

Combinaisons, thermodynamique et isolation

Courtain Silvana - 43336
2024

Motivation

- La plongée peut être considérée comme un sport.
- L'hypothermie représente un réel danger pour les plongeurs, qualifiant ce sport d'extrême.



Figure: 1



Figure: 2

- Il existe plusieurs types de combinaisons, différentes par leurs épaisseurs et leurs matériaux.
- Découverte d'un nouveau matériau, l'Oysterprène.

Problématique

Estimer la durée de survie des plongeurs avant d'atteindre l'hypothermie pour plusieurs combinaisons, et conclure sur l'efficacité de leur différentes caractéristiques

Plan

I- Expérience

II- Modèle physique

III- Mise en équation

IV- Estimation

V- Réponse à la problématique

VI- Annexe

I- Expérience

Figure: 4-schéma de l'expérience

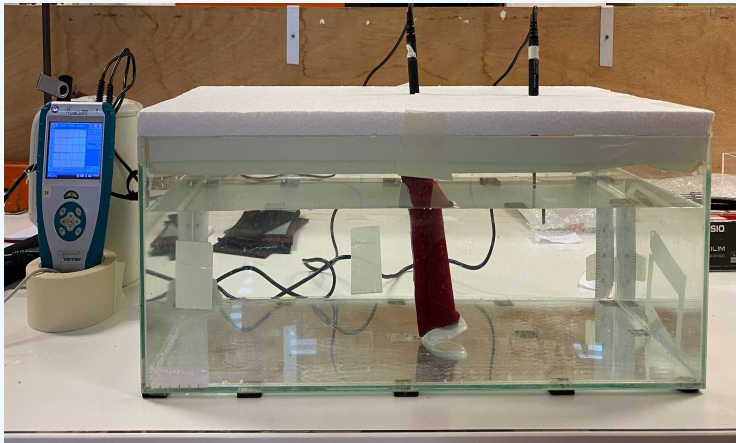


Figure: 3-photo de l'expérience

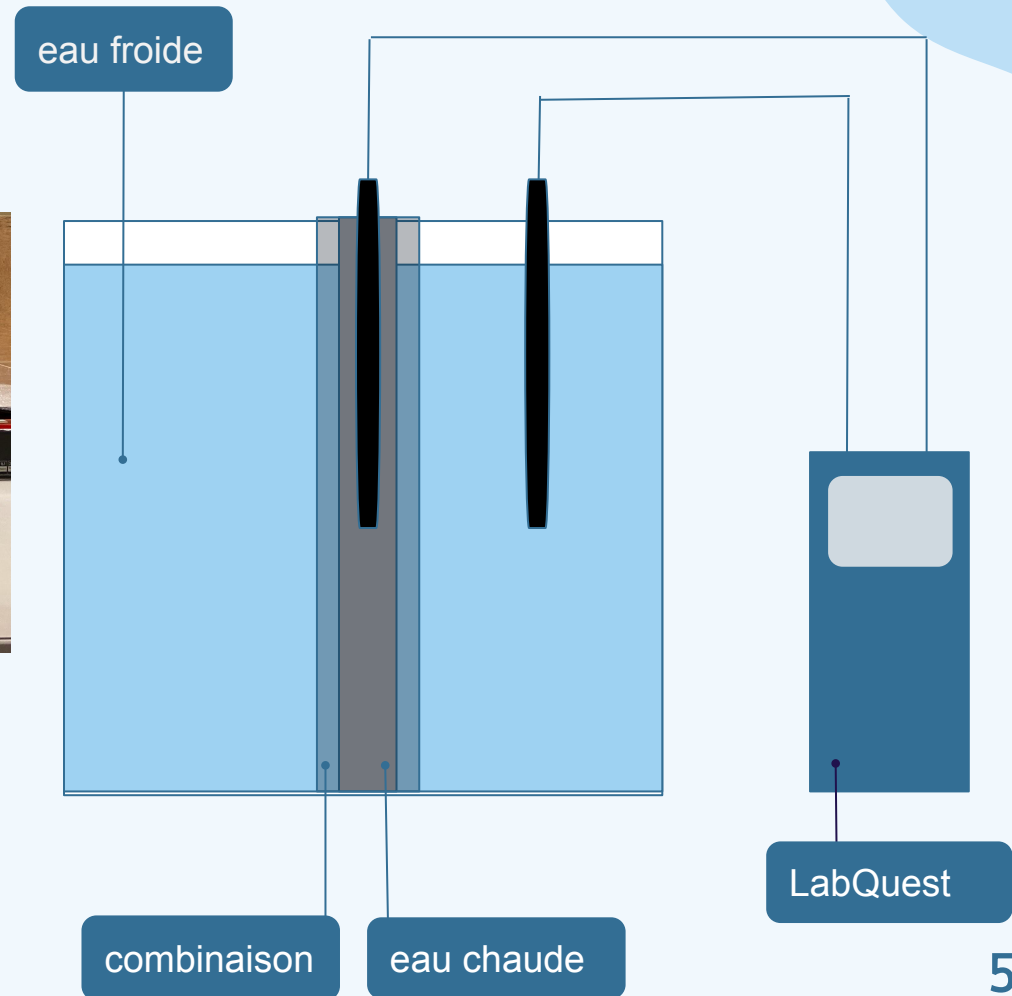
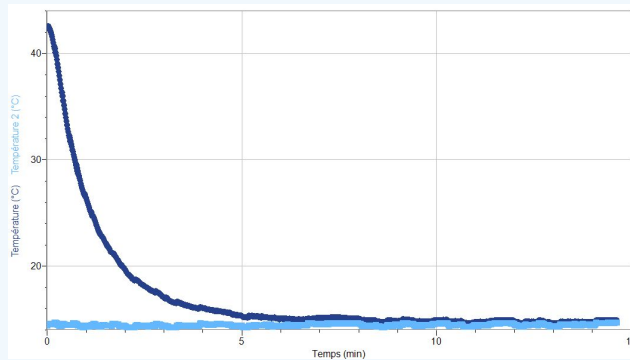
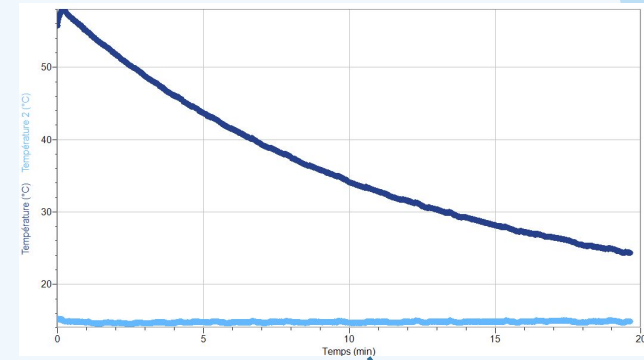


