DS numéro 2 Mercredi 24 Octobre (01h30)

Nom : **Prénom :**

Cours : (0 ou – 4 points)

Donner la définition de la pression sous la forme d'un rapport ; exprimer les unités du système international des expressions utilisées.

$$\text{Pression (Pa)} = \frac{\text{force (N ou kg.m.s}^{-2})}{\text{surface (m}^2)}$$

$$1\,\text{Pa} = 1\,\text{N.m}^{-2} = 1\,\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$$

Donner une équation de la statique des fluides.

$dP = -\rho.g.dz$ avec $Oz\uparrow$ ou bien $dP = +\rho.g.dz$ avec $Oz\downarrow$

Cours : (9 points)

- **Donner l'expression du travail élémentaire**

$\delta W = -p_{ext}dV$ 1 point

- **Que devient cette expression lorsque :**
  - **La transformation est isochore :** $\delta W = 0$ 1 point
  - **La transformation est réversible :** $\delta W = -pdV$ avec p la pression intérieure au système 1 point

- **Quel est <u>le signe</u> du travail échangé <u>par le milieu extérieur</u> lorsque le système :**
  - **est comprimé :**

    lorsque le système est comprimé, il reçoit du travail <u>de la part</u> du milieu extérieur : donc, ici, $\mathbf{W_{ext} < 0}$ 1 point
  - **est détendu :**

    lorsque le système est détendu, il <u>fournit</u> du travail <u>au milieu extérieur</u> : donc, ici, $\mathbf{W_{ext} > 0}$ 1 point

- **Donner la loi du nivellement barométrique pour une atmosphère isotherme, avec un axe orienté vers le haut et la référence prise pour z = 0.**

$$p(z) = p_0 \, e^{-\frac{Mg}{RT} z}$$ avec p_0 la pression prise à z = 0

2 points

- **On donne les trois expressions des échanges d'énergie sous forme chaleur par unité de masse :**

$\delta Q = c_V \, dT + \ell \, dV$; $\delta Q = c_P \, dT + h \, dP$; $\delta Q = \lambda \, dP + \mu \, dV$

Donner en fonction de c_P, c_V et des dérivées partielles de la température les expressions de :

$$\ell = (c_p - c_V)\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p$$

$$h = -(c_P - c_V)\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V$$

2 points

$$\lambda = c_V\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V$$

$$\mu = c_p\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p$$

Exercice n°1 (5 points)

On introduit deux glaçons de 10 g chacun, initialement à – 19°C, dans un verre d'eau de 250 ml, l'eau étant initialement à 25°C. On négligera les échanges thermiques avec le verre et avec l'atmosphère. La température finale est de 289,5 K.

On donne :

- La chaleur massique de l'eau liquide $c_{eL} = 4{,}18\ J.g^{-1}.K^{-1}$,
- La chaleur massique de l'eau solide $c_{eS} = 2{,}10\ J.g^{-1}.K^{-1}$,
- La masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 1\ g.cm^{-3}$.

1. Faire le bilan des quantités de chaleur échangées.
2. Déterminer la chaleur massique de fusion de la glace.

Bilan des chaleurs échangées.

Le système est à la température finale de 289,5 K (16,35°C) à la pression atmosphérique. Le système est en phase liquide.

- La glace va passer de – 19°C à 0°C à l'état solide, $Q_1 = m.c_{eS}.(0 - (-19))$
- La glace va passer de l'état solide à l'état liquide à 0°C, $Q_2 = m.L_{fusion}$
- L'eau (anciennement glace) va passer de 0°C à 16,35°C $Q_3 = m.c_{eL}.(16{,}35 - 0)$
- L'eau va passer de 25°C à 16,35°C $Q_4 = M.c_{eL}(16{,}35 - 25)$

2 points

Avec : m = 20 g, M = 250 g

On recense 4 échanges de chaleur, dont la somme est nulle.

