

EXPÉRIENCE 2: UN BON VERRE D'EAU FROIDE

Date de l'expérience:

Le jeudi 3 octobre 2019

Date de soumission:

Le jeudi 10 octobre 2019

Département de Chimie

Université d'Ottawa

Introduction

Dans ce laboratoire, nous avons eu comme tâche de créer une boisson qui est capable de se refroidir lorsqu'il est désiré, avec la simple action de l'agiter. Pour faire ainsi, il était nécessaire de calculer le nombre de sel requis à l'aide de quelques calculs. Le but était de faire diminuer la température de la boisson de 5°C. La première étape était de trouver la chaleur libérée à l'aide des principes de la thermochimie et la formule ci-dessous.

$$Q_{\text{totale}} = - (Q_{\text{eau}} + Q_{\text{solution}} + Q_{\text{métale}})$$

Avec la chaleur libérée trouvée, il est ensuite possible de poursuivre les calculs avec la formule de l'enthalpie de solution et de trouver le nombre de mol du sel qui pourra aider à obtenir la réponse finale.

$$\Delta_{\text{s}}H = \frac{q_{\text{t}}}{n} , \text{ donc } n = \frac{q_{\text{t}}}{\Delta_{\text{s}}H}$$

Avec le nombre de mole et la masse molaire du sel déterminés, il est possible de trouver la masse du sel nécessaire pour mener l'expérience.

$$m = M \times n$$

Pour poursuivre, pour la sélection du sel, il était nécessaire de faire des recherches sur les deux types de sel (le nitrate d'ammonium ou le chlorure d'ammonium). Le nitrate d'ammonium est un composé avec beaucoup d'effets néfastes sur la santé. De plus, ce composé est amplement utilisé pour la fabrication d'explosifs, donc son utilisation dans un laboratoire ne serait pas sécuritaire et sera même très dangereux. Voici quelques exemples des effets néfastes du nitrate d'ammonium sur la santé : « Irritation: yeux (douleurs), peau (formation d'ampoules), voies respiratoires supérieures; ingestion ou inhalation: mictions fréquentes, acidification de l'urine; ingestion en grande quantité: cyanose (méthémoglobinémie), nausées, vomissements, vertiges, crampes abdominales, diarrhée, tachypnée, tachycardie, hypotension, collapsus, coma, convulsions, mort possible».¹ Dans le cas du chlorure

¹ CNESST. *Nitrate d'ammonium*. (en ligne).
https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=10736.

d'ammonium, il y a beaucoup moins de propriétés toxicologiques. Les seuls désavantages sont que «Ce produit est irritant pour les yeux et peut causer l'irritation de la peau.»² Ainsi, le produit utilisé durant l'expérience était le chlorure d'ammonium pour des raisons de précautions pour la santé. Effectivement, puisque le produit utilisé est un breuvage et sera consommé par des individus, il ne sera pas idéal d'utiliser le nitrates d'ammonium dans le cas d'un mal fonctionnement avec la canette.

En outre, pour la sélection du design (voir Figure 1, p. 2), une petite canette remplie de la boisson sera placée dans une plus grande canette d'eau. Au fond de la canette à l'extérieure, il y aura un bouton qui va libérer le sel (NH_4Cl) dans l'eau, afin de refroidir la boisson par 5°C dans 5 minutes. Ainsi, le but de faire diminuer la température de la boisson de 5°C sera atteint, en s'assurant que le design expérimental est similaire au design créé. Ceci va assurer que les calculs faits pour le design expérimental pour diminuer la température par 5°C seront les mêmes pour le design créé. De plus, puisque le milieu du fond de la canette créée ne touche jamais une surface lorsqu'il est debout, le bouton ne sera jamais poussé par accident. Le bouton libérera le sel qui est contenu dans une capsule. Ce concept serait recréé lors de l'expérience grâce à l'utilisation d'un calorimètre, donc d'un système isolé, qui représente la plus grande canette, une canette dont le haut coupé qui représente la petite canette, sel et l'eau qui représente la boisson et aussi l'eau.

