Transformation	Isotherme	Isochore	Isobare	Adiabatique réversible
W	$\delta W = - nRT_o\, dV/V$ $W = -nRT_o \ln(V_2/V_1)$ $W = nRT_o \ln(P_2/P_1)$	0	$\delta W = -P_o\, dV$ $W = P_o\,(V_1-V_2)$ $W = nR\,(T_1-T_2)$	$\delta W = dU = nC_{v,m}dT$ $= nRdT/(\gamma-1)$ $= d(PV)/(\gamma-1)$ $W = n\,C_{v,m}\,(T_2-T_1)$ $= (P_2V_2-P_1V_1)/(\gamma-1)$
Q	$\delta Q = - \delta W = P\, dV$ $(\delta Q = - V\, dP)$ $Q = - W$	$\delta Q_v = n\, C_{v,m}\, dT$ $Q_v = n \int C_{v,m}\, dT$ $= n\, C_{v,m}\,(T_2-T_1)$	$\delta Q_p = n\, C_{p,m}\, dT$ $Q_P = n \int C_{p,m}\, dT$ $= n\, C_{p,m}(T_2-T_1)$	0
ΔU	$dU = 0$ $U_1 = U_2$	$dU = nC_{v,m}\, dT = \delta Q_v$ $\Delta U = Q_v$	$dU = nC_{v,m}\, dT$ $\Delta U = n \int C_{v,m}\, dT$ $= n\, C_{v,m}(T_2-T_1)$	$dU = \delta W$ $\Delta U = W$
ΔH	$dH = 0$ $H_1 = H_2$	$dH = nC_{P,m}dT$ $\Delta H = nC_{p,m}\,(T_2-T_1)$	$dH = nC_{P,m}dT$ $= \delta Q_P$ $\Delta H = Q_P$	$dH = nC_{P,m}dT$ $\Delta H = nC_{p,m}\,(T_2-T_1)$

Remarque : dans ce tableau, on suppose Cp, Cv et γ constants et le gaz parfait

Pour une transformation quasistatique quelconque :

$\delta Q = nC_{v,m}\, dT + l\, dV = nC_{p,m}\, dT + h\, dP = \lambda\, dV + \mu\, dP$
$\delta W = -$ Pext dV et Pext = P si transformation quasistatique
$dU = \delta Q - P\, dV = C_v\, dT + (l - P)\, dV$
$dH = \delta Q + V\, dP = C_p\, dT + (h + V)\, dP$

Le gaz parfait obeit aux deux lois de Joule : $dU = nC_{v,m}\, dT\ (l = P)$
$dH = n\, C_{p,m}\, dT\ (h = - V)$

Relation de Mayer (g.p.) : $C_p - C_v = n\,R \quad C_{p,m} - C_{v,m} = R$
$\gamma = C_p/C_v\ ;\ C_{v,m} = R/(\gamma-1)$ et $C_{p,m} = \gamma\, R/(\gamma-1)$

THERMODYNAMIQUE

Types de Transformation :

Type de Transfo	T	P
Quelconque	non définie	non définie
Quasi-statique (QS)	définie	définie
Méca Réversible	définie	$P=P_{ext}$
Réversible	$T=T_{ext}$	$P=P_{ext}$

Energie du GP :

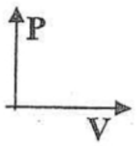
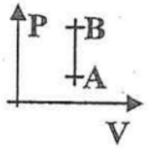
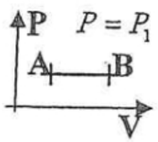
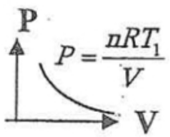
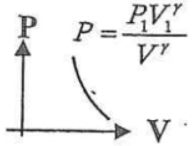
	Monoatomique	Diatomique
U	$U_{GPM}=\frac{3}{2}nRT$	$U_{GPD}=\frac{5}{2}nRT$
H	$H_{GPM}=\frac{5}{2}nRT$	$H_{GPD}=\frac{7}{2}nRT$
Cv	$C_V=\frac{3}{2}nR$	$C_V=\frac{5}{2}nR$
Cp	$C_P=\frac{5}{2}nR$	$C_P=\frac{7}{2}nR$

Choix de la variable ?

