

BCPST 1 - Devoir Surveillé n°4 - PHYSIQUE

Mercredi 17 décembre 2025 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée. Tout résultat final doit être mis en valeur.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique, ainsi que des réponses concises mais précises.

Données : $M(O)=16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(N)=14 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $R=8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

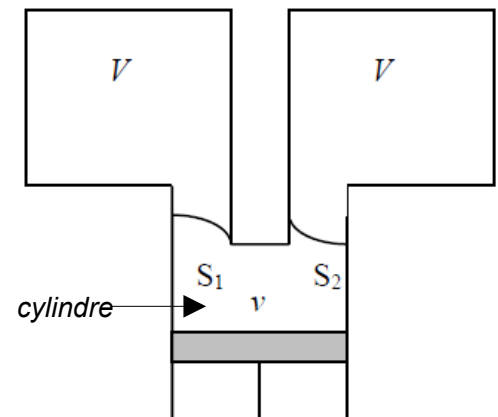
EXERCICE 1 : ÉTUDE D'UNE POMPE

(40 MINUTES)

Deux réservoirs, de même volume V , sont mis en communication par une pompe dont le cylindre a un volume maximal v . À l'instant initial, les deux réservoirs contiennent deux gaz parfaits identiques à la même pression P_0 et à la même température T_0 . Le piston est initialement en position haute, de telle sorte que le volume du cylindre est nul au début de l'expérience.

À la descente du piston, la soupape S_1 est ouverte et la soupape S_2 est fermée. À la remontée du piston, la soupape S_1 est fermée et la soupape S_2 est ouverte. On note P_n^g et P_n^d les pressions respectivement dans le réservoir de gauche et le réservoir de droite après n aller-retours du piston, depuis sa position haute initiale.

On suppose que toutes les transformations s'effectuent de manière isotherme, et que le système constitué par le gaz contenu dans les deux réservoirs et le cylindre est fermé.

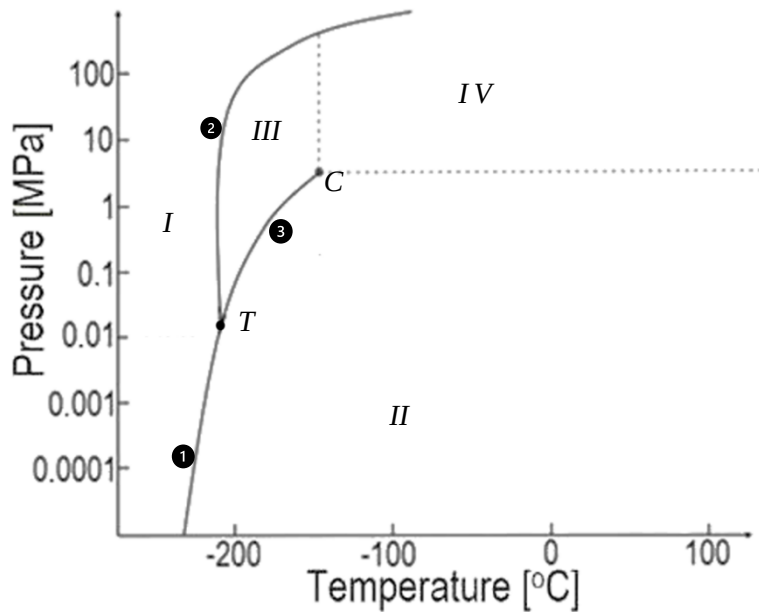


1. Donner les définitions du gaz parfait :
 - du point de vue macroscopique ? (Une seule relation et les unités sont attendues).
 - du point de vue microscopique ?
2. Dans quelle condition les gaz réels peuvent-ils être considérés comme parfaits ?
3. Calculer la masse molaire M_{air} de l'air.
4. Déterminer la masse volumique ρ_{air} de l'air à pression $P_0 = 1,0 \text{ bar}$ et à la température $T_0 = 25^\circ\text{C}$.
5. Déterminer la pression P_1^g dans le réservoir de gauche après un premier aller-retour en fonction de P_0 , V et v . De même, déterminer P_2^g après un deuxième aller-retour.
6. En déduire l'expression de P_n^g en fonction de P_0 , V et v .
7. En utilisant une loi de conservation, établir une relation entre P_n^g , P_n^d et P_0 .
8. En déduire l'expression de P_n^d en fonction de P_0 , V et v .

Le diazote (N_2) est un gaz incolore, inodore et majoritairement présent dans l'atmosphère terrestre, représentant environ 80% de l'air que nous respirons. Bien qu'il soit souvent considéré comme « inactif », ce gaz joue un rôle fondamental dans de nombreux processus naturels et industriels, de la fixation biologique de l'azote à la fabrication d'engrais. Étudier le diazote pur permet de mieux comprendre ses propriétés physiques et chimiques, ainsi que son importance dans notre environnement et dans l'industrie.

On donne ci-contre le diagramme de phases P, T du diazote.

Diagramme de phases de diazote en coordonnées (P,T)



1. Attribuer à chaque domaine (I à IV) du diagramme l'état physique du diazote qui lui correspond.
2. Nommer les courbes 1, 2 et 3.
3. Donner les noms des points T et C, et préciser l'état physique du diazote au point T.

