

? À rendre jeudi 19 mars 2026

Devoir Maison n°14 — Thermodynamique

Travail à faire :

- Traiter les questions d'analyse du corrigé du DS n°8.
- Traiter l'exercice n°1.
- Au choix : exercice n°2 (« facile ») ou exercice n°3 (« plus difficile »).

Partie A Analyse du corrigé du DS

À faire avant le reste du DM.

Exercice n°2 Gaz parfait

1. {(1) : Q6/Q7; (2) : Q4/Q5} Quelle est la différence entre « donner la définition de l'énergie interne et de l'enthalpie » et « exprimer la variation de l'énergie interne et de l'enthalpie d'un gaz parfait » ?
2. {(1) : Q8; (2) : Q6} Que signifie « transformation mécaniquement réversible » ? Comment sont P_{ext} et $P_{\text{système}}$? Sont-elles constantes ? Une telle transformation est-elle nécessairement isobare ?
3. {(1) : Q13; (2) : Q11} Pourquoi « la transformation est effectuée très lentement » ne suffit pas à justifier qu'elle est isotherme ? Quelle hypothèse de plus faut-il ?
4. {(1) : Q14; (2) : Q11} Pourquoi répondre $P_2 = P_1 + \frac{Mg}{S}$ ne répond pas à la question ? P et V sont-elles toujours inversement proportionnels ?
5. {(1) : Q15; (2) : Q13} Comment calculer le travail des forces de pression au cours d'une transformation isotherme ? quels sont les éléments de justification qui doivent apparaître ?
6. Dans le premier principe, par rapport à qui sont définis les travaux et transferts thermiques algébriques ? Que cela signifie-t-il s'ils sont positifs ? négatifs ?
7. {(1) : Q19; (2) : Q17} Comment calculer le travail des forces de pression au cours d'une transformation monobare ?
8. {(1) : Q20; (2) : Q18} Quelle est la différence entre cette question et le début de la question suivante ? Que permet le premier principe (= que relie-t-il ensemble) ?

Exercice n°3 Autour de l'eau

1. Partie I : comment est le volume massique au cours des transformations décrites ? Pourquoi faut-il le justifier ?

Obtention d'un thé buvable

2. Quel système étudie-t-on ici ? Pourquoi est-il important de le préciser clairement ?
3. Quelle propriété de l'énergie interne est exploitée ici ? Les deux sous-systèmes d'eau liquide sont-ils de même volume ? et donc de même masse ? Qu'est-il judicieux d'introduire pour résoudre l'exercice ?
4. Pourquoi n'était-il pas utile d'avoir la valeur de V pour résoudre l'exercice ?

Partie B Exercices du DM

Données

- Capacité massique de l'eau liquide : $c_\ell = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Capacité massique de l'eau solide : $c_s = 2,09 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Enthalpie massique de fusion de l'eau à $T_0 = 0^\circ\text{C}$ et sous 1 bar : $\Delta_{\text{fus}}h(T_0) = 335 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Exercice n°1 Transformation lente ou brutale 🎵

On considère un gaz parfait monoatomique de n moles enfermé dans un volume $V_0 = 20 \text{ cL}$, en équilibre avec l'extérieur de température $T_0 = 20^\circ\text{C}$ et de pression $p_0 = 1,0 \text{ bar}$. Les parois sont diathermanes.

Au-dessus de ce volume on peut déposer différentes masses afin de faire baisser un piston (imperméable, de masse négligeable et sans frottements).

On se propose d'étudier l'effet des différentes transformations possibles sur les paramètres finaux V_1, T_1 et p_1 (équilibre) ainsi que sur les énergies échangées.

- Transformation 1 : On fait couler lentement des grains de sable sur le piston, jusqu'à avoir déposé une masse m . Cette transformation laisse le temps au système de rester en permanence à l'équilibre thermodynamique.
- Transformation 2 : On pose une masse m instantanément sur le piston, et on laisse le système évoluer vers l'équilibre avec l'extérieur.

Notation : Pour simplifier l'écriture des résultats, on pose $x = \frac{p_1}{p_0}$

Q1. Associer à chaque transformation un ou plusieurs adjectif.s du cours.

Q2. Exprimer $\frac{V_1}{V_0}$ en fonction de x .

Q3. Exprimer le travail reçu par le piston dans chacun des cas décrits en fonction notamment de x .

Dans quelle transformation, le gaz reçoit-il le plus de travail ?

Q4. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU dans chacune des transformations.

Q5. En déduire dans quelle situation le gaz rejette le plus de transfert thermique*.

Exercice n°2 Fabrication d'un glaçon 🎵

Vous remplissez les bacs à glaçon d'une masse $m = 10 \text{ g}$ d'eau liquide, initialement à $T_i = 20^\circ\text{C}$, et vous le placez dans le congélateur de température $T_c = -18^\circ\text{C}$.

Q1. Qualifiez la transformation :

- Est-elle isochore ? Pourquoi ?
- Est-elle monotherme ? Pourquoi ?
- Est-elle isotherme ? Pourquoi ?
- Est-elle monobare ? Pourquoi ?
- Est-elle adiabatique ? Pourquoi ?

Q2. Que peut-on dire sur l'état d'équilibre final du système ?

Q3. Quelle version du premier principe est-il pertinent d'utiliser ici ?

Q4. Définir le chemin fictif permettant d'exprimer la variation de l'enthalpie du système.

Exprimer la variation de l'enthalpie

Q5. Par application du premier principe, déterminer le transfert thermique reçu par le système au cours de la transformation. Faire l'application numérique. Commenter le signe.

*. Pour cela, on exprimera le transfert thermique reçu pour les deux transformations. Puis on comparera leurs expressions. Pour cela, on se rappellera que $\forall x > 0 \ln(x) \leq x - 1$

Exercice n°3 Surfusion de l'eau 🎵 🎵

La surfusion est un phénomène souvent observé :

- pluies verglaçantes : de la pluie (c'est-à-dire de l'eau liquide) à une température inférieure à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se solidifie au moment où elle touche le sol ;
- sur votre pare-brise de l'eau liquide s'est déposée (à une température inférieure à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$), vous mettez en marche vos essuies-glaces et l'eau se solidifie instantanément ;
- Expérience que vous pouvez faire chez vous dans un congélateur : <https://www.youtube.com/watch?v=LiPvvPJpULE>
- c'est un problème important dans l'aviation.

À chaque fois, l'eau est liquide à une température où elle devrait être solide : c'est un état métastable de surfusion. Une perturbation la fait passer instantanément à l'état stable : l'état solide.

Une masse $m = 20,0\text{ g}$ d'eau liquide très pure a été refroidie très lentement à la température $T_1 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cet état dans lequel l'eau est encore à l'état liquide malgré une température inférieure à $T_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ est qualifiée de métastable : la moindre perturbation (choc, introduction d'une poussière ...) conduit à une solidification très rapide du liquide. On se propose ici d'étudier ce phénomène. On supposera que toutes les transformations ont lieu à la pression atmosphérique $P = 1,01\text{ bar}$.

Q1. Pourquoi peut-on supposer la solidification comme étant adiabatique ici ?

Q2. Quelle version du premier principe est-il pertinent d'utiliser ?

Compte tenu de la nature de la transformation, en déduire la valeur de ΔH .

Q3. Exprimer la masse de glace m_g obtenue.

Faire l'application numérique.