

6 Annexe 1 : Caractéristiques d'une canette

Il existe deux types de canettes en acier et en aluminium. Nous avons expérimenté sur des canettes en aluminium.

6.1 Dimensions et masse d'une canette

hauteur \times diamètre	11,6 cm \times 6,6 cm
épaisseur	73 μm
masse	16 g

TABLEAU 2 – Dimensions d'une canette.

6.2 Caractéristiques thermiques d'une canette

Capacité thermique

La capacité thermique des parois de la canette a été mesurée par la méthode des mélanges. Nous avons mesuré :

$$C_c = 75 \text{ kJ K}^{-1}$$

soit une masse en eau équivalente de 18 g

Conductivité thermique

Nous avons essayé de mesurer au banc de mesure thermique la résistance thermique R_{th} d'un échantillon de surface $S = 16 \text{ cm}^2$ et d'épaisseur $e = 73 \mu\text{m}$ de canette pour en déduire la conductivité thermique du matériau constituant la paroi de la canette :

$$\lambda = \frac{e}{R_{th} \times S}$$

Malheureusement, l'épaisseur de la canette est trop faible pour faire la mesure.

A titre d'information, la conductivité thermique de l'aluminium est de $\lambda = 185 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$.

La canette est en aluminium mais la paroi est couverte d'un revêtement qui modifie cette valeur.

7 Annexe 2 : la loi de Newton

Dans cette annexe nous cherchons à valider la loi de Newton :

$$P = h \times S \times (T_{\text{réfrigérant}} - T_{\text{canette}})$$

Nous réalisons l'expérience suivante.

La canette est plongée (à la date $t = 0$) dans un volume $V = 480 \text{ mL}$ de réfrigérant à -28°C . L'intérieur de la canette et le réfrigérant sont agités. Les températures de la canette et du réfrigérant sont mesurées au cours du temps à l'aide d'un système d'acquisition.

Nous obtenons les courbes de température suivantes (14) :

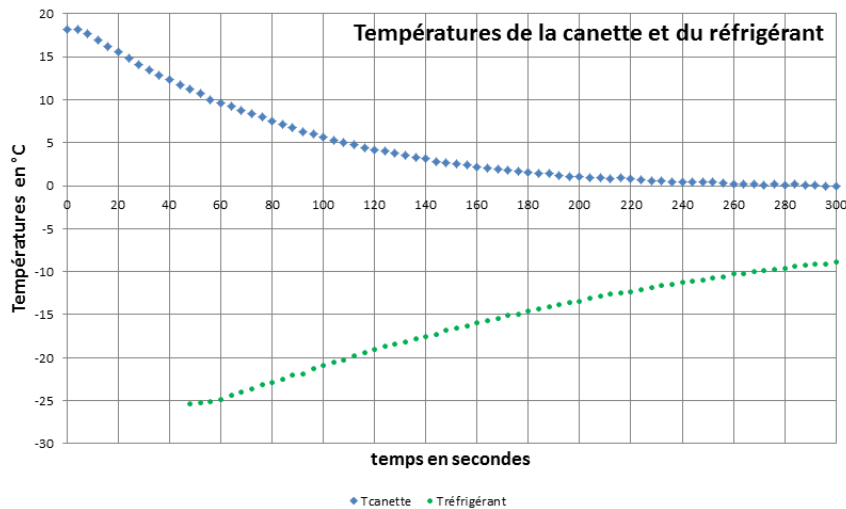


FIGURE 14 – température de la canette et du réfrigérant en fonction du temps

L'exploitation de la courbe de température de la canette nous a permis de tracer l'évolution de la puissance thermique prélevée à la canette en fonction du temps. En effet, la puissance thermique se calcule par la relation :

$$P = C \times \frac{dT_{\text{canette}}}{dt} \quad (6)$$

où C est la capacité thermique de la canette (contenu + paroi) et $\frac{dT_{\text{canette}}}{dt}$ la dérivée de la température en fonction du temps que nous évaluons à partir de nos mesures. Cette formule suppose que la température de la canette soit homogène, raison pour laquelle nous agitions l'intérieur de la canette.

Nous obtenons la courbe de puissance thermique suivante (15) où $P < 0$ car la canette cède de la chaleur au réfrigérant.