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	$C_V=\left.\frac{\partial U}{\partial T}\right\|_V$	$C_P=\left.\frac{\partial H}{\partial T}\right\|_P$
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 → Seulement à V constant pour les autres	$dH=C_P\cdot dT$ → Toujours valable pour un GP → Seulement à P constant pour les autres
Relation de Mayer (+ Hyp)	$C_P=C_V+nR$	→ Pour un GP
C en fonction de n, R et γ (+ justification)	$\frac{Mayer}{C_V}:\gamma=1+\frac{nR}{C_V}\Rightarrow C_V=\frac{nR}{\gamma-1}$	$C_P=\gamma C_V=\frac{\gamma nR}{\gamma-1}$

Méthodes de Calcul ?

Méthodes ?	Solution
Calcul d'un travail – Expression directe ? → Dans quel cas simplifier ?	→ Expression directe : $\delta W=-P_{ext}\cdot dV$ → Pour une transfo méca réversible : $\delta W=-P\cdot dV$
Calculer la variation totale d'entropie? → Expression de ΔS pour un GP ?	→ Identité thermodynamique : $dS=\frac{dU}{T}+\frac{PdV}{T}$ → GP : $\Delta S=C_V\cdot\ln\left(\frac{T}{T_0}\right)+nR\cdot\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$
Calculer l'entropie échangée ?	→ Expression directe: $\delta S_{éch}=\frac{\delta Q_{éch}}{T_{ext}}$
Calculer l'entropie créée ?	→ La déduire du reste : $\delta S_{créée}=dS-\delta S_{éch}$
2 lois à écrire pour une machine ditherme ?	$\begin{cases}1^{er}\text{ Principe : } W+Q_C+Q_F=0\\ 2^{ème}\text{ Principe : } \frac{Q_C}{T_C}+\frac{Q_F}{T_F}\underset{rév}{\overset{irr}{\leq}}0\end{cases}$
Expression efficacité ? → Générale → Moteur → Réfrigérateur → Pompe à Chaleur	Expression générale : $e=\frac{énergie\_utile}{énergie\_conso}$ $e_{moteur}=\left\|\frac{W}{Q_C}\right\|=\frac{-W}{Q_C}$ $e_{réfr}=\left\|\frac{Q_F}{W}\right\|=\frac{Q_F}{W}$ $e_{pompe}=\left\|\frac{Q_C}{W}\right\|=\frac{-Q_C}{W}$
Cycle de Carnot ? → Particularité → Rendement du moteur → A quoi il sert ?	→ Cycle réversible (2 isotherme + 2 adiab réversible) → Rendement max : $e_{Carnot}=1-\frac{T_F}{T_C}$ → Rôle de Référence : permet de calculer le travail max que peut fournir un moteur entre 2 sources de chaleur
Cas d'une phase condensée ? → Particularité ? → Conséquence sur les capacités thermiques → Conséquences pour les énergies / chaleurs → ΔS pour une phase condensée ?	→ Phase Condensée = Indilatable et Incompressible : $V\approx Cstte$ → $\begin{cases}C_V\approx C_P\approx C\\ \delta Q\approx dU\approx dH\approx CdT\\ \Delta S=C\cdot\ln\left(T/T_0\right)\end{cases}$

EI	Type Transfo	Diag PV	Calcul de Q	Calcul de W (cas méca réversible)	Variation d'Entropie
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isochore Isotherme Isobare Adiab rév		$Q = ?$	$W = ?$	$\Delta S = ?$ DONNÉ
Quelques Exemples					
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isochore $V_2 = V_1$		$Q_V = C_V \Delta T$	$W = 0$	$\Delta S = C_V \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isobare $P_2 = P_1$	 $P = P_1$	$Q_P = C_P \Delta T$	$W = -P\Delta V$	On a $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{V_2}{V_1}$ $\Delta S = (nR + C_V) \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ $\Rightarrow \Delta S = C_P \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Isotherme $T_2 = T_1$	 $P = \frac{nRT_1}{V}$	$\Delta U = 0$ $\Rightarrow Q = -W$	$W = -\int \frac{nRT_1}{V} dV$ $W = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$	$\Delta S = nR \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
$\begin{bmatrix} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{bmatrix}$	Adiab Rév $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$	 $P = \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}}$	$Q = 0$	$W = -\int \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}} dV$ $W = \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{(\gamma - 1)}\left[\frac{1}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}}\right]$	$\Delta S = 0$

Nature du système	*Echange d'énergie*	*Echange de matière*
Ouvert	Oui	Oui
Fermé	Oui	Non
Isolé	Non	Non