

? À rendre jeudi 3 avril 2025
Devoir Maison n°18 – Thermodynamique

Travail à faire :

- Pour tous : exercice n°1,
- Au choix : exercice n°2 ou n°3 :
 - Pour celles/ceux qui ne sentent pas très à l'aise : plutôt le n°2.
 - Pour les plus à l'aise : n°3.

Exercice n°1 Cycle d'un gaz parfait

On étudie un cycle de trois transformations subies par n d'un gaz parfait diatomique de coefficient isentropique $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$.

- À l'état A , le volume vaut V_A , la température T_A et la pression P_A .
- La transformation $A \rightarrow B$ est une compression isobare. Le volume est divisé par 2.
- La transformation $B \rightarrow C$ est une compression isochore, qui l'amène à une pression double de celle en B .
- La transformation $C \rightarrow A$ est une détente isotherme.

- Q1. Exprimer les capacités thermiques à volume constant et à pression constante en fonction de n , R et γ , puis en fonction de n et R uniquement.
- Q2. Représenter le cycle subi par le gaz dans le diagramme de Clapeyron (P en fonction de V).
- Q3. Exprimer P_B et P_C en fonction de P_A ; V_B et V_C en fonction de V_A et enfin T_B et T_C en fonction de T_A .
- Q4. Pour chaque transformation (traiter complètement une transformation, puis la transformation suivante...) :
- Exprimer les variations de l'énergie interne et de l'enthalpie en fonction de n , R , γ et T_A .
 - Exprimer le travail reçu par le gaz en fonction de n , R , γ et T_A . Commenter le signe.
 - En déduire le transfert thermique reçu par le gaz en fonction de n , R , γ et T_A . Commenter le signe.

Exercice n°2 Chauffe-eau

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 les différentes phases. Placer la courbe d'ébullition et de rosée. Commenter l'allure des isothermes et leurs positions relatives.

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

Q2. 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 .