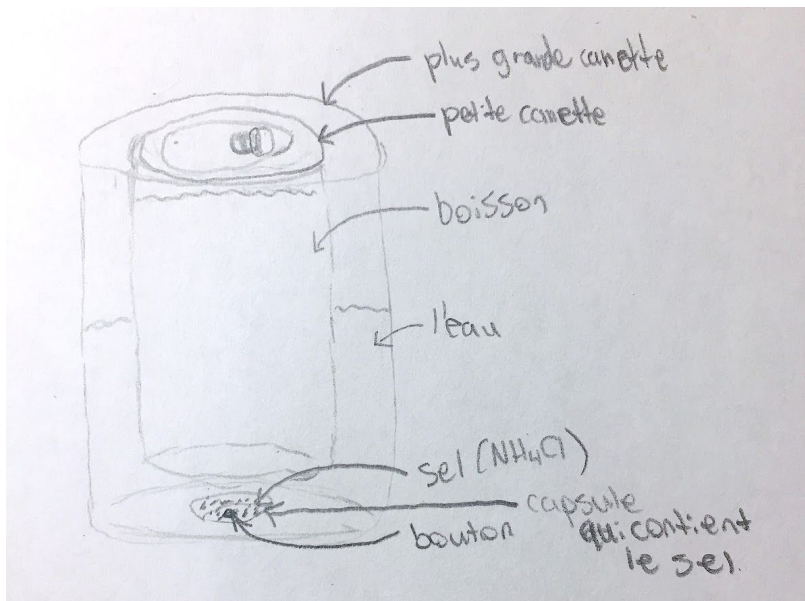


Figure 1: Les composantes du design de la canette.

² CNESST. Chlorure d'ammonium. (en ligne).

https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=281.

Procédure

Matériel:

- LabQuest 2
- 1 Canette
- 1 Calorimètre en styromousse
- 1 Thermomètre
- 41,25g de Chlorure d'ammonium (NH_4Cl)
- 300 mL d'eau
- 1 Cylindre gradué ($\pm 0,5\text{mL}$)
- Lunettes de sécurité
- Sarrau
- 1 bécher de 50mL ($\pm 5\%$)
- 1 balance électronique ($\pm 0,01\text{mL}$)

Étapes de l'expérience:

*** Avant de commencer l'exécution du laboratoire, s'assurer de suivre les consignes de sécurité suivantes:*

→ Porter des lunettes de sécurité et un sarrau tout au long du laboratoire

1. Assembler le calorimètre. C'est-à-dire, mettre la canette à l'intérieur du contenant en styromousse, placer le thermomètre à travers du couvercle et le connecter au LabQuest 2.
2. Mettre 100 mL d'eau dans la canette et 100 mL d'eau dans le calorimètre en styromousse.
3. Mesurer et enregistrer la masse désirée du NH_4Cl , soit 13,75g.
4. Verser le Chlorure d'ammonium dans le contenant en styromousse, placer la canette à l'intérieur du contenant et mettre le couvercle avec le thermomètre.
5. Appuyer sur le bouton en bas à gauche sur le LabQuest et noter la température initiale (T_i).
6. Agitez le calorimètre pendant 300 secondes.
7. Notez la température finale (T_f).
8. Nettoyer les contenant.
9. Répéter l'expérience deux autres fois en augmentant et diminuant la masse de 5g.

Discussion

Pour débiter, le but de ce laboratoire était de faire diminuer la température de la boisson créée de 5,0°C. Afin de faire ceci, il était nécessaire d'utiliser les principes de la thermochimie, dont la calorimétrie (l'utilisation d'un système isolé). Pour refroidir la boisson, un sel, le chlorure d'ammonium (NH₄Cl) a été utilisé. Cependant, afin de diminuer la température d'exactly 5,0°C, il était important de déterminer la masse de NH₄Cl nécessaire, en utilisant les formules indiquées dans la théorie. La masse de NH₄Cl obtenue était de 13,75g (*voir ANNEXES pour les exemples de calculs*). Ainsi, afin de vérifier que cette masse diminuera la température de 5,0°C et afin d'avoir plus qu'une seule condition à étudié, la masse calculée de 13,75g a été diminuée à 8,75g et augmentée à 18,75g, donnant 3 masses différentes en total. Ceci permet également d'assurer que les données obtenues pour la variation de la température (ΔT) ne sont pas le résultat du hasard ou de variables aléatoires, mais qu'ils sont réellement influencés par la masse calculée de 13,75g. Effectivement, pour les masses du NH₄Cl $m_1 = 8,75g$; $m_2 = 13,75g$ et $m_3 = 18,75g$, la variation de la température était, respectivement, de $\Delta T_1 = 1,1^\circ C$; $\Delta T_2 = 5,0^\circ C$ et $\Delta T_3 = 5,2^\circ C$, *voir Tableau 1, p.6*. Ainsi, ces résultats vérifient que la masse calculée du NH₄Cl ($m_2 = 13,75g$) était bonne, car elle a permis une diminution de la température d'exactly 5,0°C, ce qui était la variation de température désirée. Autrement dit, le but était atteint. De plus, selon le graphique, la droite linéaire obtenue a démontré une corrélation positive linéaire entre la masse du NH₄Cl (g) et la variation de la température (°C), puisque le coefficient de détermination expérimentale ($R^2 = 0,8895$) est près de 1, *voir Figure 4, p.8*. En utilisant la formule de la pente obtenue :

