THERMO - SEANCE TD 8 - GROUPE 151.

COURS TERMINÉ

→ Dernière séance 2/12/2020 = DS en présentiel

CALORIMÉTRIE (FEUILLE TD 2)

TRAVAIL (FEUILLE TD 3)

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_z = 1 \\ \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y = -1 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \chi_T \end{pmatrix}$$ Définitions rappelés si besoin

CALORIMÉTRIE : Q, δQ

C_v, C_p

L_{vap}, L_{liq}

Transformation isochore : $\delta Q = C_v dT$

" isobare : $\delta Q = C_p dT$

TRAVAIL : W, δW

$$\delta W = -P_{ext} dV = \begin{cases} -P dV & \text{(QS)} \\ -P_f dV & \text{(brutale)} \end{cases}$$

EXERCICE 3 - TRAVAIL REÇU PAR UN GAZ POUR DIFFÉRENTS CHEMINS SUIVIS (= POUR DIFFÉRENTES TRANSFORMATIONS).

n = 2 moles de dioxygène

$PV = nRT$

Réversible = quasi-statique ici

Etat A (P_A, V_A, T_A) à état B $(P_B = 3P_A, V_B, T_B = T_A)$

3 transformations :

(1) isotherme

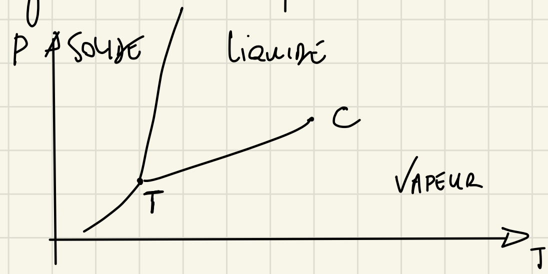
(2) "droite dans le diagramme (P,V)"

(3) isochore puis isobare

En thermo, on manipule beaucoup les diagrammes :

→ (T,H) : diagramme enthalpique

→ (P,T)

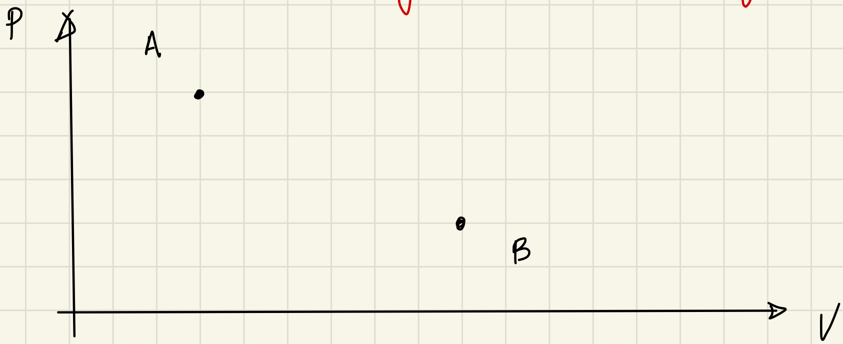


C : point critique

T : point triple

→ (T,S) : diagramme entropique

→ (P,V) : diagramme de Clapeyron



Pour une transformation quasi-statique, $P_{ext} = P$ et

$$\delta W = -P\,dV$$

Variable indépendante : $x = V$

" dépendante : $y = P = f(x)$

$$W = -\int_A^B P\,dV \Rightarrow -\int f(x)\,dx$$

AIRE DANS LE DIAGRAMME (P,V)

