

BCPST 1 : Devoir Surveillé n°4 - PHYSIQUE

Mercredi 18 Décembre 2024 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique.

Tout résultat final doit être mis en valeur.

EXERCICE 1 : GONFLAGE D'UN PNEU

(~ 35 MIN)

On s'intéresse au gonflage d'un pneu de volume invariable $V_p = 40 \text{ L}$.

La masse molaire de l'oxygène est $M_{O_2} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, celle de l'azote $M_{N_2} = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On donne la constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ SI}$.

1. Calculer la masse molaire M_{air} de l'air.
2. Calculer la masse volumique ρ_{air} de l'air à une température $T = 20^\circ\text{C}$ et une pression $P = 2,0 \text{ bar}$.
3. Calculer la masse m_{air} d'air contenue dans le pneu sous une pression $P = 2,0 \text{ bar}$ à la température $T = 20^\circ\text{C}$, ainsi que la quantité de matière n_{air} d'air.
4. Déterminer les pressions partielles P_{O_2} et P_{N_2} , respectivement de dioxygène et de diazote sous une pression $P = 2,0 \text{ bar}$ à la température $T = 20^\circ\text{C}$.
5. Après avoir roulé, la température du pneu s'est élevée de $\Delta T = 10^\circ\text{C}$. Exprimer puis calculer numériquement l'augmentation ΔP , en *mbar*, de pression du pneu.

Suite à une crevaison, on remplace le pneu par un autre semblable, de même volume $V_p = 40 \text{ L}$. A 20°C , l'air dans le pneu est initialement à la pression $P_{p,0} = 1,0 \text{ bar}$. On gonfle le pneu à l'aide d'une bouteille d'air comprimé de volume $V_B = 20,0 \text{ L}$ initialement remplie d'air sous une pression $P_{B,0} = 8,0 \text{ bar}$.

6. On gonfle le pneu avec l'air de la bouteille jusqu'à la pression $P_{p,f} = 2,0 \text{ bar}$. Déterminer la pression $P_{B,f}$ dans la bouteille d'air comprimé après gonflage à la température $T = 20^\circ\text{C}$.
7. Combien de pneus au total peut-on envisager de gonfler avec cette bouteille dans les mêmes conditions ?

Un grain de maïs est essentiellement constitué d'amidon et d'eau entourés d'une enveloppe capable de résister à une pression importante. Par chauffage, ces grains de maïs éclatent et se transforment en flocons appelés popcorns. Lors du chauffage, il y a vaporisation partielle de l'eau qu'ils contiennent. L'augmentation de la pression intérieure du grain qui en résulte conduit à son éclatement pour former le flocon.

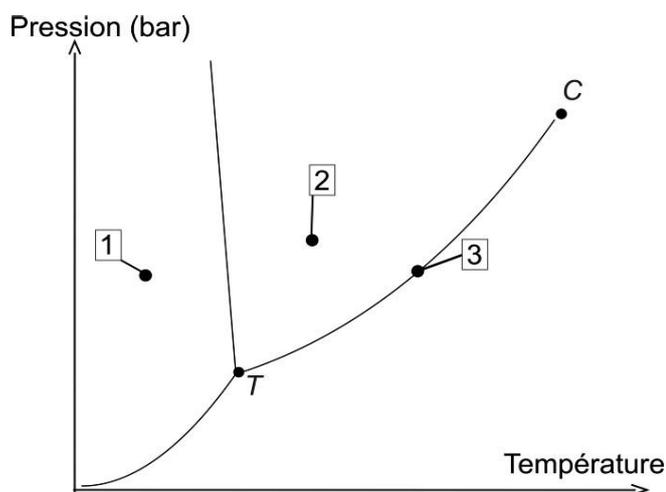


Données utiles :

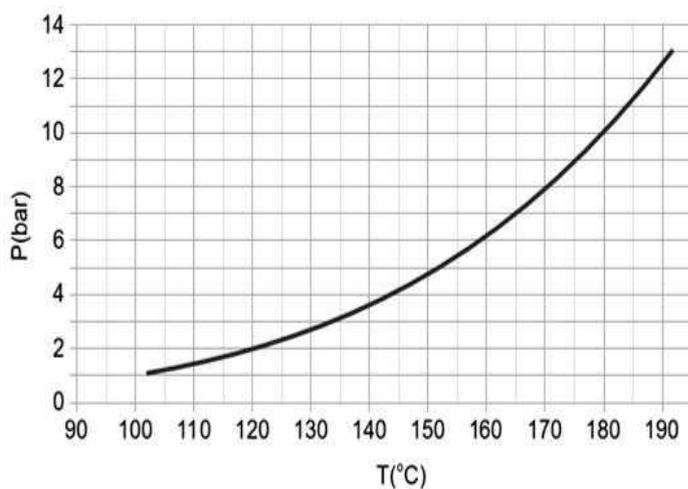
➤ Données relatives à l'eau dans la plage de températures considérées :

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

- Diagramme *Pression, Température (P,T)* de l'eau :



- Diagramme (P, T) de l'eau pour l'équilibre liquide/vapeur entre 100°C et 200°C (extrait)



➤ Autres données :

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ SI}$

- Volume d'une sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$

Partie A - Changements d'états de l'eau.

