

? Pour le jeudi 5 mars 2026 Devoir Maison n°13 – Thermodynamique

⚠ Remarque – Le travail des DM

- Le cours doit être ouvert sous les yeux, et la rédaction identique à celle du cours.
- Si vous rencontrez des difficultés, posez-moi des questions, y compris le soir, le week-end.

Travail à faire :

- 🎵 si vous êtes en difficulté, ou avez un retard important dans le travail du cours : exercice n°2.
- 🎵 🎵 si vous n'êtes pas en difficulté, : exercices n°1 (Q1, Q2, Q3), n°2.
- 🎵 🎵 🎵 si vous êtes à l'aise : exercices n°1, et n°3.

Exercice n°1 Looping en balançoire

⚠ Remarque – Comment aborder cet exercice ?

1. À quel chapitre est lié cet exercice ?
2. Quel(s) exercice(s) déjà traité(s) ressemblent aux questions posées ?
3. Ouvrir le chapitre et le TD correspondant.

Le petit Léon, bientôt 4 ans, est mis en mouvement sur sa balançoire par sa grande cousine, Louise. Comme tout enfant, il rêve de faire le tour complet de la balançoire. L'objectif de cet exercice est de déterminer si cela est possible ou pas. Il ne répondra pas à la question de savoir si les parents sont d'accord ou non avec cela...

La balançoire est assimilée à un pendule simple de longueur L . Les frottements fluides et solides seront négligés.

À $t = 0$, Louise écarte la balançoire d'un angle θ_0 depuis la position d'équilibre et communique une vitesse de norme v_0 à Léon.

- Q1. Par une étude énergétique, exprimer la vitesse au carré v^2 en fonction de v_0 , g , L , θ_0 .
- Q2. En déduire l'inégalité que doit vérifier v_0 pour que la vitesse de Léon ne s'annule jamais lors d'un tour complet, en fonction de g , L , θ_0 .
- Q3. Quel serait le mouvement ultérieur de Léon si la vitesse s'annulait au cours du tour ? *Seule une réponse qualitative est attendue.*

Pour que le tour complet soit possible, la corde doit rester tendue à chaque instant.

- Q4. Que se passerait-il après si la corde venait à se détendre à un instant donné ?
- Q5. Établir une deuxième condition sur v_0 pour que ce soit le cas. L'inégalité sera à exprimer en fonction des seules données de l'énoncé : g , L , θ_0 .
- Q6. En considérant que Louise, n'étant pas très grande (elle n'a que 8 ans 1/2!), ne peut pas éloigner, initialement, Léon, d'un angle très important, et que $L \approx 2$ m, déterminer la vitesse initiale qu'elle doit lui communiquer pour lui faire faire un tour complet. Commenter.
- Q7. En pratique, que fait-elle pour augmenter l'amplitude du mouvement ? Quel phénomène est mis en jeu ?

Exercice n°2 Chauffe-eau

⚠ Remarque – Comment aborder cet exercice ?

1. À quel chapitre est lié cet exercice ?
2. Dans quelle partie du chapitre vont se trouver la plupart des réponses ?
3. Ouvrir le chapitre et le TD correspondant pour les avoir sous vos yeux pendant la recherche.

On souhaite stocker une masse m d'eau dans un ballon d'eau chaude modélisé par une cuve fermée, indéformable et de volume $V_0 = 200$ L.

Suite à un échauffement accidentel, l'eau normalement maintenue à la température $T_i = 60$ °C passe à la température $T_f = 500$ °C.

Données :

— Équation d'état de l'eau liquide et à l'état fluide supercritique dans le domaine étudié :

$$\ln\left(\frac{V}{V_0}\right) = \alpha(T - T_0) - \chi_T(P - P_0)$$

avec $\alpha = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$; $\chi_T = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$; $P_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $T_0 = 293 \text{ K}$

— Masse molaire de l'eau : $M = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Q1. Placer sur le diagramme de Clapeyron fourni (**document réponse à rendre**) les différentes phases. Identifier la courbe d'ébullition et de rosée.

Commenter l'allure des isothermes dans la zone gazeuse, dans la zone liquide, dans la zone d'équilibre diphasé et leurs positions relatives (comment se placent-elles selon la température?).

Q2. Rappeler le théorème des moments.

Lorsque le ballon est rempli, il contient une masse $m_1 = 100 \text{ kg}$ d'eau.

Q3. En utilisant le diagramme de Clapeyron (P, v) fourni (en échelles logarithmiques), déterminer la composition du mélange liquide-gaz dans le ballon à la température T_i .