ÉTAPE 1 : exprimer V_B en fonction de V_A

$$PV = nRT$$

$$P_A V_A = nRT_A \quad (*)$$

$$P_B V_B = nRT_B \quad (**)$$

Or d'après l'énoncé : $P_B = 3P_A$

$$T_B = T_A$$

Donc $(**)$ $\Rightarrow$ $P_B V_B = (3P_A) V_B = nRT_B = nRT_A$

$\Rightarrow$ $3P_A V_B = nRT_A$

$\Rightarrow$ $V_B = \dfrac{nRT_A}{3P_A}$

Or d'après $(*)$, $V_A = \dfrac{nRT_A}{P_A}$

On trouve donc que : $\boxed{V_B = \dfrac{V_A}{3}}$

ETAPE 2 : Représentation dans le diagramme de Clapeyron

(a) Représenter les états A (P_A, V_A) et B $(3P_A, \frac{V_A}{3})$

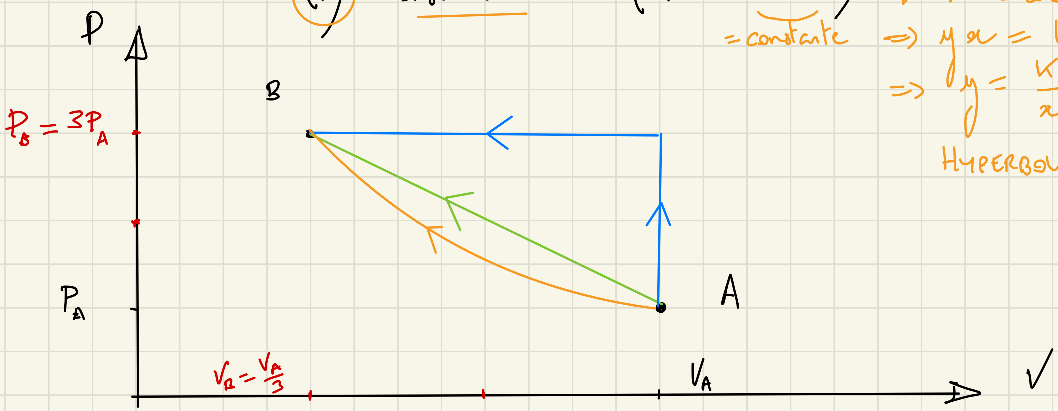
(b) Représenter les 3 courbes correspondant à chaque transformation

(2) Droite dans le diagramme de Clapeyron

(3) Isochore (V constant) puis isobare (P constant)

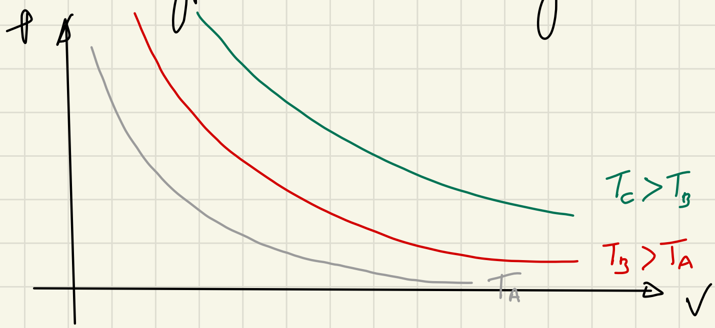
(1) Isotherme ($PV = n\underbrace{RT}_{= \text{constante}}$) $\Rightarrow PV = \text{constante}$ $\Rightarrow yx = K$ $\Rightarrow y = \frac{K}{x}$

HYPERBOLE



REMARQUES :

(1) Pour un gaz parfait, les isothermes correspondent à des hyperboles dans le diagramme (P,V)



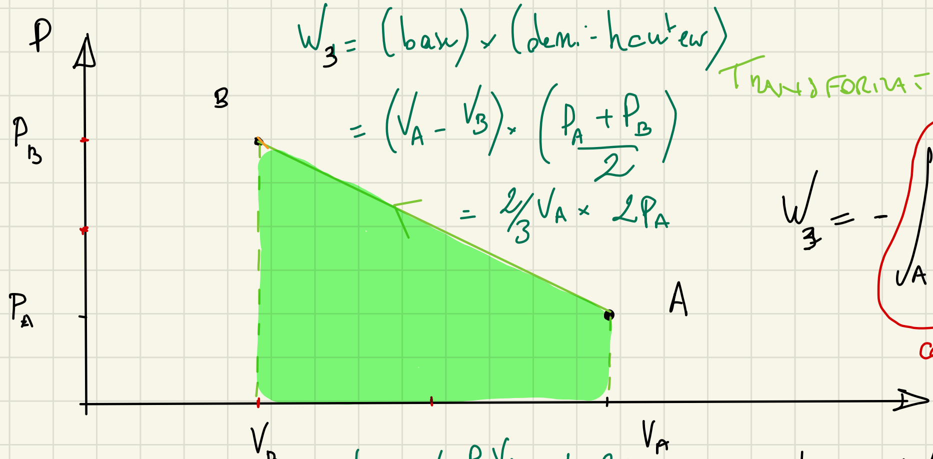
(2) Les transformations 1, 2 et 3 étant réversibles donc quasi-statiques, on peut les tracer dans nos diagrammes thermodynamiques puis ce sont des successions d'états d'équilibres

