaz Parfait		
Relation de Mayer (+ Hyp)	$C_P = C_V + nR$ → Pour un GP	
C en fonction de n, R et γ (+ justification)	$\frac{Mayer}{C_V} : \gamma = 1 + \frac{nR}{C_V} \Rightarrow C_V = \frac{nR}{\gamma - 1}$	$C_P = \gamma C_V = \frac{\gamma nR}{\gamma - 1}$
Cas d'une Phase Condensée		
Particularité d'une phase condensée ?	→ Phase Condensée = Indilatable et Incompressible : $V \approx Cstte$	
Conséquence sur les Capacités Thermiques	$C_V \approx C_P \approx C$	
Conséquence sur les énergies / chaleurs	$\delta Q \approx dU \approx dH \approx C dT$	

Expression du Premier Principe ?

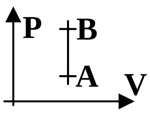
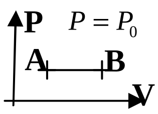
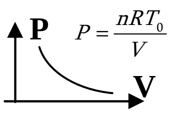
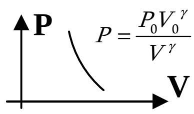
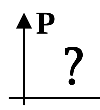
Expression générale	→ $dE_{totale} = \delta W + \delta Q$
Système macroscopiquement au repos	$\boxed{\rightarrow dU = \delta W + \delta Q}$ $\left(ou \quad dU = \delta W_{pression} + \delta W_{autre} + \delta Q \right)$
Système à V constant	→ $dU = \delta Q_V = C_V \cdot dT$ $\left(ou \begin{cases} \delta W_{pression} = -P_{ext} dV = 0 \\ \Rightarrow dU = C_V \cdot dT + \delta W_{autre} \end{cases} \right)$
Système à P constant	→ $dH = Q_P = C_P \cdot dT$ $\left(ou \begin{cases} dH = dU + PdV + \cancel{VdP} \\ \Rightarrow dH = C_P \cdot dT + \delta W_{autre} \end{cases} \right)$

Energie du GP ?

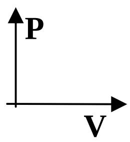
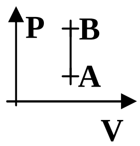
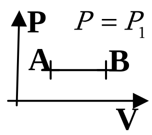
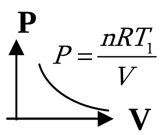
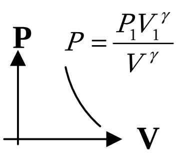
	GPM (Monoatomique)	GPD (Diatomique)
U	$U_{GPM} = \frac{3}{2} nRT$	$U_{GPD} = \frac{5}{2} nRT$
H	?	?
C_V	?	?
C_P	?	?

$\left.\begin{matrix} H \\ C_V \\ C_P \end{matrix}\right\}$ A déduire

Comment calculer l'état final d'une transformation d'un GP ?

Transfo	Isochore $V = V_0$	Isobare $P = P_0$	Isotherme $T = T_0$	Adiabatique (Q=0) Réversible ($P=P_{ext}$)	Adiabatique NON REVERSIBLE
ΔU	$\Delta U = C_V \Delta T = Q_V$		$\Delta U = 0$	$\Delta U = W$	$\Delta U = W$
ΔH		$\Delta H = C_P \Delta T = Q_P$	$\Delta H = 0$		
Diag (PV)					 Evolution Inconnue
Trouver l'EF ?	Résolution Facile : → 1 inconnue pour 1 équation (GP)			Manque 1 équation → Loi de Laplace $PV^{\gamma} = Cstte$	Plus de Loi de Laplace Mais en général, P_{ext} = Cstte → $\Delta U = C_V \Delta T = -P_{ext} \Delta V$

Exemple de calculs de l'état final d'une transformation d'un GP ?

EI	Type Transfo	Donnée finale	Valeurs finales	Diag PV	Calcul de Q	Calcul de W (cas méca réversible)
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isochore Isotherme Isobare Adiab rév	P_2 ou T_2 ou V_2	$\begin{bmatrix} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ? \\ ? \\ ? \end{bmatrix}$		$Q = ?$	$W = ?$
Quelques Exemples						
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isochore	Par ex P_2	$\begin{bmatrix} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_2 \\ V_1 \\ \frac{P_2 V_1}{nR} \end{bmatrix}$		$Q_V = C_V \Delta T$	$W = 0$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isobare	Par ex T_2 imposée	$\begin{bmatrix} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ \frac{nRT_2}{P_1} \\ T_2 \end{bmatrix}$		$Q_P = C_P \Delta T$	$W = -P \Delta V$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isotherme	Par ex P_2 imposée	$\begin{bmatrix} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_2 \\ \frac{nRT_1}{P_2} \\ T_1 \end{bmatrix}$		$\Delta U = 0$ $\Rightarrow Q = -W$	$W = -\int \frac{nRT_1}{V} dV$ $W = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Adiab Rév	Par ex V_2 imposée	$\begin{bmatrix} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{V_2^{\gamma}} \\ V_2 \\ \frac{P_2 V_2}{nR} \end{bmatrix}$		$Q = 0$	$W = -\int \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}} dV$ $W = \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{(\gamma - 1)} \left[\frac{1}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}} \right]$
Toutes les combinaisons étant possibles…						