

## Thermodynamique et Mécanique des fluides (durée conseillée : 1h15) 6 points

### La fabrication de glaçons pleins coniques.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes ainsi que de nombreuses questions de la première partie.

Une pompe projette de l'eau à travers une rampe de pulvérisation dans des godets inversés refroidis par l'évaporateur d'une machine frigorifique.

L'eau atteignant l'intérieur des godets est congelée, le reste retombe dans la cuve où elle est refoulée à nouveau par la pompe.

Ce processus se répète sans arrêt pendant toute la durée du cycle de congélation. A la fin de la phase de congélation, la machine passe en cycle de dégivrage : de l'eau, réchauffée par le condenseur, démoule les glaçons qui tombent dans un bac de réception (schéma n°1).

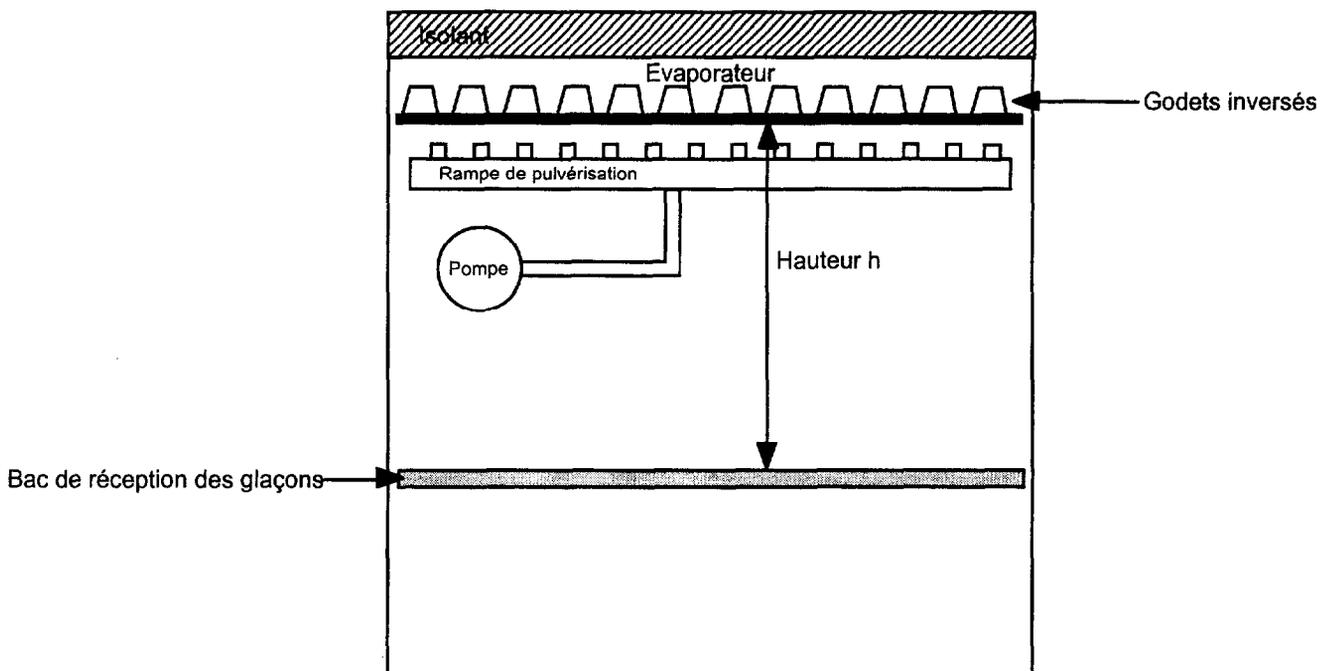


Schéma n°1 : La machine à glaçons coniques

## PREMIERE PARTIE - Étude du rendement de la machine

### 1 - Détermination de la puissance frigorifique de l'installation

En vue de mesurer la **puissance** frigorifique de l'évaporateur, on utilise une cuve adiabatique remplie d'un liquide incongelable. L'évaporateur est alors entièrement plongé dans le liquide. Le liquide est mis en mouvement par un agitateur. Un thermomètre permet de repérer la température de la solution à différents instants. La cuve a une capacité thermique notée  $K$  exprimée en  $J.K^{-1}$ .

- 1.1** - Déterminez l'expression littérale de la puissance thermique  $P$ , supposée constante, évacuée par l'évaporateur, en fonction de la température  $T(t)$  dans la cuve à l'instant  $t$ , de la température initiale  $T_0$ , de la capacité thermique massique  $c_1$  du liquide incongelable, de sa masse  $m_1$ , de  $K$  et du temps  $t$ .

**1.2** - On relève expérimentalement les valeurs suivantes :

<b>t en s</b>	0	30	60	90	120	150	180	210	240
<b>T(t) en °C</b>	20,0	18,2	16,1	14,3	12,1	9,9	8,5	6,1	4,2

<b>t en s</b>	270	300	330	360	390	420	450	480	510
<b>T(t) en °C</b>	2,5	0,2	-3,0	-6,0	-8,2	-10,5	-12,3	-14,2	-16,1

Reportez dans le repère joint à votre énoncé (figure n°3) les points traduisant l'évolution de T(t) en fonction de t. Tracez la droite traduisant au mieux le comportement de ce nuage de points.