TRANSFORMATION 3

$$W_3 = (\text{base}) \times (\text{demi-hauteur})$$

$$= (V_A - V_B) \times \left(\frac{P_A + P_B}{2}\right)$$

$$= \frac{2}{3} V_A \times 2 P_A$$



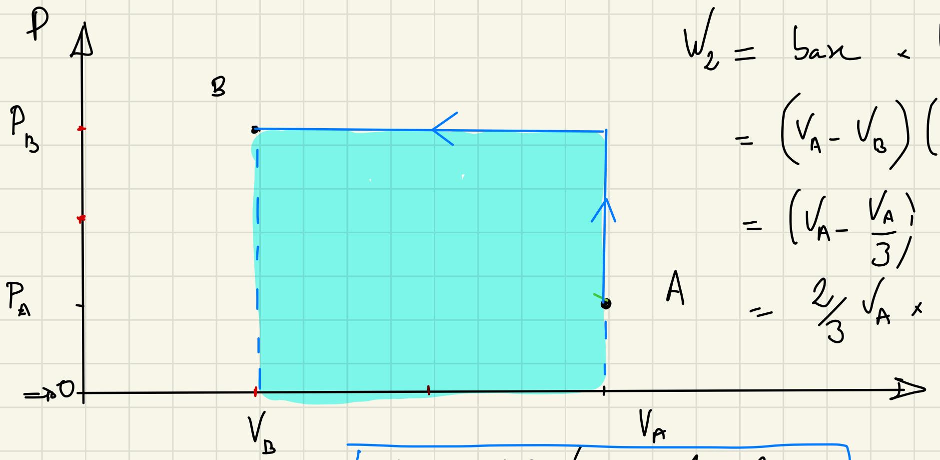
$$W_3 = -\int_{V_A}^{B} P\,dV \leq 0$$

car $V_A > V_B$ ✓

$$W_3 = \frac{4}{3} P_A V_A = \frac{4 n R T_A}{3}$$

donc $W_3 \geq 0$

TRANSFORMATION 2



$$W_2 = \text{base} \times \text{hauteur}$$

$$= (V_A - V_B)(P_B - 0)$$

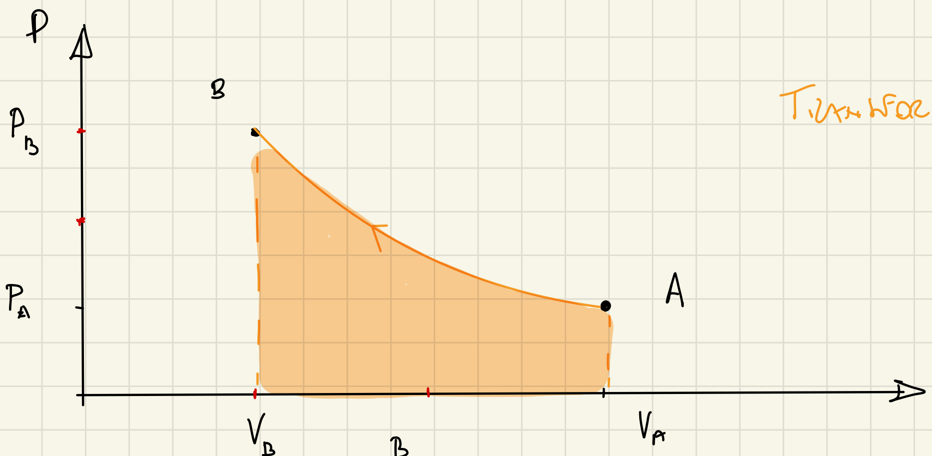
$$= \left(V_A - \frac{V_A}{3}\right)(3P_A)$$

$$= \frac{2}{3} V_A \times 3P_A$$

✓

$$\boxed{W_2 = 2P_A V_A = 2nRT_A}$$

TRANSFORMATION 1



✓

$$W_1 = -\int_A^B P(V)\, dV$$

$$= -\int_A^B \frac{nRT_A}{V}\, dV$$

$$= -nRT_A \int_{V_A}^{V_B} \frac{1}{V}\, dV = -nRT_A \left[\ln V\right]_{V_A}^{V_B = V_A/3}$$

$$W_1 = -nRT_A \left[\ln\left(\frac{V_A}{3}\right) - \ln(V_A)\right] = -nRT_A \ln\left(\frac{V_A}{3} \times \frac{1}{V_A}\right) \Rightarrow \boxed{W_1 = nRT_A \ln 3}$$