$$y = 0,4112x - 1,874$$

Il est possible de calculer la valeur théorique de la variation de température (ΔT) qui devait être obtenue lorsque la masse (x) était de 13,75g. Cette valeur est de 3,780°C, ce qui donne un pourcentage d'erreur de 32% (*voir ANNEXES pour les exemples de calculs*). Ce pourcentage d'erreur est plus élevé que 10%, démontrant que les résultats manquent d'exactitude, donc des erreurs systématiques sont présents. En d'autres mots, le design expérimental n'a pas bien fonctionné. Ceci était le cas pour plusieurs raisons, dont le couvercle qui n'a pas pu être vissé sur le contenant en styromousse, compromettant l'isolation du système calorimétrique lorsque le calorimètre était agité. C'est-à-dire qu'il y avait également un transfert de chaleur (Q) avec l'environnement, ce qui a pu affecter les résultats. Afin d'éviter ceci, il faut s'assurer d'utiliser un

système calorimétrique dont le couvercle peut s'attacher. Une autre erreur systématique qui a pu affecter les résultats est la perte de particules du chlorure d'ammonium au fond du bécher utilisé. Cette perte de masse a affecté les résultats de manière que la température n'a pas assez diminuée, afin d'atteindre une variation de température de $5,0^{\circ}\text{C}$. Effectivement, ceci était le cas pour les masses $m_1 = 8,75\text{g}$ et $m_3 = 18,75\text{g}$, dont la variation de la température était, respectivement, de $\Delta T_1 = 1,1^{\circ}\text{C}$ et $\Delta T_3 = 5,2^{\circ}\text{C}$. Pour empêcher cette source d'erreur, il faut utiliser un bateau en plastique, afin de mesurer la masse du NH_4Cl , évitant une grande perte de masse. Par ailleurs, puisqu'il y avait trois conditions différentes (m_1 , m_2 et m_3), mais un seul essai pour chaque, la précision des résultats est faible. Afin de l'augmenter, il est essentiel d'augmenter le nombre d'essai fait par condition, assurant que les résultats ne sont pas influencés par plusieurs erreurs aléatoires et que les résultats sont reproductibles.

Finalement, la manière dont l'expérience était organisée était choisie spécifiquement pour qu'il soit possible de savoir les effets d'ajouter un excès de sel et une masse inférieure de sel, afin de refroidir l'eau. Effectivement, trois essais ont été menés. Le premier était avec $5,0\text{g}$ de moins que la valeur expérimentale calculée pour refroidir 100 dm^{-3} d'eau en 5 minutes (300 secondes) ($8,7\text{g}$) ; le deuxième essai était avec la valeur expérimentale calculée pour refroidir 100 dm^{-3} d'eau en 5 minutes ($13,7\text{g}$); le dernier essai était avec la valeur expérimentale calculée pour refroidir 100 dm^{-3} d'eau en 5 minutes. Les résultats ont démontrés qu'en ajoutant moins de sel que ce qui est requis, ΔT sera inférieure à $5,0^{\circ}\text{C}$, tandis qu'en ajoutant plus de sel que ce qui est requis, ΔT sera supérieur à $5,0^{\circ}\text{C}$ après 5 minutes.

Conclusion

Pour conclure, le but de l'expérience était atteint, puisque la variation de température obtenue pour la masse calculée de $13,75\text{g}$ était de $5,0^{\circ}\text{C}$. Cependant, grâce au pourcentage d'erreur élevé de 32% et du manque de nombre d'essai par condition, les résultats obtenues manquent d'exactitude et de précision.

Références

- CNESST. *Nitrate d'ammonium*. (en ligne).
https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=10736.
- CNESST. *Chlorure d'ammonium*. (en ligne).
https://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=281.

