Préparation à l'oral **Correction**

Problèmes ouverts (2)

BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

Exercice 1 : Harfang des neiges

inspiré oral CCINP PSI | 3 | 2

▷ *Problème ouvert.*

Comme le suggère l'énoncé, modélisons la chouette harfang par une boule de rayon $a = 15\,\mathrm{cm}$. Raisonnons sur une durée $\Delta t = 1\,\mathrm{heure} = 3600\,\mathrm{s}$.

Commençons d'abord par déterminer l'énergie libérée par le métabolisme de la chouette. Déterminons la quantité de matière de dioxygène consommée pendant cette durée, correspondant au volume $V = 1{,}4\,\mathrm{L}$. D'après l'équation d'état des gaz parfaits,

$$n_{O_2} = \frac{PV}{RT} = 7 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{mol}\,.$$

L'oxygène étant le réactif limitant de la réaction métabolique (la chouette a mangé suffisamment de lemmings pour avoir des réserves de glucose !), l'avancement maximal de la réaction est $n/6$, d'où on déduit le transfert thermique libéré par la réaction de métabolisme,

$$Q_{\text{métab}} = -\frac{n_{O_2}}{6}\,\Delta_r H^\circ\,.$$

en calculant $\Delta_r H^\circ = -2{,}8 \cdot 10^3\,\mathrm{kJ \cdot mol^{-1}}$.

En parallèle, l'oiseau perd de l'énergie par conduction thermique au travers du plumage (et convection, ce que l'on néglige ici). Le transfert thermique cédé par conduction pendant la durée Δt vaut

$$Q_{\text{cond}} = \frac{1}{R_{\text{th}}}(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})\,\Delta t\,.$$

Comme la température de l'oiseau ne varie pas, un bilan enthalpique donne

$$\Delta H \underset{\substack{\uparrow\\ \text{équilibre}}}{=} 0 \underset{\substack{\uparrow\\ \text{1er P}}}{=} Q_{\text{métab}} - Q_{\text{cond}}$$

d'où on déduit

$$\frac{4\pi\lambda\,a^2}{e}(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})\,\Delta t = -\frac{n_{O_2}}{6}\,\Delta_r H^\circ$$

et ainsi

$$\boxed{e = -\frac{24\pi\,\lambda a^2\,(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})\,\Delta t}{n_{O_2}\,\Delta_r H^\circ} = 4\,\mathrm{cm}\,.}$$

Exercice 2 : Décollement du toit d'un cabanon

inspiré oral banque PT | 3 | 2

▷ *Problème ouvert.*

On note H la hauteur du cabanon. L'écoulement de l'air est supposé homogène, permanent, parfait et incompressible, on indice 1 les grandeurs au niveau du cabanon et 0 loin de celui-ci.

Représentons figure 1 les lignes de champ de l'écoulement du vent. Raisonnons sur une longueur L dans le plan orthogonal à celui de la figure. Un tube de champ a donc une section $S_0 = L \times 3H/2$ loin de l'obstacle, seulement $S_1 = L \times H/2$ au niveau de l'obstacle.

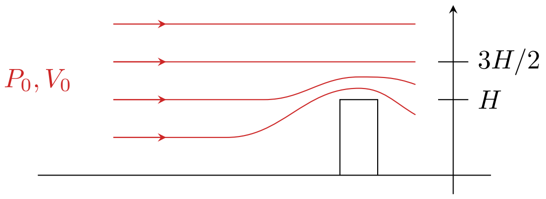

Figure 1 – Lignes de champ autour du cabanon.

La conservation du débit donne

$$V_0 \times \frac{3LH}{2} = V_1 \times \frac{LH}{2} \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{V_1 = 3V_0\,.}$$

Utilisons la relation de Bernoulli pour calculer la pression au dessus du cabanon,

$$\frac{P_0}{\rho} + \frac{{V_0}^2}{2} = \frac{P_1}{\rho} + \frac{{V_1}^2}{2} = \frac{P_1}{\rho} + \frac{9{V_0}^2}{2}$$

d'où on déduit

$$wifiplate P_1 = P_0 - 4\rho {V_0}^2\,.$$

L'air à l'intérieur du cabanon est au repos à la pression P_0. Le toit de surface S subit donc une force résultante $(P_0 - P_1)S$ verticale vers le haut car $P_1 < P_0$. Le vent peut soulever le toit de la cabane lorsque cette force de pression compense le poids, soit

$$4\rho S {V_0}^2 > mg \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{V_0 > \sqrt{\frac{mg}{4\rho S}} = 3{,}1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} = 11\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}\,.}$$

Le résultat numérique est plus que douteux et on peut clairement se poser des questions sur la validité du modèle utilisé ! En effet, ou bien le toit est juste posé mais alors le vent s'engouffre aussi sous le toit et la dépression est nettement plus faible, ou bien il est fixé et auquel cas il faut une dépression nettement plus importante pour le soulever, car il est alors nécessaire de l'arracher du toit.