

Le projet Icedream

Le projet Icedream© est l'idée de, l'ingénieur français Georges Mougin qui développe et affine son concept révolutionnaire depuis plus de, 40 ans : remorquer des icebergs de Terre-Neuve au Canaries et les exploiter pour produire de l'eau douce !



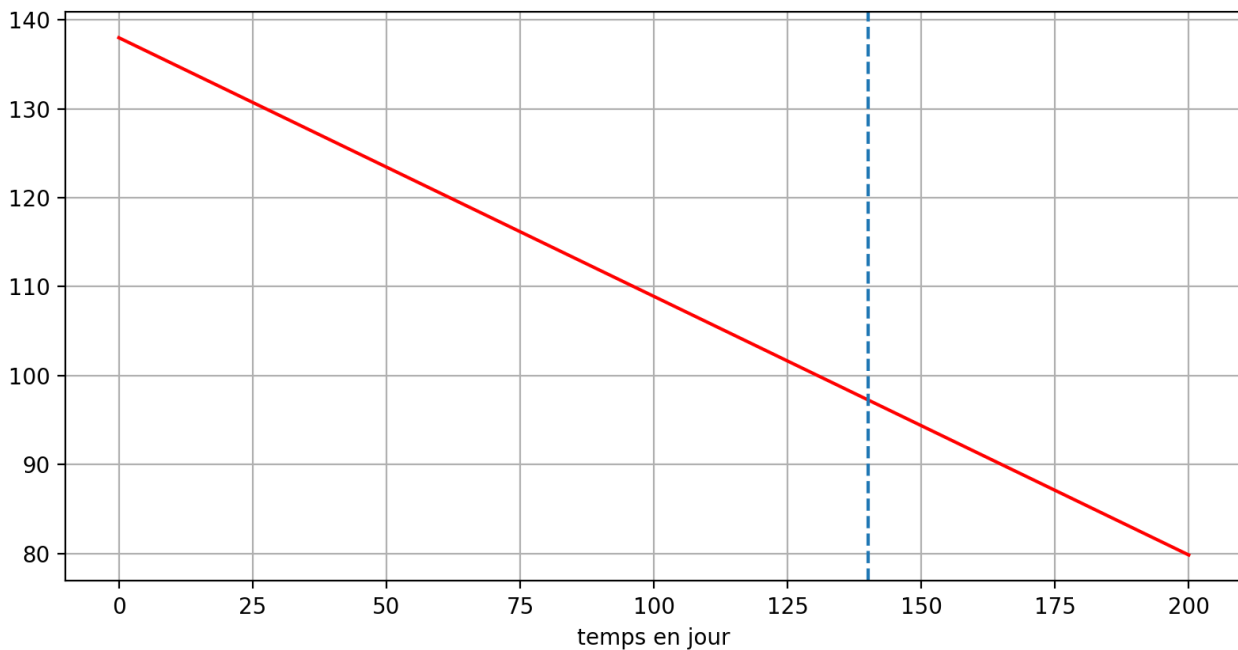
Données

- ✓ Les fondamentaux du projet pilote sont les suivants :
 - un iceberg pèse environ 10 millions de tonnes
 - un remorqueur met 140 jours à relier Terre-Neuve et les Iles Canaries et consomme environ 4000 tonnes de fuel.
 - La puissance thermique P_{th} échangée par un système à la température T en contact sur une surface S avec un fluide à la température T_{fluide} est donnée par la loi de Newton :
$$P_{th} = h (T_{fluide} - T) S$$
- ✓ Coefficients de transfert thermique dans le modèle conducto-convectif de Newton :
 - coefficient de transfert thermique, de l'air: $h \approx 5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
 - coefficient de, transfert thermique de l'eau : $h \approx 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- ✓ Enthalpie de, fusion de la glace : $L_{fus} = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- ✓ Masse volumique de la glace $\mu_g = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Question simple : en notant V_{ice} le volume d'un iceberg et V_{imm} le volume immergé de cet iceberg, déterminer en fonction des données l'expression du rapport V_{imm}/V_{ice} .