Déterminez le coefficient directeur A de la droite (indiquez son unité).

**1.3** - Donnez directement l'expression littérale, puis la valeur numérique de P en fonction de A et des autres données de ce problème :  $K = 40 \text{ J.K}^{-1}$  ;  $c_1 = 2 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $m_1 = 10 \text{ kg}$ .

## **2 - Étude de la production des glaçons de la machine**

**2.1** - Cette machine fournit des glaçons à la température  $T_s$  et l'eau de la pompe est en moyenne à la température  $T_i$ . Donnez l'expression littérale de la quantité de chaleur  $Q_1$  à évacuer pour faire un glaçon de masse m.

On notera L la chaleur latente massique de fusion de la glace,  $c_l$  la capacité thermique massique de l'eau et  $c_s$  celle de la glace. La température de fusion sera notée  $T_f$ .

**2.2** - La machine produit n glaçons à chaque cycle de congélation. Donnez l'expression littérale de la quantité de chaleur  $Q_2$  à évacuer à chaque cycle en fonction de  $Q_1$ .

**2.3** - Donnez l'expression littérale de la durée d'un cycle de congélation,  $t_{cy}$  en fonction de P et de  $Q_2$ . Faites l'application numérique avec :  $T_s = -5^\circ\text{C}$  ;  $T_i = 10^\circ\text{C}$  ;  $c_l = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $c_s = 2,1 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;  $L = 335 \text{ J.g}^{-1}$  ;  $m = 23 \text{ g}$  ;  $T_f = 0^\circ\text{C}$  ;  $n = 200$ .

## **3 - Calcul du coefficient de performance de la machine**

Sachant que la machine à glaçons consomme une puissance électrique  $D = 600 \text{ W}$ , comment pourrait-on définir le coefficient de performance (ou l'efficacité) de cette machine ? Calculez sa valeur numérique.

## **DEUXIEME PARTIE - Étude mécanique**

### **4 - Étude mécanique d'un glaçon**

Lorsqu'ils se démoulent, les glaçons tombent dans un bac de réception. On admet qu'ils restent intacts s'ils arrivent sur le plateau avec une vitesse d'impact inférieure à  $V_e$ .

**4.1** - En négligeant les frottements appliqués au glaçon ainsi que la poussée d'Archimède due à l'air, déterminez l'expression littérale de la vitesse d'impact  $V_i$  en fonction de la hauteur h (cf. schéma n°1).

**4.2** - Calculez la hauteur h maximale pour que les glaçons restent intacts en arrivant sur le bac de réception.

**Données** :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $V_e = 4 \text{ m.s}^{-1}$ .

## TROISIEME PARTIE - Étude thermique

### 5 - Étude thermique de la paroi supérieure de la machine

L'objectif de cette partie est de faire l'étude thermique du capot supérieur, de surface  $S$ , de la machine à glaçons (Schéma n°2).

