



Kuzan, plus connu sous le nom d'Aokiji est l'un des Trois Amiraux de la Marine. Possesseur du Hie Hie no Mi, ou Givro-Fruit en français, il peut créer, contrôler ou devenir de la glace en maîtrisant les changements d'états.

Les candidats trouveront les données numériques relatives à cette partie III dans le document : l'eau liquide et/ou solide.

Document - L'eau liquide et/ou solide

Formule chimique : H_2O	Masse molaire : $M = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$	
Conditions d'équilibre liquide-solide atmosphérique	Pression $P^0 = 1 \text{ bar}$	Température $T_f = 273,15 \text{ K}$
Enthalpie massique de fusion (1 bar et 273,15 K)		$L_{fus} = 333,3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
	Glace	Eau liquide
Masse volumique	$990 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Capacité calorifique massique isobare	$c_{glace} = 2,05 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$c_{eau} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

III.1 - Machine frigorifique avec une source de température variable

Aokiji souhaite refroidir une partie de la mer et la geler ; il sera considéré ici comme une machine frigorifique ($\mathcal{S}$). Cette machine est supposée réversible, cyclique et de puissance $\mathcal{P}$ constante. Elle fonctionne, pendant un temps Δt , entre l'atmosphère qui constitue un thermostat de température θ_c constante et une masse d'eau de mer $m = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$, assimilée à de l'eau pure, de température T' qui passera de θ_c à T_f .

Les transferts thermiques et le travail seront comptés en convention récepteur : on appellera respectivement δQ_f et δQ_c les transferts thermiques reçus par ($\mathcal{S}$) de la part de la source froide et de la source chaude et δW le travail reçu par ($\mathcal{S}$) entre les instants t et $t + dt$. On suppose que la durée d'un cycle est petit devant le temps caractéristique de refroidissement de la mer qu'on assimile à de l'eau pure. La machine décrit toujours un nombre entier de cycles.

On néglige les échanges thermiques entre la masse m (partie de la mer " refroidie (ou gelée) ") et le reste de la mer.

Q45. Donner le schéma de principe de cette machine frigorifique, en indiquant le sens réel des transferts thermiques et du travail à un instant quelconque du fonctionnement de la machine frigorifique.

On s'intéresse au refroidissement de la mer qui reste dans son état liquide pendant toute la transformation, passant de θ_c à T_f .

Q46. En appliquant le second principe sous forme infinitésimale, écrire la relation entre $\delta Q_f, \delta Q_c, T'$ et θ_c .

Q47. En appliquant le premier principe sous forme infinitésimale, déterminer le temps nécessaire Δt pour faire passer la mer de θ_c à T_f .

Q48. Calculer la puissance minimale $\mathcal{P}_{\min}$ pour que ce refroidissement dure moins que $\Delta t = 10 \text{ min}$, avec $\theta_c = 293 \text{ K}$.

On s'intéresse maintenant à la solidification de l'eau.

Q49. En faisant l'hypothèse que la puissance $\mathcal{P}$ reste constante et égale à $\mathcal{P}_{\min}$, exprimer le temps nécessaire $\Delta t'$ pour congeler la masse m d'eau de mer.
Calculer $\Delta t'$.

Q50. Exprimer l'efficacité totale η de la machine frigorifique en fonction de $\mathcal{P}, \Delta t, \Delta t', T_f, m, L_{\text{fus}}, \theta_c$ et de c_{eau} , puis la calculer.

Indices :

Q48 - Ecrire le premier principe au fluide entre t et $t+dt$ sur un cycle.

Ecrire le premier principe à la source froide entre t et $t+dt$.

On a trois équations avec trois inconnues ΔW , ΔQ_c et ΔQ_f . Dédurre des 3 équations ΔW puis intégrer entre θ_c et T_f pour avoir W .

Utiliser la relation entre Dt , W et P pour trouver Dt .