Question ouverte : en modélisant l'iceberg par une sphère, déterminer le pourcentage de la masse de l'iceberg qui arrivera aux Canaries. On considérera une température moyenne de la mer entre Terre-Neuve et les Canaries $T_{mer} = 10^{\circ}\text{C}$.

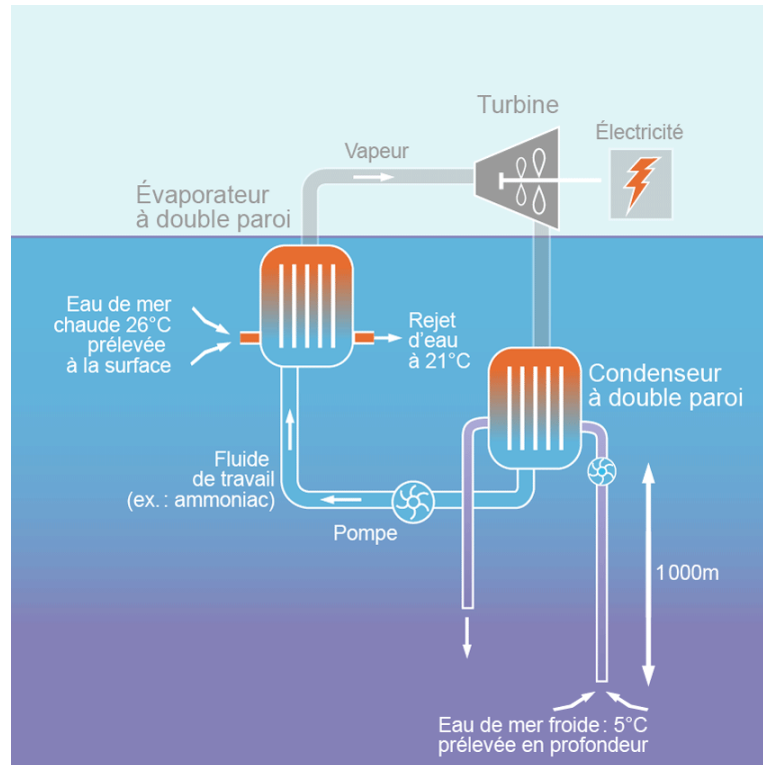
Le code ci-dessous et le graphique associé pourront servir à répondre à la question après avoir déterminé l'expression de la grandeur tracée en ordonnée.



```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 #saisie des données
5 R0 = 138 #en m
6 h = 100 #en W.m-2.K-1
7 lfus = 330000 #en J.kg-1
8 muglace = 900 # en kg.m-3
9 Tmer = 10 #en °C
10 Tglace = 0 #en °C
11
12 T=np.linspace(0,200,1000)
13
14 # Calcul du rayon en fonction du temps
15 R = #à compléter
16
17 #Tracé du rayon en fonction du temps
18 plt.figure()
19 plt.plot(#àcompléter)
20 plt.xlabel('temps en jour')
21 plt.ylabel(#à compléter)
22 plt.axvline(x=140,ls='--')
23 plt.grid()
24 plt.show()
```

Document complémentaire à fournir éventuellement au candidat

- principe de fonctionnement d'une centrale ETM



Correction : projet icebergm

Question simple

{ iceberg }

Bilan des forces : $\vec{P}$: poids
 $\vec{\pi}_a$: poussée d'Archimède exercée par l'eau.