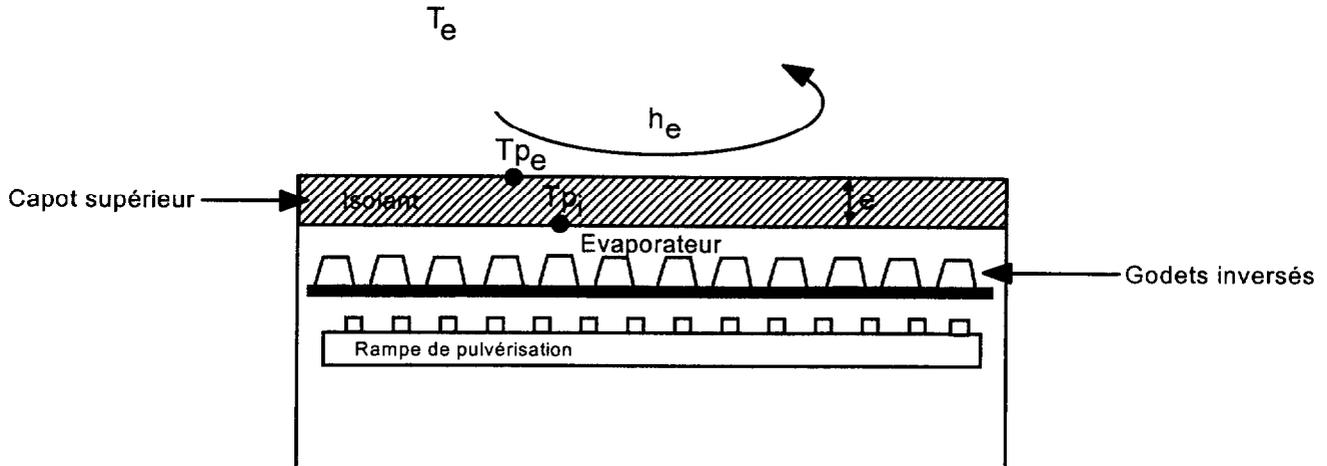


Schéma n°2 : Isolation du capot supérieur

- 5.1 - Expliquez dans quel sens s'effectue le transfert de chaleur à travers la paroi isolante.
- 5.2 - Exprimez le flux thermique  $\Phi_1$  entre le milieu ambiant à la température  $T_e$ , où le coefficient de convection libre est  $h_e$ , et la paroi supérieure de l'isolant dont la température est  $T_{pe}$ .
- 5.3 - La température de paroi inférieure est  $T_{pi}$ . Exprimez le flux thermique  $\Phi_2$  qui traverse l'isolant d'épaisseur  $e$  et de conductivité thermique  $\lambda$ .
- 5.4 - Sachant qu'en régime permanent, les flux  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$  sont égaux, déterminez l'expression littérale de l'épaisseur  $e$  de l'isolant en fonction de  $T_{pe}$ ,  $T_{pi}$ ,  $T_e$ ,  $h_e$  et  $\lambda$ .
- 5.5 - Déterminez la valeur minimale de l'épaisseur  $e_{min}$  de l'isolant pour avoir  $T_{pe} > 10^\circ\text{C}$ .

**Données :**  $T_{pi} = -5^\circ\text{C}$ ,  $T_e = 20^\circ\text{C}$ ,  $h_e = 6 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$  et  $\lambda = 0,043 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$ .

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat 

Né(e) le : \_\_\_\_\_

*(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)*

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

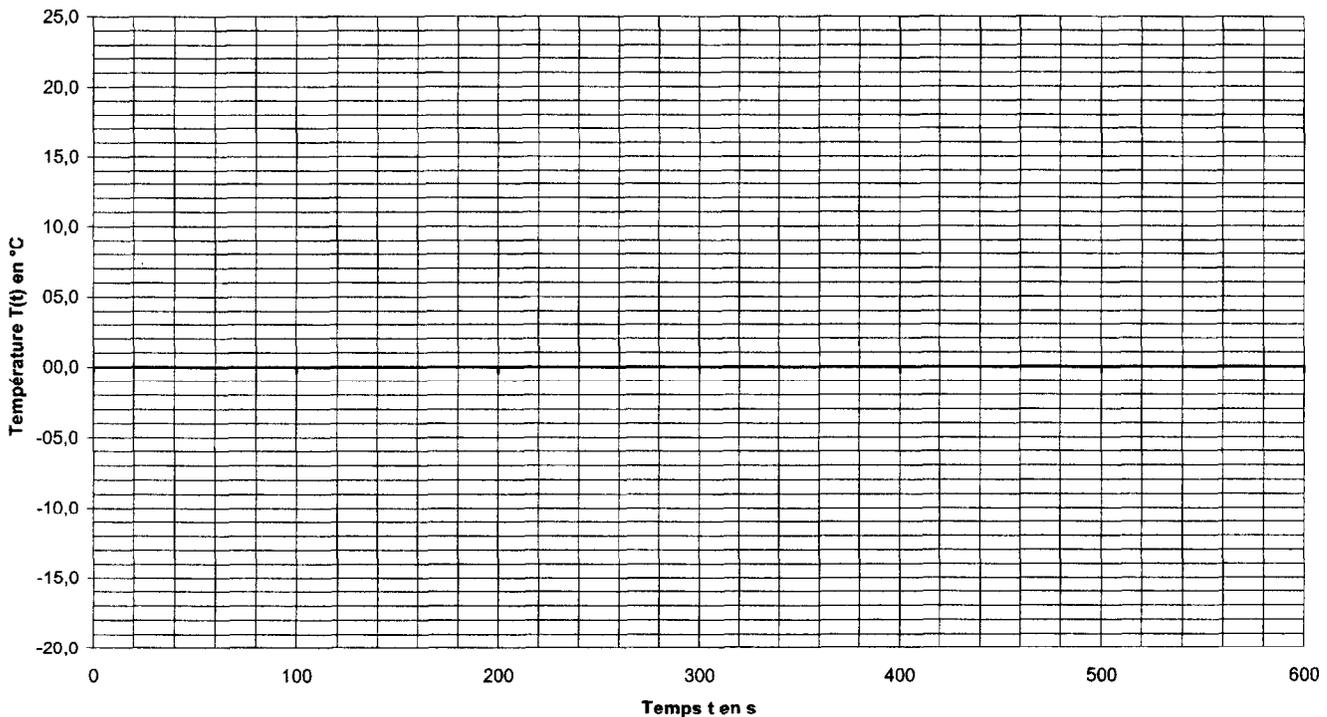
Repère : TPSP

SESSION 2002

Durée : 4 H

Page : 4/19

Coefficient : 4

**Document réponse pour la question 1.2****A joindre à votre copie****Evolution de  $T(t)$  dans la cuve en fonction du temps  $t$** **Schéma n°3**