1 point

Chaleur massique de fusion de la glace

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$

$20 \times 2{,}10 \times (19) + 20 \times L_{fusion} + 20 \times 4{,}18 \times (16{,}35) + 250 \times 4{,}18 \times (-8{,}65) = 0$

$798 + 20 \times L_{fusion} + 1366{,}86 - 9039{,}25 = 0$

2 points

$L_{fusion} = 343{,}7195\ J.g^{-1}$

Exercice n°2 (6 points)

On considère le cycle suivant décrit par une mole de gaz parfait :

- Une compression isotherme quasi-statique, de la pression p_A = 0,5 bar à la pression p_B = 2 bar à la température T = 1000 K.
- Une détente isochore de la pression p_B à la pression p_C, amenant le gaz à la température T'.
- Une évolution isobare ramenant le gaz à la température T.

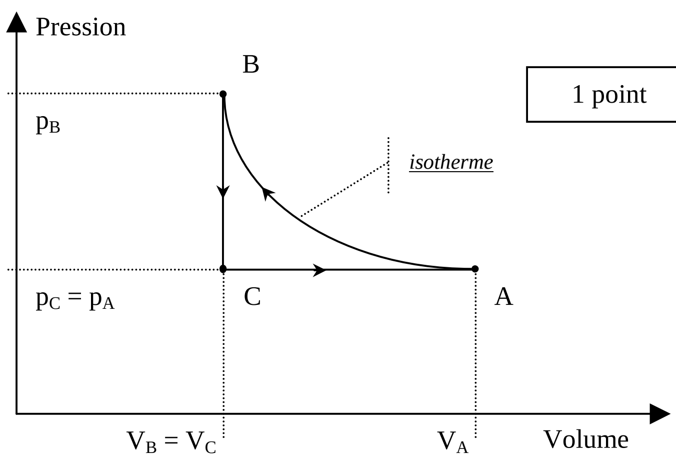
1. Déterminer les pressions, volumes et températures aux points A, B et C en unités S.I.
2. Compléter le diagramme de Clapeyron (mettre les points A, B et C et indiquer les sens des transformations).
3. Calculer, en Joules, les travaux échangées au cours de chaque transformation.
4. En déduire le travail total échangé et commenter son signe.

Résultats question 1

	Pression	**Volume**	**Température**
A	$P_A = 0{,}5.10^5$ Pa	$V_A = 0{,}1664\ m^3$	T_A = 1000 K
B	$P_B = 2.10^5$ Pa	$V_B = 0{,}0416\ m^3$	T_B = 1000 K
C	$P_C = 0{,}5.10^5$ Pa	$V_C = 0{,}0416\ m^3$	T_C = 250 K

2 points

Diagramme de Clapeyron



1 point

Calcul des travaux échangés

$$W_{AB} = \int_A^B -p_{ext}dV = \underset{\text{quasi-statique}}{\int_A^B -pdV} = \int_A^B -\frac{RT}{V}dV = -RT\int_A^B \frac{dV}{V} = -RT(\ln V_B - \ln V_A) = RT\ln\left(\frac{V_A}{V_B}\right) = RT\ln 4$$

1 point

$$W_{AB} = RT\ln 4 = 8{,}32\times 1000\times \ln 4 = 11534 \text{ J}$$

$$W_{BC} = \int_B^C -p_{ext}dV = 0 \text{ J} \quad (\text{isochore} \rightarrow dV = 0)$$

1 point

$$W_{CA} = \int_C^A -p_{ext}dV = \underset{\text{isobare}}{-p_{ext}\int_C^A dV} = -p_{ext}(V_A - V_C) = p_{ext}(V_C - V_A)$$

1 point

$$W_{CA} = p_{ext}(V_C - V_A) = 0{,}5.10^5(0{,}0416 - 0{,}1664) = -6240 \text{ J}$$

Travail total échangé

$W_T = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = 11564 + 0 - 6240 = 5324$ J

0,5 point

Commentaire

Le travail total est positif.

Nous pouvions nous en douter à la vue du cycle parcouru dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (la transformation la plus haute du cycle étant une compression).

Le système doit recevoir au cours de ce cycle un travail total positif égal à l'aire du cycle.

0,5 point

Ce cycle n'est donc pas moteur (puisqu'il reçoit du travail).