



Dégivrage d'une aile d'avion (vidéo sur la formation de givre).

Le givrage consiste en un dépôt de glace friable ou dure, opaque ou transparente qui adhère à certains éléments de l'avion, en particulier et d'abord aux éléments présentant des parties anguleuses ou des aspérités (bords d'attaque des ailes et des gouvernes, tube d'antenne, têtes de rivet, etc). Le givre peut s'accumuler sur les ailes et nuire à l'aérodynamisme, alourdir l'avion, obscurcir la verrière, diminuer la puissance des réacteurs s'il s'accumule sur les entrées d'air.

Tous les avions récents sont donc équipés de dégivrage automatique. On veut tester le fonctionnement d'un système qui peut être installé facilement sur un avion léger. Ici, à la place des traditionnels boudins de dégivrage, le bord d'attaque de l'aile présente un revêtement conducteur ultramince en carbone-graphite, piloté par ordinateur qui détecte et qui fait fondre la glace automatiquement. Chauffant, ce système est alimenté par un alternateur dédié de 100 A, qui délivre 7 500 W pour dégivrer les deux ailes.

1^{ère} étape : Estimation de l'énergie à fournir pour faire fondre du givre

Document 1 : Principe de la détermination de la chaleur latente de fusion de la glace.

Lorsque l'on introduit des glaçons dans une eau tiède, les glaçons fondent, car ils reçoivent de l'énergie Q_{fus} par transfert thermique (fournie par l'eau tiède). Cette énergie est proportionnelle à la chaleur latente massique de fusion L_{fus} :

$$Q_{fus} = m_{glace} \times L_{fus}$$

Les mesures d'énergie thermique s'effectuent dans un calorimètre thermiquement isolé, c'est à dire **n'échangeant théoriquement pas d'énergie avec le milieu extérieur.**

Dans un calorimètre contenant une masse m_{eau} d'eau liquide tiède à la température $\theta_i \approx 20^\circ C$, on introduit une masse m_{glace} de glaçons à la température $\theta_{fus} = 0^\circ C$.

On laisse évoluer le mélange jusqu'à ce que sa température s'équilibre à la valeur θ_f .

Au cours de cette manipulation les échanges thermiques suivants ont lieu :

- L'eau tiède se refroidit en fournissant l'énergie : $Q_{eau} = m_{eau} \times c_{eau} \times |(\theta_f - \theta_i)|$
- Le calorimètre se refroidit en fournissant l'énergie : $Q_{calo} = C_{calo} \times |(\theta_f - \theta_i)|$
- Les glaçons fondent en recevant l'énergie : $Q_{fus} = m_{glace} \times L_{fus}$
- La glace fondue s'échauffe en recevant l'énergie : $Q_{glace} = m_{glace} \times c_{eau} \times |(\theta_f - \theta_{fus})|$

Avec :

$c_{eau} = 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ la capacité thermique massique de l'eau liquide

C_{calo} la capacité thermique globale **approximative** du calorimètre et de ses accessoires indiquée sur celui-ci.

S'approprier.

1. Parmi les quantités de chaleur échangées Q_{eau} , Q_{calo} , Q_{fus} et Q_{glace} , lesquelles correspondent à des pertes (libération) d'énergie ? Lesquelles correspondent à un gain (absorption) d'énergie ?
2. Le calorimètre étant isolé (pas d'échange énergétique avec l'extérieur), trouver la relation logique qui lie les quantités de chaleur échangées Q_{eau} , Q_{calo} , Q_{fus} et Q_{glace} .

Document 2 : Protocole expérimental :

- Peser le calorimètre et ses accessoires à vide. Noter la valeur de sa masse m_1 .
- Verser environ 200 mL d'eau du robinet dans le calorimètre. Peser l'ensemble et noter la valeur de la masse m_2 .
- Introduire le thermomètre et relever la température précise de l'eau θ_i au bout de quelques minutes.
- Rapidement, prendre 4 glaçons au bureau dans le bécier, **puis les sécher** et les introduire dans le calorimètre.
- En agitant **doucement** pour homogénéiser, relever la température jusqu'à sa valeur la plus basse θ_f .
- Retirer le thermomètre, puis peser de nouveau l'ensemble et noter la valeur de la masse m_3 .

Réaliser .

Mettre en œuvre le protocole expérimental.

Valider 1.

3. Déterminer les masses d'eau tiède m_{eau} et de glaçons m_{glace} introduites à l'aide des mesures expérimentales.
 4. Calculer Q_{eau} , Q_{calo} et Q_{glace} .
 5. En déduire la valeur de Q_{fus} , puis de la chaleur latente de fusion L_{fus} .
- La valeur théorique de la fusion de la glace est $L_{fus} = 333 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.
6. Calculer l'écart relatif et discuter des sources d'erreurs.

2^{ème} étape : Estimation de la puissance à fournir pour faire fondre le givre**Document 3 : données.**

- Capacité calorifique de la glace : $C_g = 2060 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Capacité calorifique de l'eau liquide : $C_e = 4186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La puissance P en watt est donnée par la relation : $P = \frac{E_{th}}{t}$ avec t le temps en seconde et E_{th} l'énergie en joule.

Valider 2.

7. Déterminer l'énergie thermique E_{th2} à apporter pour faire fondre le givre déposé sur la totalité du bord d'attaque d'une aile, sachant que la masse de ce givre déposé est de 734 g et que sa température $\theta_i = -20,0^\circ \text{C}$.
8. En déduire la puissance électrique P_2 à apporter au système chauffant pour effectuer cette tâche en deux minutes.
9. Comparer la valeur de la puissance électrique réellement fournie par l'alternateur du système de dégivrage pour les deux ailes avec celle calculée.