Q4. Sous quelle forme se trouve l'eau après l'échauffement accidentel jusqu'à la température T_f ? On commencera par indiquer sur le **document réponse** l'état final.

Déterminer la pression P_1 correspondante et commenter.

Le ballon est maintenant presque vide et contient seulement $m_2 = 400 \text{ g}$.

Q5. En utilisant le diagramme de Clapeyron (P, v) fourni (en échelles logarithmiques), déterminer la composition du mélange liquide-gaz dans le ballon à la température T_i .

Q6. Sous quelle état se trouve l'eau après l'échauffement accidentel jusqu'à la température T_f ?

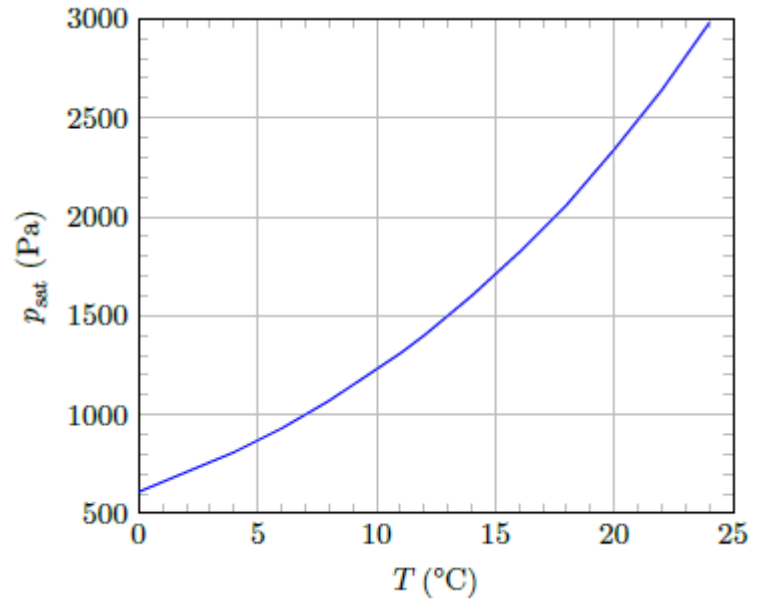
Déterminer la pression P_1 correspondante et commenter.

Q7. Conclure : comment est-il préférable de stocker l'eau ?

Exercice n°3 Air humide

L'air renferme toujours une proportion d'eau sous forme vapeur. On le qualifie d'air humide et on le caractérise par :

- son humidité absolue $x = \frac{m_v}{m_{as}}$ où m_v et m_{as} sont respectivement les masses de vapeur d'eau et d'air sec dans un volume V quelconque d'air humide ;
- son humidité relative HR (ou degré hygrométrique) à la température T : $HR = \frac{p_v(T)}{p_{sat}(T)}$, où p_v est la pression partielle en vapeur d'eau et p_{sat} la pression de vapeur saturante dont la dépendance avec la température est donnée par la figure ci-dessous.



Dans la suite, l'air humide sera étudié comme un mélange de deux gaz parfaits : l'air sec (indice as) et la vapeur d'eau (indice v). La pression totale p de l'air humide sera considérée constante et égale à $p = 1,013$ bar. On note respectivement M_{as} et M_e les masses molaires de l'air sec et de l'eau.

Q1. Montrer que $x = d \frac{p_v}{p - p_v}$, où $d = \frac{M_e}{M_{as}}$.

Q2. Calculer la valeur maximale de l'humidité absolue x_{sat} de l'air humide à la température $T_0 = 20$ °C.

On considère une chambre hermétiquement fermée de volume $V = 40$ m³ occupée par une personne qui se couche à 22 h. La température de la pièce est de 18 °C et l'humidité relative est de 50 %. La chambre n'est pas chauffée et la température au lever à 8 h le lendemain matin est de 16 °C. On trouvera en fin d'énoncé quelques exemples de sources d'eau vapeur, ainsi que leur débit de production.

Q3. Au lever, l'occupant de la chambre constate-t-il une condensation de l'eau ? La réponse doit s'appuyer sur un raisonnement quantitatif.

Le problème de la condensation peut être résolu en aérant les pièces du logement suffisamment et régulièrement. Certaines personnes sont réticentes à aérer lors des journées humides où l'air extérieur est froid et saturé en vapeur d'eau.

Considérons une pièce initialement à la température $T_i = 20$ °C et saturée en vapeur d'eau. L'air extérieur est à la température $T_a = 10$ °C et est aussi saturé en vapeur d'eau. On renouvelle entièrement l'air de la pièce avec courant d'air.