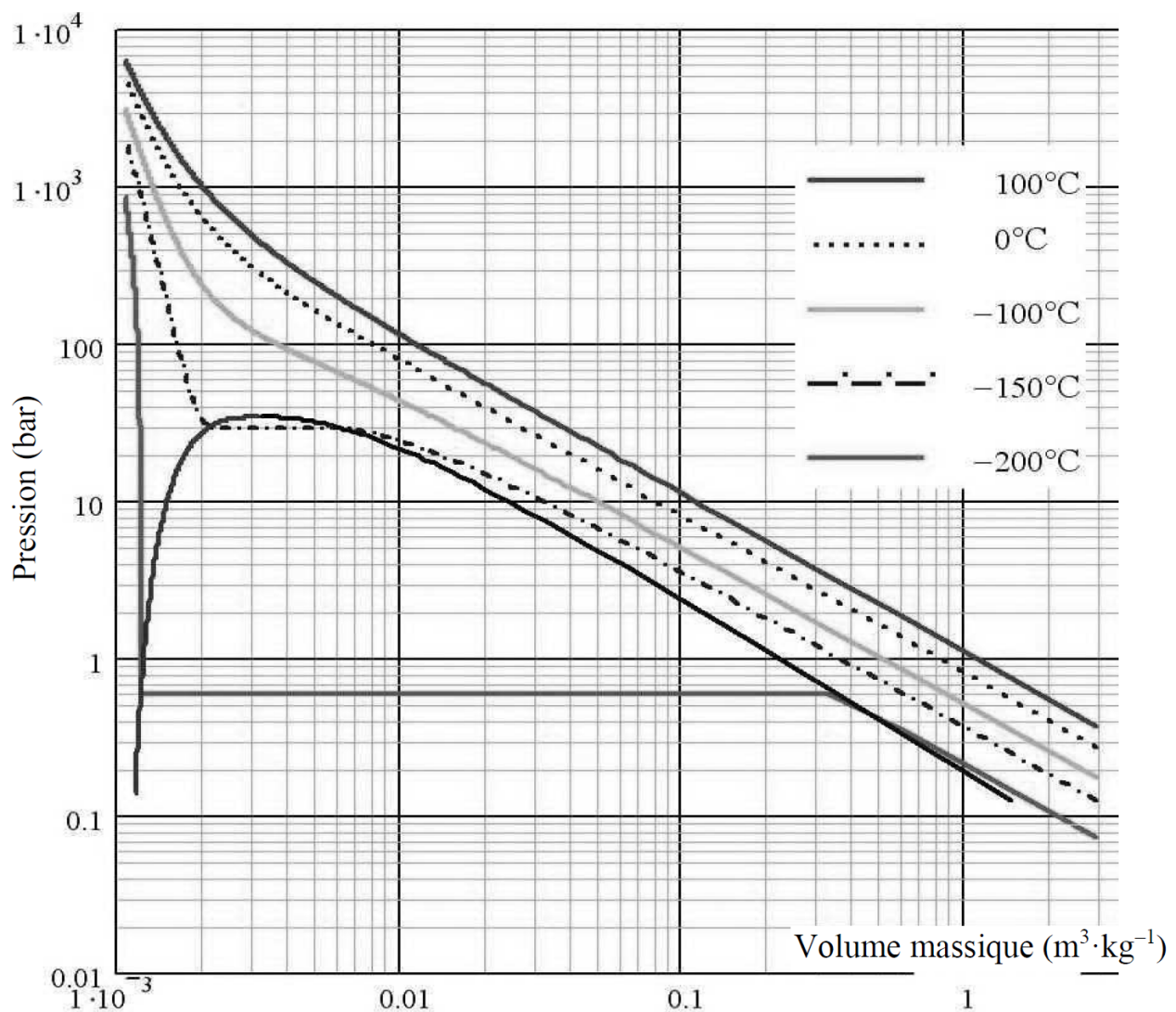
Au XXI^e siècle, le diazote est généralement obtenu par liquéfaction de l'air, suivie d'une distillation fractionnée. Le diazote liquide est utilisé pour son très fort pouvoir de refroidissement et son inertie chimique, ce qui permet la cryogénie, la conservation biologique et la surgélation industrielle.

4. En expliquant la lecture du diagramme, estimer la température de liquéfaction du diazote à pression atmosphérique.

On considère un échantillon de diazote solide à la pression atmosphérique, maintenue constante, auquel on apporte régulièrement de l'énergie thermique.

5. Tracer l'évolution de sa température en fonction du temps, sur un graphe le plus précisément légendé.

On donne ci-après le diagramme de Clapeyron (P, v) liquide/vapeur pour le diazote (N_2) : il comporte la courbe de saturation et cinq isothermes. Les échelles sur les deux axes sont logarithmiques.



6. Évaluer la pression et la température du point critique du diazote.
7. Sous quelle(s) phase(s) se trouve le diazote en équilibre à la pression $P = 1,0$ bar et à la température $T = 0$ °C ? Évaluer graphiquement son volume massique, et le comparer à celui donné par l'équation d'état du gaz parfait. Que peut-on en conclure ?

On stocke couramment, pour des applications médicales par exemple, du diazote liquide dans un type de récipient appelé *vase Dewar*. Ses parois sont suffisamment calorifugées pour que le diazote puisse s'y maintenir longtemps à une température très inférieure à la température ambiante. En revanche, un petit orifice maintient l'intérieur du récipient à la même pression que l'extérieur, soit généralement $P = 1,0$ bar .



8. Déterminer graphiquement le volume massique v_l du liquide saturant et le volume massique v_g de la vapeur saturante à $P = 1,0$ bar.
9. Une masse $m = 500$ g de diazote est stockée dans ce récipient, de volume $V = 6,0$ L . Déterminer les proportions en masse des deux phases liquide et gazeuse présentes.

La notice commerciale de ce vase Dewar indique une diminution du stock de diazote liquide de « 0,12 L par jour » dans des conditions ordinaires.

10. Quel phénomène se produit exactement ? De combien diminue ainsi la masse du récipient chaque jour de stockage ?

Fin du sujet