A l'équilibre : $\vec{P} + \vec{\pi}_a = \vec{0} \Rightarrow \|\vec{P}\| = \|\vec{\pi}_a\|$

$$\Rightarrow \rho_{\text{glace}} g V_{\text{ice}} = \rho_{\text{eau}} g V_{\text{imm}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{\text{imm}}}{V_{\text{ice}}} = \frac{\rho_{\text{glace}}}{\rho_{\text{eau}}} \quad \underline{\text{AN:}} \quad \frac{V_{\text{imm}}}{V_{\text{ice}}} = 0,9 = 90\%$$

Question ouverte

- objectif 1 : déterminer le rayon R_0 de la sphère initiale modélisant l'iceberg

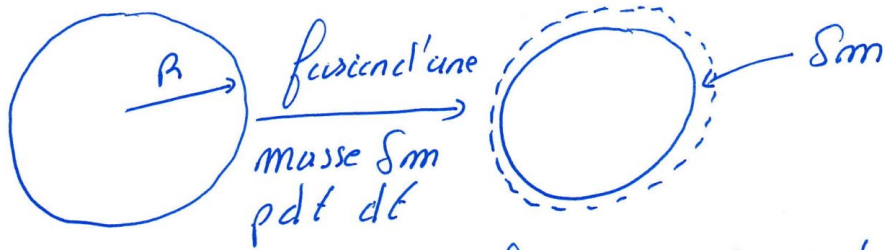
$$m_{\text{iceberg initial}} = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \rho_{\text{glace}} \Rightarrow R_0 = 138 \text{ m}$$

• 90% de l'iceberg étant immergé, on supposera pour la suite du modèle que tout l'iceberg est immergé :
on néglige ainsi les échanges avec l'air $\Rightarrow$ les seuls échanges à prendre en compte sont ceux avec l'eau (modèle de la loi de Newton)

Fig : hypothèse raisonnable car $h_{\text{eau}} \approx 20 h_{\text{air}}$.

A t

A t + dt



Soit dR la variation de volume pendant dt

$$S_m = -4\pi R^2 dR \mu_{\text{glace}}$$

$$\Rightarrow S_m L_{\text{fus}} = \rho R dt$$

$$\Rightarrow -4\pi R^2 dR \mu_{\text{glace}} L_{\text{fus}} = \rho_{\text{eau}} (T_{\text{eau}} - T_{\text{glace}}) 4\pi R^2 dt$$

$$\Rightarrow dR = - \frac{\rho_{\text{eau}}}{\mu_{\text{glace}} L_{\text{fus}}} (T_{\text{eau}} - T_{\text{glace}}) dt$$

$$\Rightarrow R = R_0 - \frac{\rho_{\text{eau}}}{\mu_{\text{glace}} L_{\text{fus}}} (T_{\text{eau}} - T_{\text{glace}}) t$$

Dans le script Python fourni, on trace R en fonction du temps.

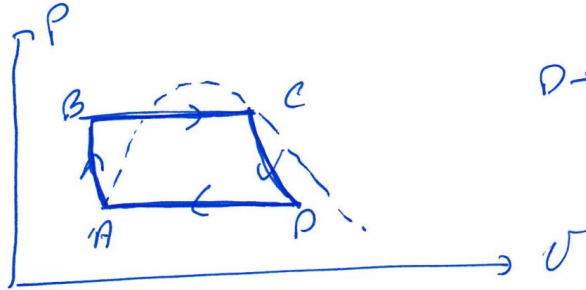
Pour $t = 140$ jours : $R_f = 97$ m

Soit p le pourcentage massique de l'iceberg arrivé aux canaries

$$p = \frac{\frac{4}{3}\pi R_f^3 \mu_{\text{glace}}}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 \mu_{\text{glace}}} = \left(\frac{R_f}{R_0}\right)^3 = 35\% \Rightarrow \text{perte de } 65\%$$

Fig 1: Les ingénieurs de Dassault par une simulato
bcp + élaborée sont arrivés à 38% de perte
⇒ poser la questions sur les points du modèle à améliorer.

Fig 2: document complémentaire
→ description de l'iceberg ramené aux Canaries comme
source froide pour une centrale ETD
Cycle de Rankine de l'ammoniac.



D → A: contact avec la source
froide = iceberg.