Terminale Spécialité F - Physique-Chimie
Devoir en classe n°1 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : BILAN THERMIQUE D'UNE SALLE DE CLASSE – 14 points

1. Bilan thermique de la salle de classe

RÉA **1.1.** Surfaces du sol et du plafond : $S_{\text{sol}} = S_{\text{plafond}} = \ell \times L = 10 \times 15 = 150 \text{ m}^2$.

On sait que le flux perdu par l'air est donné par $\Phi = \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th}}$.

On en déduit $\Phi_1 = \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{sol}}} + \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{plafond}}} = \dfrac{5,0 - 20}{1,0 \cdot 10^{-2}} + \dfrac{5,0 - 20}{2,3 \cdot 10^{-2}} = -2,2 \cdot 10^3 \text{ W}$

RÉA **1.2.** Surface du mur extérieur : $S_e = L \times h - 3 \times S_f - S_p = 15 \times 2,80 - 3 \times 1,5 - 2,0 = 36 \text{ m}^2$

$\Phi_2 = \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{mur extérieur}}} = \dfrac{5,0 - 20}{5,6 \cdot 10^{-2}} = -2,7 \cdot 10^2 \text{ W}$

ANA RÉA **1.3.** Parmi les 5 fenêtres et les 3 portes, seules les 3 fenêtres et la porte du mur extérieur échangent de l'énergie thermique avec le milieu extérieur.

Flux thermique à travers ces surfaces :

$\Phi_3 = 3 \times \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{fenêtre}}} + \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{porte}}} = 3 \times \dfrac{5,0 - 20}{2,2 \cdot 10^{-3}} + \dfrac{5,0 - 20}{5,0 \cdot 10^{-1}} = -2,0 \cdot 10^4 \text{ W}$

RÉA **1.4.** Flux thermique perdu par l'air de la salle :

$\Phi_t = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = -2,2 \cdot 10^3 - 2,7 \cdot 10^2 - 2,0 \cdot 10^4 = -2,2 \cdot 10^4 \text{ W} = -22 \text{ kW}$

ANA **1.5.** On constate que la plus forte contribution à ces pertes thermique provient des fenêtres (et de la porte dans une moindre mesure). Cela est dû à la faible résistance thermique des fenêtres en simple vitrage qui laissent passer beaucoup de chaleur vers l'extérieur.

ANA RÉA **1.6.** Pour que la température de la salle demeure constante, il faut que les 22 kW perdus par conduction thermique vers l'extérieur soient compensés par l'apport de puissance thermique des 9 radiateurs. L'air de la salle doit donc recevoir, de la part de ces 9 radiateurs, une puissance thermique de 22 kW d'où $9 \times P_1 = |\Phi_t|$. La puissance thermique de chaque radiateur doit donc valoir $P_1 = \dfrac{|\Phi_t|}{9} = \dfrac{22}{9} = 2,4 \text{ kW}$.

2. Quelles fenêtres pour la salle de classe ?

RÉA VAL **2.1.** Résistance thermique d'une fenêtre simple vitrage :

$R_{th,\text{simple}} = \dfrac{e}{\lambda_v \times S_f} = \dfrac{4,0 \cdot 10^{-3}}{1,2 \times 1,5} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$ On retrouve bien la valeur du tableau.

Résistance thermique d'une fenêtre triple vitrage :

$R_{th,\text{triple}} = 3 \times \dfrac{e}{\lambda_v \times S_f} + 2 \times \dfrac{e'}{\lambda_a \times S_f} = 3 \times \dfrac{4,0 \cdot 10^{-3}}{1,2 \times 1,5} + 2 \times \dfrac{16 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-2} \times 1,5} = 8,6 \cdot 10^{-1} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

RÉA VAL **2.2.** Flux thermique par conduction pour le simple vitrage : $\Phi_{sv} = \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{simple}}} = \dfrac{5,0 - 20}{2,2 \cdot 10^{-3}} = -6,8 \cdot 10^3 \text{ W}$

Flux thermique par conduction pour le simple vitrage : $\Phi_{tv} = \dfrac{\theta_e - \theta_i}{R_{th,\text{triple}}} = \dfrac{5,0 - 20}{8,6 \cdot 10^{-1}} = -17 \text{ W}$

On constate que le flux thermique à travers le triple vitrage est extrêmement faible par rapport au simple vitrage. Le triple vitrage assure donc une excellente isolation thermique.