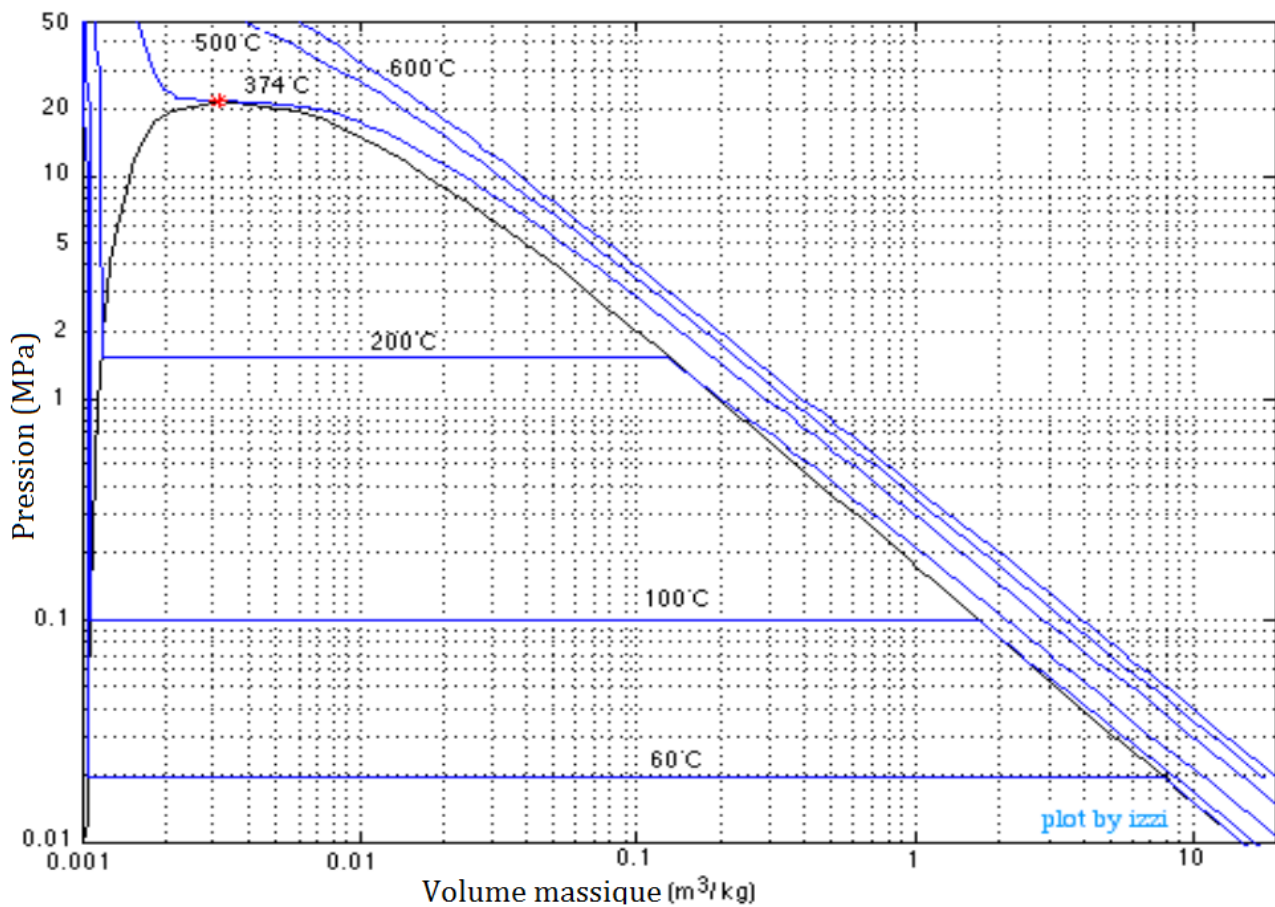
Q4. Calculer l'humidité relative de l'air de la pièce après aération une fois que l'air est revenu à la température $T_i = 20$ °C par contact avec les meubles, le plafond et les parois intérieures de la pièce. Conclure.

Données : Sources de l'humidité de l'air dans une pièce habitée (débit massique d'eau vapeur en g · h⁻¹) :

Cuisson	400 à 800	Lave-vaisselle	200 à 400
Douche	1500 à 3000	Bain	600 à 1200
Plantes	7 à 20	Être humain (selon son activité)	30 à 200

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE

NOM : _____ ; Prénom : _____



DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE

NOM : _____ ; Prénom : _____