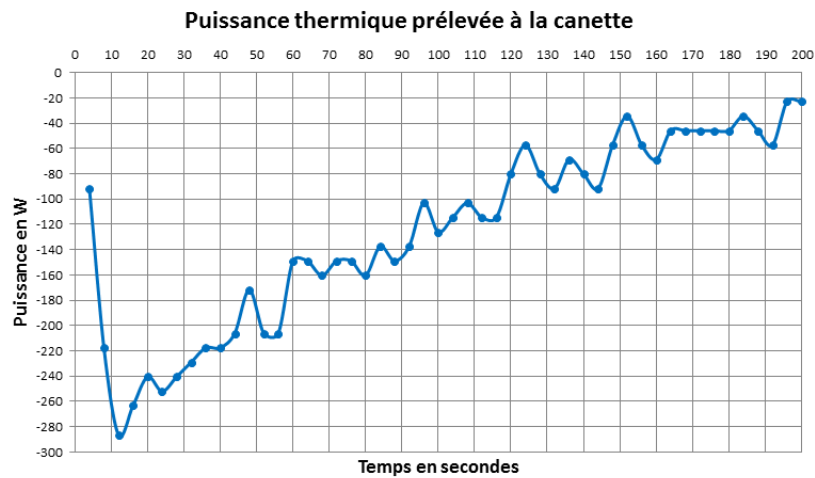


FIGURE 15 – puissance prélevée à la canette en fonction du temps

La courbe met en évidence une puissance maximale de réfrigération de 300 W !

Pour finir nous traçons la courbe représentant l'évolution de la puissance thermique prélevée à la canette en fonction de la différence de températures $T_{\text{réfrigérant}} - T_{\text{canette}} < 0$ afin de vérifier la loi de Newton :

$$P = h \times S \times (T_{\text{réfrigérant}} - T_{\text{canette}})$$

Nous obtenons alors la courbe suivante (16).

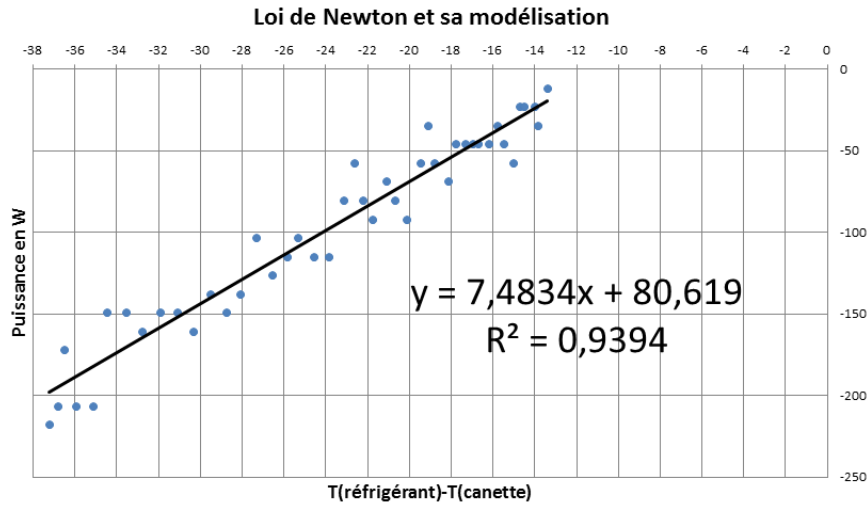


FIGURE 16 – puissance prélevée à la canette en fonction de la différence de températures $T_{\text{réfrigérant}} - T_{\text{canette}}$

Nous obtenons bien une droite mais dont l’ordonnée à l’origine non nulle est en désaccord avec la loi de Newton.

Comment expliquer cet écart ?

Une ordonnée à l’origine positive correspond à un apport de chaleur à la canette. Nous avons d’abord pensé à l’influence de l’air ambiant qui fournit de la chaleur à la canette lors du processus de refroidissement. Nous avons donc refait l’expérience avec une canette munie d’un couvercle de façon à limiter les échanges avec l’air ambiant. L’ordonnée à l’origine reste positive et d’une valeur comparable à celle trouvée précédemment.

La solution au problème vient de la solidification qui libère de la chaleur dans la canette. Proche de la paroi interne, il existe une couche limite de vitesse dans laquelle la vitesse du fluide décroît jusqu’à s’annuler au contact de la paroi. Au niveau de la paroi, l’eau gèle malgré l’agitation de l’intérieur de la canette. Il faudrait donc écrire le bilan énergétique de la canette et son contenu sous la forme :

$$C \times \frac{dT_{\text{canette}}}{dt} = h \times S \times (T_{\text{réfrigérant}} - T_{\text{canette}}) + \frac{\delta m}{\delta t} \times L_{\text{fusion}} \quad (7)$$

où $L_{\text{fusion}} = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$ est le transfert thermique nécessaire pour provoquer la fusion d’1 kg d’eau (c’est aussi la chaleur libérée par la solidification d’1 kg d’eau) et $\frac{\delta m}{\delta t}$ le taux de production de glace au niveau des parois que l’on peut évaluer grâce

à l'ordonnée à l'origine :

$$\frac{\delta m}{dt} = 0,24 \text{ g s}^{-1}$$

Cette hypothèse est confirmée par l'observation expérimentale d'une couche de glace à l'intérieur de la canette au niveau des parois en fin d'expérience.

Ce phénomène pourrait être mis à profit pour garder le contenu de la canette froid plus longtemps.