



La neige artificielle

La neige artificielle est obtenue en pulvérisant de fines gouttes d'eau liquide supposées sphériques de rayon $R = 0,2$ mm d'eau liquide à $T_i = 10$ °C dans l'air ambiant à la température $T_e = -15$ °C.

À l'interface eau-air, le flux thermique $d\phi$ à travers une surface dS dans le sens de la normale extérieure \vec{n} est donné par la loi

$$d\phi = h(T(t) - T_e) dS$$

1. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la température de la goutte $T(t)$.
2. Déterminer le temps t_0 mis par la goutte d'eau liquide pour atteindre la température de surfusion $T(t_0) = -5$ °C.
3. Lorsque la goutte a atteint la température de -5 °C, il y a rupture de la surfusion : la température remonte brutalement à 0 °C et la goutte est partiellement solidifiée (phénomène également brutal). Moyennant des hypothèses que vous explicitez, calculer la fraction x de liquide restant à solidifier après la rupture de la surfusion.
4. Calculer le temps nécessaire à la solidification du reste de l'eau liquide.

Données

Coefficient conducto-convectif	$h = 65 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
Chaleur latente de changement de phase solide-liquide	$\ell_f = 333 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
Capacité thermique massique de l'eau liquide	$c_\ell = 4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Capacité thermique massique de l'eau solide	$c_s = 2,1 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$