

TD n°21 : Deuxième Principe et changements d'état du corps pur

NB : voir dans le chapitre 19 pour les expressions de ΔS (non au programme) pour un GP et une phase condensée.

Exercice 1 : Contact entre deux solides

On met en contact thermique deux solides (de même capacité thermique C). À l'état initial, un des solides est à la température T_1 , l'autre à la température T_2 ($< T_1$). Le système, constitué par la réunion des deux solides, est supposé isolé.

1. Calculer la température finale (équilibre thermique).
2. Calculer la variation d'entropie du système. Commenter son signe.

Exercice 2 : Quelques transformations

On considère n moles d'un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1.4$) occupant un volume V_1 sous la pression P_1 .

On lui fait subir une compression qui l'amène à un volume V_2 . Déterminez les expressions de W , Q et ΔU puis de S_e , S_c et ΔS dans les deux cas suivants :

1. La transformation est mécaniquement réversible et adiabatique.
2. La transformation est réversible et isotherme.
3. La transformation est adiabatique et monobare ($P_{\text{ext}} = P_2$).

Exercice 3 : Verre d'eau.

Un verre d'eau de volume $V = 20,0$ ml est initialement à la température $T_i = 7,0$ °C dans un réfrigérateur. Il est placé ensuite dans une pièce dans laquelle la température est $T_{\text{ext}} = 18,0$ °C.

1. Quelle est la température finale T_f à l'équilibre thermique ?
2. Calculer la variation d'entropie de l'eau.
3. Calculer l'entropie échangée lors de la transformation.
4. En déduire l'entropie créée.

Données :

$$c_{\text{Eau}} = 4\,185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$$

Exercice 4 : Cycle de Carnot

< ! > Le cycle de Carnot est fondamental pour l'étude des machines thermiques, chapitre majeur de la thermo.

Le cycle de Carnot est défini par le cycle ABCD suivant :

AB : compression isotherme réversible à la température T_1 .

BC : compression adiabatique réversible.

CD : détente isotherme réversible à la température T_2 ($> T_1$).

DA : détente adiabatique réversible.

On considère que ce cycle est parcouru par un gaz parfait.

1. Représenter ce cycle en coordonnées de Clapeyron, puis dans un diagramme entropique. Commenter.
2. On appelle rendement du cycle, le rapport entre le travail total fourni par le gaz à l'extérieur au cours d'un cycle (énergie utile) et le transfert thermique reçu par le gaz en provenance de la source chaude à la température T_2 (énergie coûteuse). Calculer ce rendement.
3. Que se passe-t-il si le gaz n'est pas parfait?

Exercice 5 : Vaporisation de l'éther

On envisage la vaporisation de 7,4 g d'éther à 34,5 °C sous une pression de 1,013 bar. Calculer la variation d'enthalpie et la variation d'entropie lors de cette évolution. On assimile l'éther gazeux à un gaz parfait et on néglige le volume massique du liquide devant celui de la vapeur.

Données :

- enthalpie molaire de vaporisation de l'éther à 34,5 °C : $\Delta_{\text{vap}}H = 29,0 \text{ kJ.mol}^{-1}$;
- masse molaire de l'éther $M = 74 \text{ g.mol}^{-1}$

Exercice 6 : Surfusion de l'eau

On place un récipient contenant 10 mL d'eau à l'extérieur, un jour où la température est -5°C. L'eau, initialement liquide, atteint la température de -5 °C tout en restant à l'état liquide. Spontanément, la totalité de l'eau se transforme alors en glace à -5 °C . Calculer la création d'entropie.