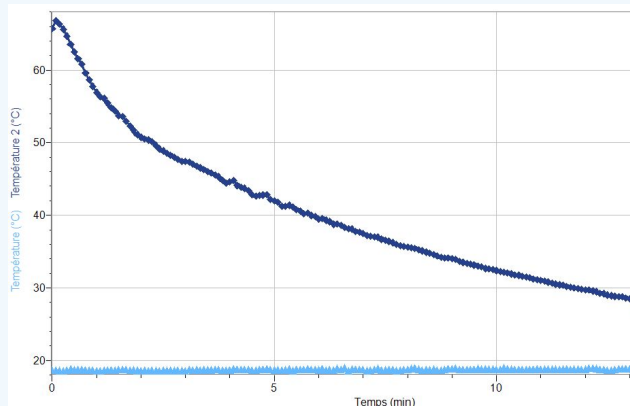
Figure: 5-résultats de l'expérience



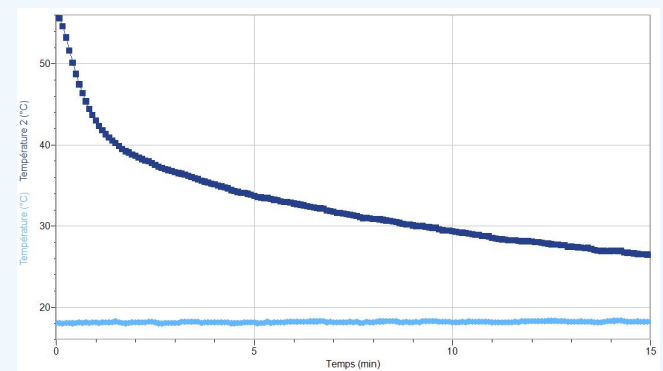
sans combinaison



Oysterprène 3 mm



néoprène 3 mm



néoprène 5 mm

Mesure de τ :

$$\tau = RC$$

R: résistance thermique

C: capacité thermique avec $C = C_{\text{eau}} + C_{\text{verre}} + C_{\text{combi}}$

