Chapitre 14: Premier principe de la thermodynamique

Partie 2

Souvenirs, souvenirs….

Qu’est-ce que c’est le premier principe de la thermodynamique?

C’est une relation de base qui traduit la conservation de l’énergie sous toutes ses formes

Quelle est cette formule?

Rappel: 1^{e} principe

- Enoncé: pour un système fermé,

$\Delta U = W + Q$

$\Delta U = U_{finale} - U_{initiale}$, variation d'énergie interne

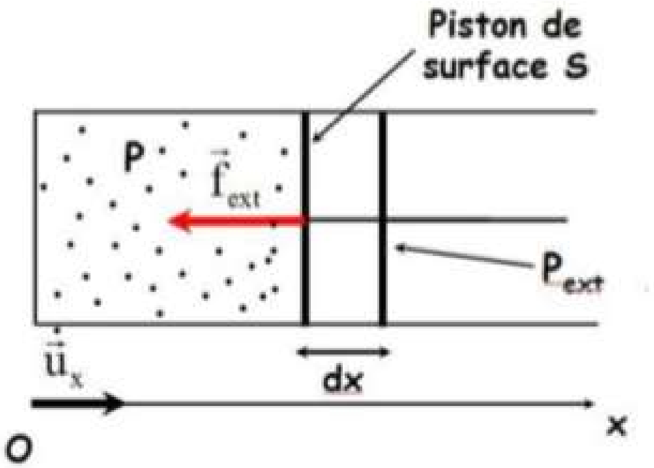
W travail reçu, pour l'instant nous n'avons étudié que des cas où $W = 0$

Q transfert thermique reçu en J

- Si calorimètre $Q = 0$
- Si système de chauffage avec puissance P (en W): $Q = P.\Delta T$

Comment calculer W? exemple de démonstration, à ne PAS retenir

Choisissons une configuration simple en plaçant le système thermodynamique dans une enceinte cylindrique fermée par un piston mobile de section S.



La force résultante des forces de pression extérieures sur le piston s'écrit : $\overrightarrow{f_{ext}} = -SP_{ext}\overrightarrow{u_x}$

Le travail « reçu » par le piston donc par le gaz à l'intérieur de l'enceinte s'écrit :

$$W_{AB}(\overrightarrow{f_{ext}}) = \int_A^B \overrightarrow{f_{ext}}.\overrightarrow{dOM} = \int_A^B -SP_{ext}\overrightarrow{u_x}.dx\overrightarrow{u_x} = \int_A^B -P_{ext}Sdx = -\int_{V_1}^{V_2} P_{ext}dV$$

Sdx = dV représente le « petit » volume balayé par le piston lors de son déplacement d'une distance dx
dV est aussi la variation de volume du gaz à l'intérieur = notre système thermodynamique

A retenir sur le travail

- Le travail des forces de pression vaut:

$$W = -\int P_{ext}\,dV \text{ pour une transformation quelconque}$$
$$W = -\int P\,dV \text{ pour une transformation lente}$$

Le choix de l'une ou l'autre de ces relations dépend si P est définie au long de la transformation (lente) ou pas (brutale).

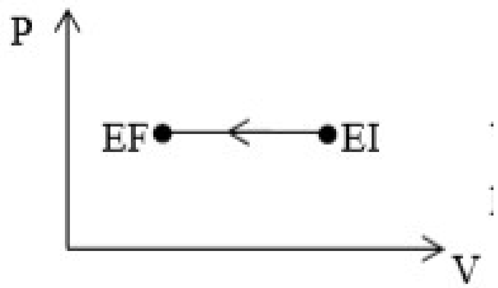
Les bornes sont toujours: borne inférieure = volume initial

borne supérieure = volume final

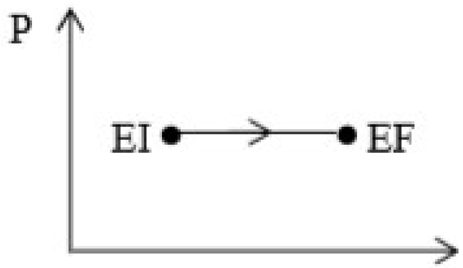
Prévision graphique du signe de W

- On se place dans le diagramme pression P (ordonnée) – volume V (abscisse):