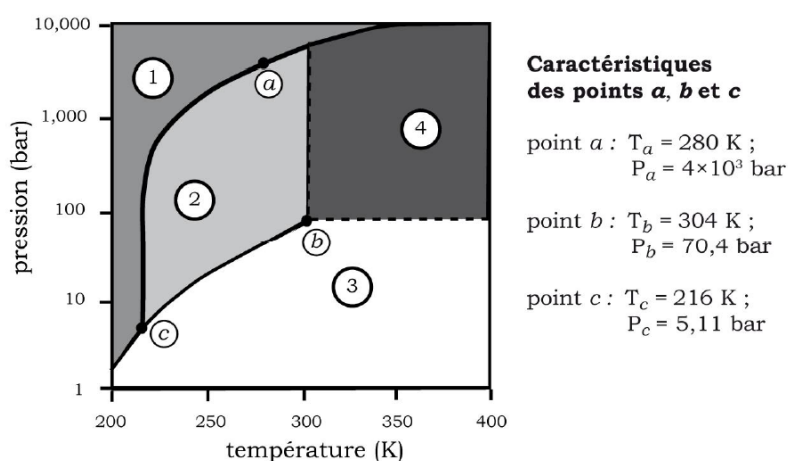
Données :

- Enthalpie massique de fusion de l'eau à 0 °C : $\Delta_{\text{fus}}H = 333 \text{ J.g}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_e = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- Capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,10 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

Exercice 7 : Stockage du dioxyde de carbone au fond des océans.

Les activités humaines ont accru sensiblement le taux de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. De nombreuses options sont envisagées afin d'en limiter les rejets dans l'atmosphère. Une proposition (un brin utopiste) consiste à former des blocs de CO_2 solide (glace carbonique) à l'aide d'installations frigorifiques puis de les laisser tomber dans des fosses marines.

On propose le diagramme de phases du CO_2 (échelle linéaire en température et **logarithmique** en pression) :



1. Donner le nom de l'état physique dans chacune des quatre zones 1, 2, 3 et 4.
2. Donner les noms des points b et c et préciser leur particularité.
3. Un morceau de dioxyde de carbone solide est laissé sur une paillasse dans un laboratoire. Ce solide est-il stable ou au contraire observe-t-on un changement d'état (préciser alors son nom)?
4. Quelle doit être la pression minimale de l'eau pour que le CO_2 reste solide dans son emplacement de stockage c'est-à-dire au fond de l'océan ?

5. Quelle doit être la profondeur minimale de la fosse marine pour que le bloc de CO₂ solide soit dans un état stable ? Commenter le résultat.

Données : masse volumique de l'océan $\rho_0 = 1,03.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$; température de l'océan : $T_0 = 280 \text{ K}$; l'océan est un fluide homogène au repos, de température constante, incompressible et indilatable. Pression à la surface de l'océan : $P^0 = 1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Masse volumique du CO₂ solide : $\rho = 1,50.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$;

Résolution de problèmes : Physique du quotidien

1. Évaluer la diminution de température lorsque l'on met des glaçons dans son verre d'eau.
2. Évaluer le temps nécessaire pour amener de l'eau à ébullition dans votre bouilloire. Si la sécurité de votre bouilloire est défectueuse et que vous ne surveillez pas ce qui se passe, l'eau va complètement se vaporiser. Au bout de combien de temps la bouilloire va-t-elle être complètement vide ?

Indications :

1. Il s'agit ici de « Physique à la louche » (en ordres de grandeur). Il faut évaluer la masse des glaçons, la masse d'eau dans un verre, la température d'un glaçon sortant du congélateur, la température initiale de l'eau, etc. puis chercher la capacité thermique de la glace, de l'eau liquide et la chaleur latente de fusion de la glace.

On fait l'hypothèse que l'on a, comme en calorimétrie, affaire à une transformation du genre monobare, qui mène à des bilans enthalpiques.

Ne pas oublier que le glaçon commence par se réchauffer de sa t° initiale à 0°C, ensuite il fond, puis se réchauffe jusqu'à T_f . On aboutit à une équation linéaire en T_f , donc simple, mais un peu longue à écrire...

2. Évaluer la puissance d'une bouilloire (c'est marqué sous la bouilloire, en général), la masse d'eau qui la remplit puis chercher la capacité thermique (par exemple dans ce td) de l'eau liquide et la chaleur latente de vaporisation..