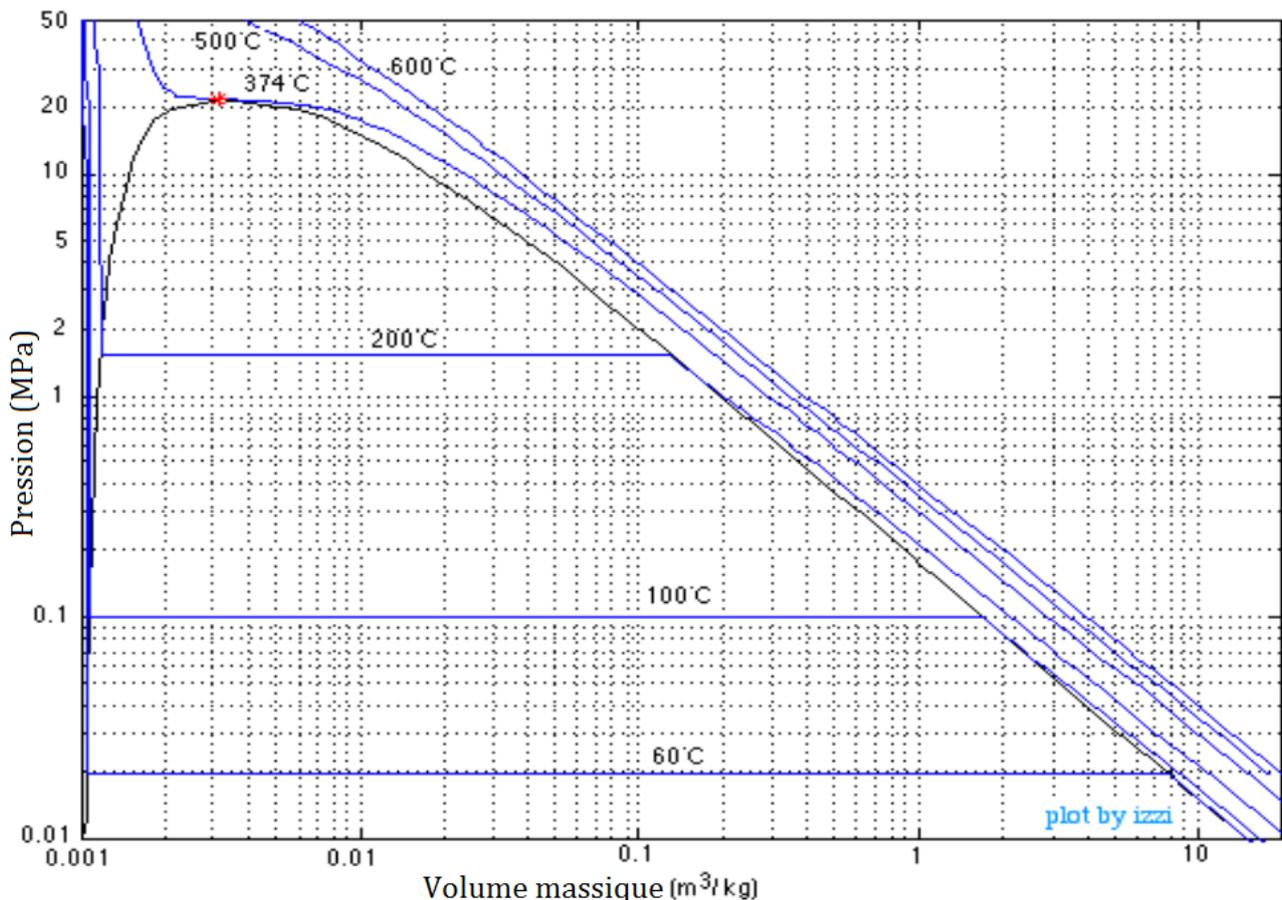
Q3. Sous quelle forme trouve-t-on l'eau après l'échauffement accidentel jusqu'à la température T_f ? Déterminer la pression P_1 correspondante et commenter.

Le ballon est maintenant presque vide et contient seulement $m_2 = 400$ g.

Q4. 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 .

Q5. Sous quelle état trouve-t-on l'eau après l'échauffement accidentel jusqu'à la température T_f ? Déterminer la pression P_1 correspondante et commenter.

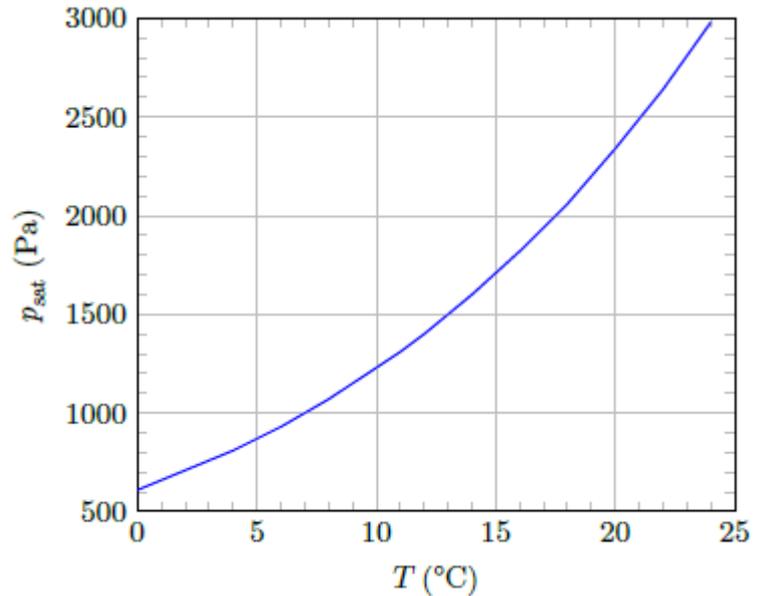
Q6. Conclure : comment est-il préférable de stocker l'eau ?



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