$$\tau_{\text{sans combi}} = 2.66 \text{ min}$$

$$\tau_{\text{oyster}} = 13.31 \text{ min}$$

$$\tau_{3\text{mm}} = 7.1 \text{ min}$$

$$\tau_{5\text{mm}} = 12.15 \text{ min}$$

II- Modèle physique

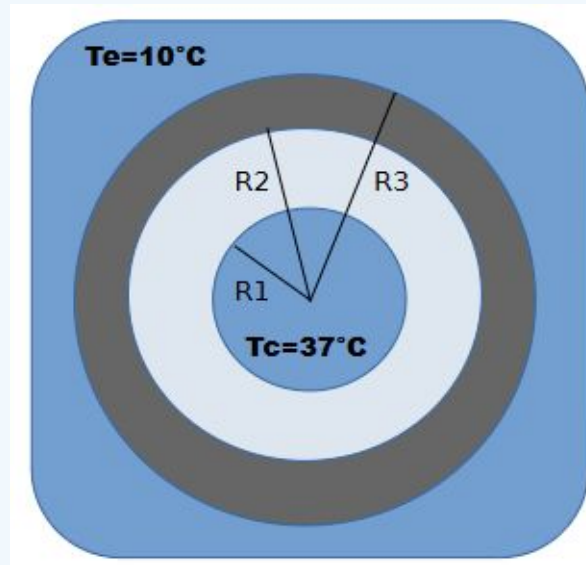


Figure: 6-représentation des couches

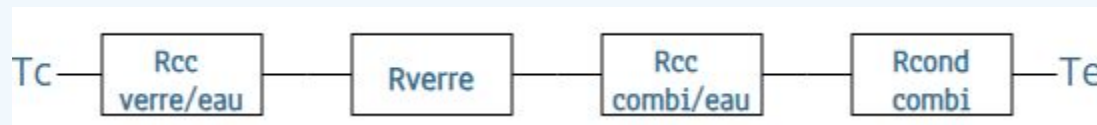


Figure: 7-schéma électrique équivalent

III- Mise en équation

Transfert conductif

$$\Phi_{cond} = \frac{T_c - T_e}{R_e}$$

Transfert conducto – convectif

$$\begin{aligned}\Phi_{conv} &= hS \Delta T_{conv} \\ &= hS(T_{solide} - T_{fluide})\end{aligned}$$

Résistances thermiques correspondantes

$$R_{cc} = \frac{1}{\lambda L} \ln\left(\frac{R_{i+1}}{R_i}\right) \quad R_{conv} = \frac{1}{hS}$$

Résistance équivalente du circuit :

$$R_e = R_{cc\text{verre}/\text{eau}} + R_{\text{verre}} + R_{cc\text{combi}/\text{eau}} + R_{\text{cond combi}}$$

$$\text{avec } R_{cc\text{verre}/\text{eau}} = \frac{1}{\lambda_{\text{verre}} L} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$R_{cc\text{combi}/\text{eau}} = \frac{1}{\lambda_{\text{combi}} L} \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

système: eau

premier principe de la thermodynamique :

$$dU = \delta Q + \delta W \Leftrightarrow \Phi_{\text{int}} dt = dU \Leftrightarrow \Phi_{\text{cond}} = \frac{dU}{dt}$$
$$\Leftrightarrow \Phi_{\text{cond}} = \frac{T_c - T_e}{R_e} = Cm \frac{dT_c}{dt}$$

avec $C = C_{\text{eau}}$

Résolution de l'équation différentielle avec $T_0 = 37^\circ \text{C}$:

$$T_h(t) = T_e + (T_e - T_0) \exp\left(-\frac{t}{CmR_e}\right)$$

Déduction du temps de plongée nécessaire pour atteindre la température :