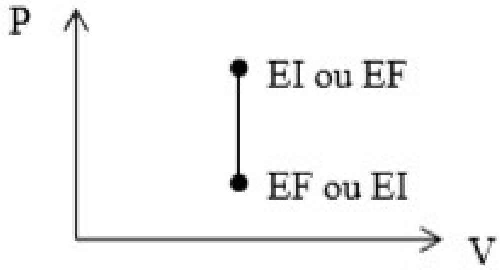
A)compression isobare



B) détente isobare



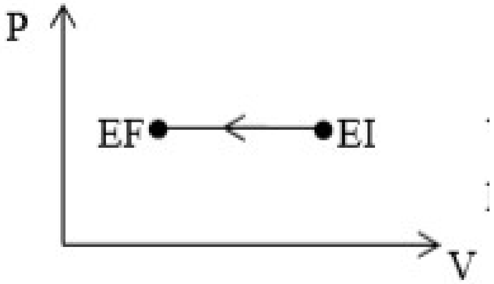
C) transformation isochore



Prévision graphique du signe de W

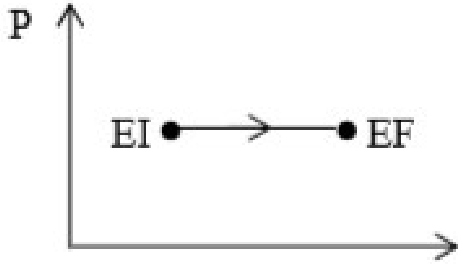
- On se place dans le diagramme pression P (ordonnée) – volume V (abscisse):

A)compression isobare



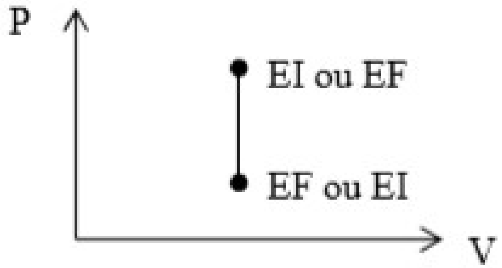
W > 0

B) détente isobare



W < 0

C) transformation isochore



W = 0

Transformation isochore (déjà vu…)

Alors $W = -\int_{V_i}^{V_f} PdV = 0$

Rappel : $\Delta U = C_V.\Delta T$

Grâce au 1[e] principe: $\Delta U = W + Q$

Alors $\boxed{Q = C_V.\Delta T}$

On notera que dans ce cas, on utilise la capacité thermique C_V pour exprimer ce transfert.

Transformation isobare

Alors $W = -\int_{V_i}^{V_f} P dV = -P(V_f - V_i)$

Rappel : $\Delta U = C_V.\Delta T$

Grâce au 1^er^ principe : $\Delta U = W + Q$

Alors $Q = C_V.\Delta T + P(V_f - V_i)$ $(= U_f - U_i + P_f.V_f - P_i.V_i)$

On va réécrire ce résultat plus simplement…

Transformation monobare

Seule P_{ext} reste constante!

Le travail des forces de pression vaut (transformation brutale) : $W = -\int_{V_i}^{V_f} P_{ext} dV = -P_{ext}(V_f - V_i)$

A l'équilibre, la pression dans le système valant la pression extérieure, $P_i = P_{ext} = P_f$

Donc on a : $W = -(P_f.V_f - P_i.V_i)$

Grâce au 1e principe: $\Delta U = W + Q$

Alors $Q = C_V.\Delta T + P(V_f - V_i)$ ($=U_f - U_i + P_f.V_f - P_i.V_i$)

On va réécrire ce résultat plus simplement…

Pour réécrire Q plus simplement, l’enthalpie H

- Enthalpie H (en J) définie comme $H = U + P.V$

- Pour une transformation isobare ou monobare:

(premier principe monobare ou isobare)

$$\Delta H = Q$$

Comment calculer ΔH?

- ΔH se calcule comme ΔU mais avec l'autre capacité thermique…

$$\Delta H = C_p.(T_f - T_i)$$

- On sait déjà comment trouver C_P à partir de C_V (CONNU!!!):

Relation de Mayer: $C_p = C_V + nR$

A VOUS DE ME DIRE POUR LE GAZ PARFAIT….

CP pour le gaz parfait

GP	C_V	C_P
Monoatomique	3/2nR	5/2nR
Diatomique	5/2nR	7/2nR
Polyatomique	C_V = ?, C_p = ?	$C_P = C_V + nR$

$H = U + PV = U + nRT$ grâce au caractère parfait du gaz

$$C_P = \frac{dH}{dT} = \frac{d}{dT}(U + nRT) = \frac{dU}{dT} + nR = C_V + nR$$

Exemple 14.3: bilan énergétique isobare

On remplit une enceinte cylindrique de section $S = 10\ cm^2$ avec $n = 3{,}0$ moles d'hélium, gaz parfait monoatomique de masse molaire $M = 4{,}0\ g.mol^{-1}$, initialement sous $P_0 = 1013$ hPa et $T_0 = 300$ K.

a) Calculer les capacités thermiques C_V et C_P du gaz. Donnée : $R = 8{,}31\ J.K^{-1}.mol^{-1}$

L'enceinte est fermée par un piston mobile de masse négligeable. On plonge à l'intérieur un thermoplongeur assimilé à une résistance $r = 100\ \Omega$ parcourue par un courant d'intensité $I = 100$ mA pendant une heure. On considère que le piston est suffisamment libre pour que la pression reste constante au cours de la transformation.

b) Déterminer la valeur du transfert thermique reçu Q.

c) En utilisant le premier principe ou le premier principe isobare, déterminer la température finale du gaz.