RÉA **2.3.** La puissance thermique des radiateurs économisée serait la différence entre le flux à travers le simple vitrage et le flux à travers le triple vitrage, soit

$$\Phi_{\text{économies}} = |3 \times \Phi_{sv} - 3 \times \Phi_{tv}| = \left|3 \times (-6,8 \cdot 10^3) - 3 \times (-17)\right| = 2,0 \cdot 10^4 \text{ W} = 20 \text{ kW}$$

VAL **2.4.** Avec le triple vitrage, on réduirait les pertes de 20 kW par rapport aux 22 kW de pertes subies avec le simple vitrage. Les pertes avec le triple vitrage seraient donc de l'ordre de 2 kW, pertes qui pourraient être compensées avec un seul radiateur de puissance 2,4 kW. On pourrait donc économiser 8 radiateurs en passant au triple vitrage.

Ce résultat montre une fois encore l'efficacité du triple vitrage. Toutefois, son coût est sans doute assez élevé et ce type de vitrage est lourd et nécessite donc un bâti pour la fenêtre assez solide pour le supporter, ce qui n'est pas toujours le cas en rénovation. Pour ces diverses raisons, le passage du simple au double vitrage permettrait de réduire assez significativement les pertes par conduction tout en offrant une solution qui ne serait ni trop onéreuse, ni trop complexe à mettre en œuvre.

EXERCICE II : PRESSION DES PNEUS – 6 points

On suppose dans tout l'exercice que l'air contenu dans le pneu peut être assimilé à un gaz parfait dont les variables d'état vérifient donc l'équation des gaz parfaits $P \times V = n \times R \times T$

RÉA **1.** Quantité de matière d'air dans le pneu :

$$n_{air} = \frac{P \times V}{R \times T} = \frac{(2,10+1) \cdot 10^5 \times 30 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times (20+273)} = 3,8 \text{ mol}$$

RÉA **2.** Température T' de l'air dans le pneu au moment de la mesure (n et V sont restés inchangés) :

$$T' = \frac{P' \times V}{n \times R} = \frac{(2,30+1) \cdot 10^5 \times 30 \cdot 10^{-3}}{3,8 \times 8,314} = 313 \text{ K} = 40 \text{ °C}$$

RÉA **3.** D'après le premier principe de la thermodynamique, $\Delta U = Q + W$. Ici, le système étudié est l'air dans le pneu. Le volume du système ne varie donc pas (même si le système n'est pas incompressible pour autant). Autrement dit, le système ne peut pas échanger de travail avec le milieu extérieur et on obtient $\Delta U = Q$. Par ailleurs, nous savons que $Q_{air} = m_{air} \times c_{air} \times \Delta T$.

Variation d'énergie interne de l'air dans le pneu : $\Delta U = Q_{air} = m_{air} \times c_{air} \times \Delta T = (n_{air} \times M_{air}) \times c_{air} \times \Delta T$ d'où $\Delta U = (3,8 \times 29,0 \cdot 10^{-3}) \times 1,01 \cdot 10^3 \times (40 - 20) = 2,2 \cdot 10^3 \text{ J} = 2,2 \text{ kJ}$

CON **4.** À l'échelle microscopique, cette variation d'énergie interne se traduit par une augmentation de l'énergie cinétique moyenne des molécules d'air puisque la température augmente. Ce sont essentiellement les frottements du pneu avec la route qui sont à l'origine de cette augmentation de température.

RAI **5.** Si l'on admet le modèle du gaz parfait pour décrire les gaz contenus dans le pneu, la pression conseillée par les constructeurs automobiles serait la même pour un gonflage à l'azote. En effet, dans la loi des gaz parfaits, la nature du gaz n'intervient dans aucun des termes.