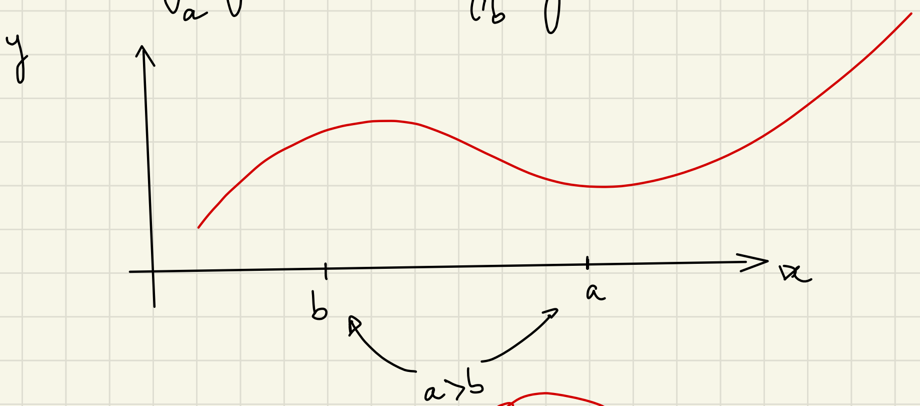
REMARQUE il s'agit de calculs d'AIRES SIGNÉES.

EXEMPLE : Soit $f : x \longmapsto y = f(x)$ positive

$(\forall x \in I, \ f(x) \geq 0)$.

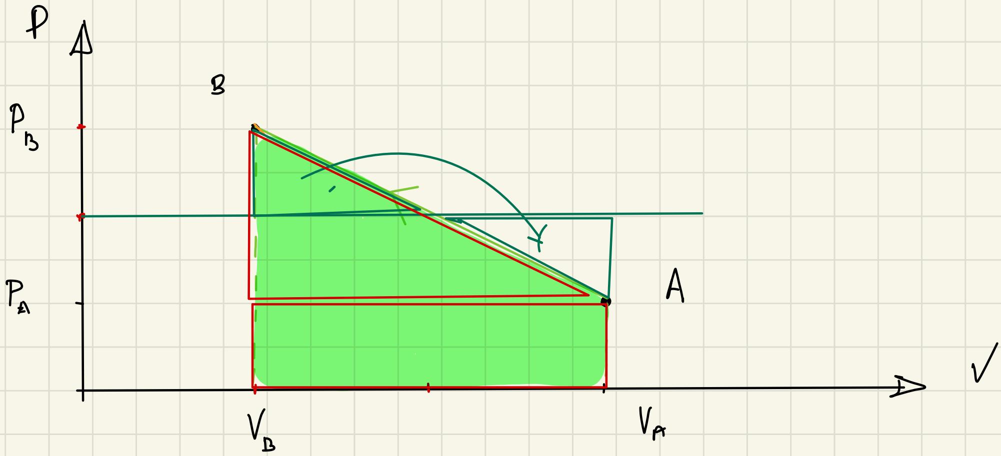
Soit $(a, b) \in I^2$

$$\int_a^b f(x)\,dx = -\int_b^a f(x)\,dx$$



$$\int_a^b f(x)\,dx = -\int_b^a f(x)\,dx \geq 0$$

$$\Rightarrow \quad \int_a^b f(x)\,dx \leq 0 \quad \text{puisque} \quad a > b$$



$$\begin{pmatrix} \ln a - \ln b = \ln \frac{a}{b} \\ \ln\left(\frac{1}{a}\right) = -\ln a \end{pmatrix}$$

$$-nRT_A \left[\ln V \right]_{V_A}^{V_B = V_A/3} = -nRT_A \left(\ln\left(\frac{V_A}{3}\right) - \ln(V_A) \right)$$

$$= -nRT_A \ln\left(\frac{V_A/3}{V_A}\right)$$

$$= -nRT_A \ln\left(1/3\right)$$

$$= -nRT_A(-\ln 3)$$

$$= nRT_A \ln 3$$

W_1 W_2 W_3

$nRT_A \ln 3$ $2nRT_A$ $\frac{4}{3} nRT_A$