$$t = CmR_e \ln\left(\frac{T_e - T_0}{T_e - T_h}\right)$$

IV- Estimation

L' hypothermie est atteinte à 35°C je prend donc $T_h = 35^\circ\text{C}$

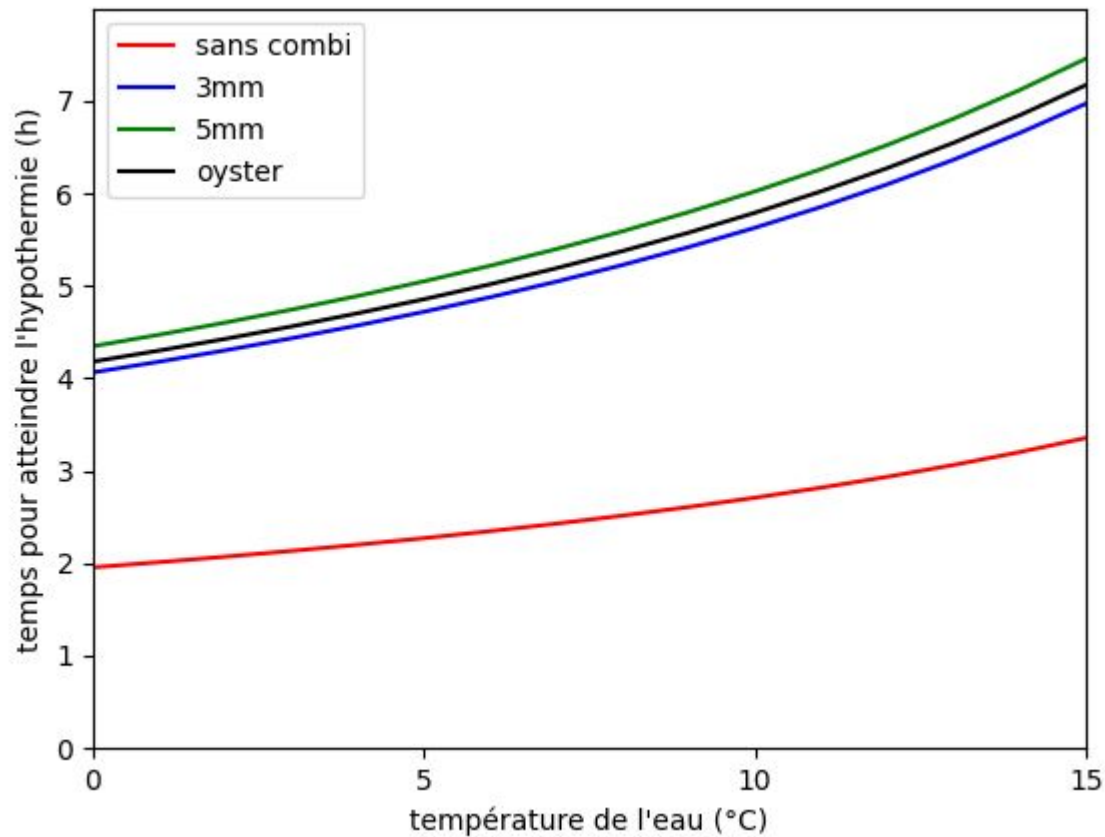


Figure: 8

V-Réponse à la problématique

- L'expérience a pu mettre en évidence l'efficacité de l'épaisseur de la combinaison.
- Selon les différentes combinaisons, j'ai pu estimer la durée de survie avant d'atteindre l'hypothermie.
- l'Oysterprène: assure l'aspect protection et écologique.
- Finalement, quel matériau privilégier?

VI-Annexe

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 S,L,l_néo,l_oys,m,C,T0,Rverre,Rcond_combi,Rcc_verre_eau,R2,R3_3mm,R3_5mm,R3_oyster=0.8,17*10**(-2),1.9*10**(-1),
5 1.5*10**(-1),55.2*10**(-3),4184,37,2.38*10**(-3),0.13,0.15,0.77,0.80,0.82,0.80
6
7 def Rcc_combi_eau(l,r):
8     return (1/l*L)*np.log(r/R2)
9
10 def Re(l,r):
11     if l==0:
12         return Rverre + Rcc_verre_eau
13     else:
14         return Rverre + Rcond_combi + Rcc_verre_eau + Rcc_combi_eau(l,r)
15
16 def t(Te,l,r,Th=35):
17     return C*m*Re(l,r)*np.log((Te-T0)/(Te-Th))
18
19 plt.axis([0, 15, 0, 8])
20 plt.xticks(np.arange(0, 19, 5))
21 plt.yticks(np.arange(0, 8, 1))
22 plt.xlabel("température de l'eau (°C)")
23 plt.ylabel("temps pour atteindre l'hypothermie (h)")
24 xx= np.arange(0, 35, 1)
25 y1= t(xx,0,l)
26 y2= t(xx,l_néo,R3_3mm)
27 y3= t(xx,l_néo,R3_5mm)
28 y4= t(xx,l_oys,R3_oyster)
29 l1= plt.plot(xx,y1,color='r',label='sans combi')
30 l2= plt.plot(xx,y2,color='b',label='3mm')
31 l3= plt.plot(xx,y3,color='g',label='5mm')
32 l4= plt.plot(xx,y4,color='k',label='oyster')
33 plt.legend()
34 plt.show()
```

Figure: 9-script python

Données numériques

$$h = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{néo}} = 1.9 \times 10^{-1} \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{oyster}} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{verre}} = 1.05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S = 0.8 \text{ m}^2$$

$$L = 17 \text{ cm}$$

$$R_{\text{verre}} = 2.38 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{cond combi}} = 0.13 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{cc verre/eau}} = 0.15 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{cc 3mm/eau}} = 1.18 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{cc 5mm/eau}} = 1.95 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{cc oyster/eau}} = 1.49 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$m = 55.2 \text{ g}$$

$$C_{\text{eau}} = 4184 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$C_{\text{verre}} = 837 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$C_{\text{néo}} = 2176 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$C_{\text{oyster}} = 1979 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$