# 2.4 EXERCICES ÉNERGIE THERMIQUE

## Exercice n° 2.4.o : Hypothermie

Le rapport ABC Evening News Report dans un segment d'information sur les études de recherche sur l'hypothermie à l'Université du Minnesota a affirmé que la perte de chaleur du corps est 30 fois plus rapide dans de l'eau à 10°C que dans l'air à la même température.

## QUESTIONS

**Question 1 :** Est-ce une déclaration réaliste ?

**Propriétés de l'air ($\overline{T} = (25 + 10)°C/2 = 290K$, 1 atm) :**

- $\nu = 19{,}91 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ ;
- $k = 0{,}0293 \frac{W}{m.K}$ ;
- $\alpha = 28{,}4 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$.

**Propriétés de l'eau (290 K) :**

- $k = 0{,}0598 \frac{W}{m.K}$ ;
- $\nu = \mu v_f = 1{,}081 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ ;
- $\alpha = k v_f / C_p = 1{,}431 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$ ;
- $\beta_f = 174 \times 10^{-6} K^{-1}$.

# REPONSES

**Question 1 :** Est-ce une déclaration réaliste ?

**Hypothèses :** (1) La personne peut être approximée comme un cylindre vertical de diamètre $D = 0{,}3\ m$ et de longueur $L = 1{,}8\ m$, à 25 ° C, (2) La perte provient uniquement de la surface latérale.

Dans l'eau (wa) et l'air (a), la perte de chaleur de la surface latérale du cylindre se rapprochant du corps est :

$$q = \bar{h}\pi DL(T_s - T_\infty)$$

Où $T_s$ et $T_\infty$ sont les mêmes pour les deux situations. Par conséquent,

$$\frac{q_{wa}}{q_a} = \frac{\bar{h}_{wa}}{\bar{h}_a}$$

Cylindre vertical dans l'air :

$$Ra_L = \frac{g\beta\Delta TL^3}{\nu\alpha} = \frac{9{,}8\frac{m}{s^2} \times \left(\frac{1}{290\ K}\right)(25-10)K(1{,}8\ m)^3}{19{,}91 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s} \times 28{,}4 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s}} = 5{,}228 \times 10^9$$

En prenant $C = 0{,}1$ et $n = \frac{1}{3}$,

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}_L L}{k} = CRa_L^n = 0{,}1(5{,}228 \times 10^9)^{\frac{1}{3}} = 173{,}4 \qquad \bar{h}_L = 2{,}82\frac{W}{m^2.K}$$

Cylindre vertical dans l'eau :

$$Ra_L = \frac{9{,}8\frac{m}{s^2} \times 174 \times 10^{-6}K^{-1}(25-10)K(1{,}8\ m)^3}{1{,}081 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s} \times 1{,}431 \times 10^{-7}\frac{m^2}{s}} = 9{,}643 \times 10^{11}$$

En prenant $C = 0{,}1$ et $n = \frac{1}{3}$,

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k} = CRa_L^n = 0{,}1(9{,}643 \times 10^{11})^{\frac{1}{3}} = 978{,}9 \qquad \bar{h}_L = 328\frac{W}{m^2.K}$$

Par conséquent, à partir de cette analyse, nous trouvons :

$$\frac{q_{wa}}{q_a} = \frac{328\frac{W}{m^2.K}}{2{,}8\frac{W}{m^2.K}} = 117$$

Cette valeur se compare mal à la revendication de 30.

**Commentaire :** Dans l'air, le rayonnement contribuerait de manière significative à la perte de chaleur. En supposant $\varepsilon = 1$, $h_{rad} = \sigma\varepsilon(T_s^4 + T_{sur}^4)/(T_s + T_{sur}) = 5{,}6\frac{W}{m^2.K}$. Donc, $h_{a,tot} = \bar{h}_a + h_{rad} = 8{,}4\frac{W}{m^2.K}$ et $\frac{q_{wa}}{q_a} = \frac{328}{8{,}4} = 39$. C'est beaucoup plus proche de la revendication de 30 fois