1. Indiquer les états dans lesquels se trouve l'eau pour les points du diagramme (P, T) numérotés de 1 à 3.
2. Donner les noms des points T et C , ainsi que les états de l'eau en T et au-delà de C .
3. On réalise une détente isotherme de glace à $T = -10 \text{ °C}$. Comment représenter cette transformation sur le diagramme (P,T) de l'eau ? Indiquer le nom du (ou des) changement(s) d'état se produisant.
4. Pour la détente isotherme de glace à $T = -10 \text{ °C}$, tracer, sans justification, l'allure de la courbe $P = f(t)$ en précisant la(ou les) phase(s) du système au cours de la transformation et les points caractéristiques.
5. On réalise un échauffement isobare, à $P = 7,0 \text{ bar}$, de glace depuis $T_1 = -10 \text{ °C}$ jusqu'à $T_2 = 200 \text{ °C}$. Tracer, sans justification, l'allure de la courbe d'analyse thermique $T = f(t)$ en précisant la(ou les) phase(s) du système au cours de la transformation, les points caractéristiques et le nom du (ou des) changement(s) d'état se produisant.
6. A une température $T_3 = 120 \text{ °C}$, on introduit une masse $m_{\text{eau}} = 5,00 \text{ g}$ d'eau dans un réservoir indéformable de volume $V = 60,0 \text{ L}$. A l'aide du diagramme (P,T) de l'eau et d'un calcul, déterminer l'état physique de l'eau dans le réservoir.

Partie B – Formation du popcorn

Des grains de popcorn sont placés dans un four dont la température peut varier. Des mesures ont permis d'établir le pourcentage (%) de grains de maïs transformés en popcorn (« popped popcorn ») en fonction de leur température. Le graphe représenté Figure 1 donne le % de grains de popcorn formés en fonction de leur température.

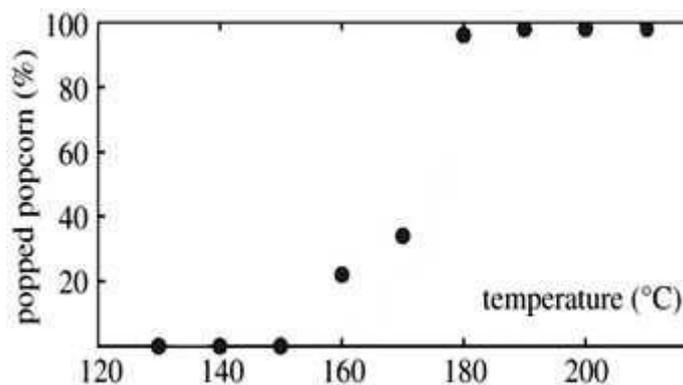


Figure 1 - Source : <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/>

7. Montrer, en utilisant le graphe de la Figure 1 et le diagramme (P,T) de l'eau, que la valeur de la pression maximale supportable par l'enveloppe du grain de maïs est $p_m = 10 \text{ bars}$.

On assimile la vapeur d'eau à un gaz parfait.

8. Déterminer la dimension de la constante R des gaz parfaits en utilisant les symboles M , L , T , N et θ pour l'analyse dimensionnelle.
9. En déduire l'unité de R exprimée avec les unités de base du système international. Rappeler puis justifier alors l'unité usuellement utilisée pour cette grandeur.

On assimile le grain de maïs à une sphère de rayon r_m . Le graphique de la Figure 2 donne la répartition en % (« occurrence ») du rayon des grains de maïs avant et après éclatement (« popping »).

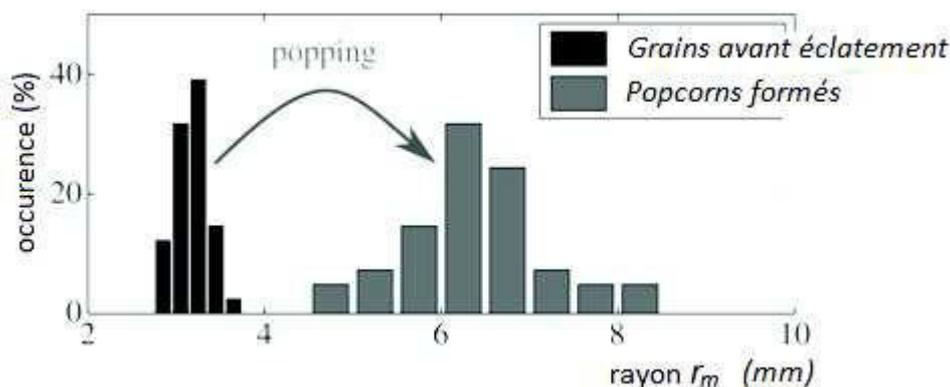


Figure 2 : Répartition du rayon des grains de maïs avant et après éclatement (« popping »)

10. En modélisant le grain de maïs au moment de l'éclatement par une sphère de rayon r_m ne contenant que de l'eau à l'équilibre liquide/vapeur, déterminer la masse m_{vg} d'eau se trouvant à l'état vapeur dans ce grain au moment de l'éclatement, à 180 °C .

Aide : Une détermination préalable de l'ordre de grandeur de la valeur du rayon r_m est nécessaire sur la Figure 2. De plus, on négligera le volume de la phase condensée devant celui de la phase gazeuse.

11. Il a été déterminé que seul 1 mg d'eau (sur les 20 mg contenus dans un grain) est présent sous forme vapeur au moment de l'éclatement. Indiquer, en justifiant, si la valeur de m_{vg} obtenue à la question précédente est cohérente avec cette donnée.