LES ANNEXES

Données brutes

Expérience 2: UA b

$m_c = 8,75 \text{ g}$
 $Q_{rx} = -(Q_{eau} + Q_{canette})$

i) $Q_T = -(Q_{eau} + Q_{metal} + Q_{sol})$
 $Q_T = -(m_{e} S_e \Delta T + m_m S_m \Delta T + m_{sol} S_{sol} \Delta T)$
 $Q_T = [(100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J/K}) + (8,75 \cdot 4,184 \text{ J/K}) + (\frac{100 \text{ g}}{1000} \cdot 4,184 \text{ J/K})]$
 $= -(2092 + 36,55 + 2092)$
 $= -4367 \text{ J} \rightarrow +4,37 \text{ KJ}$

ii) $h_{sH} = \frac{q_r}{n}$ iii) $m = n \cdot M$
 $n = \frac{q_r}{h_{sH}}$
 $n = 0,257$
 $m = 0,257 \cdot (53,5 \text{ g/mol}) = 13,7 \text{ g}$

Matériel:

- ~ 1 canette
- ~ 1 calorimètre en styro moussé
- ~ 13,75g de NH_4Cl (s)
- ~ 1 cylindre gradué de 50ml ($\pm 0,5$)
- ~ 1 bœcher de 50ml ($\pm 5\%$)
- ~ 1 thermomètre
- ~ 1 Labquest 2
- ~ 1 balance électronique (0,01)

	m (g)	T_i (°C)	T_f (°C)	ΔT (°C)
Essai 2	13,75	21,8	17,8	5,0
Essai 2	13,7	22,5	17,8	4,5
Essai 3	18,75	22,4	17,2	5,2
Essai 1	8,75	21,2	20,1	4,1
Essai 3	18,75	22,4	17,2	5,2

Eolana Sumendran
Ronda Selmana
Jacob Dubois
Hugo Boisvenerne

Tableau 1: Les valeurs quantitatives des températures initiales, finales et de la variation de température ($T_f - T_i$) (en °C) de l'eau dans la petite canette durant 300 secondes, pour 3 essais.

Essai	Masse (en g)	Température initiale (en °C)	Température finale (en °C)	Δ Température (en °C)
1	8,75	21,2	20,1	4,1
2	13,75	22,8	17,8	5,0
3	18,75	22,4	17,2	5,2

Graphiques

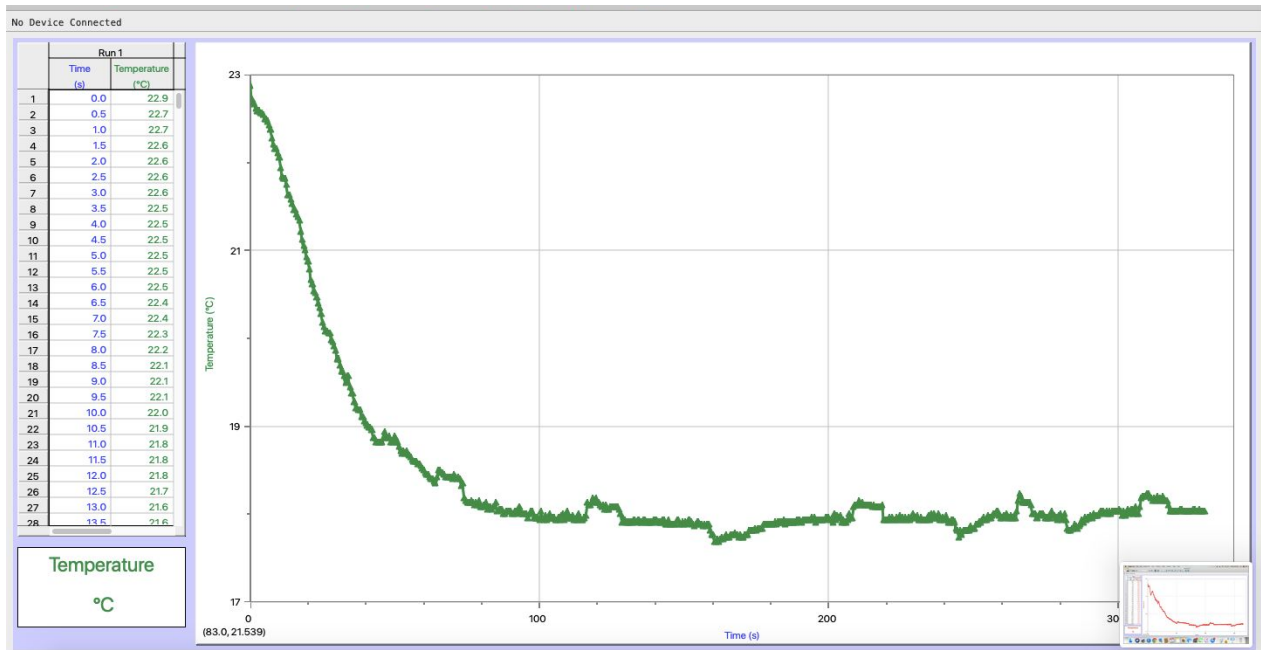


Figure 1: Relation entre le temps et la température de la solution pour l'essai 1 ($m_1=13,75g$).

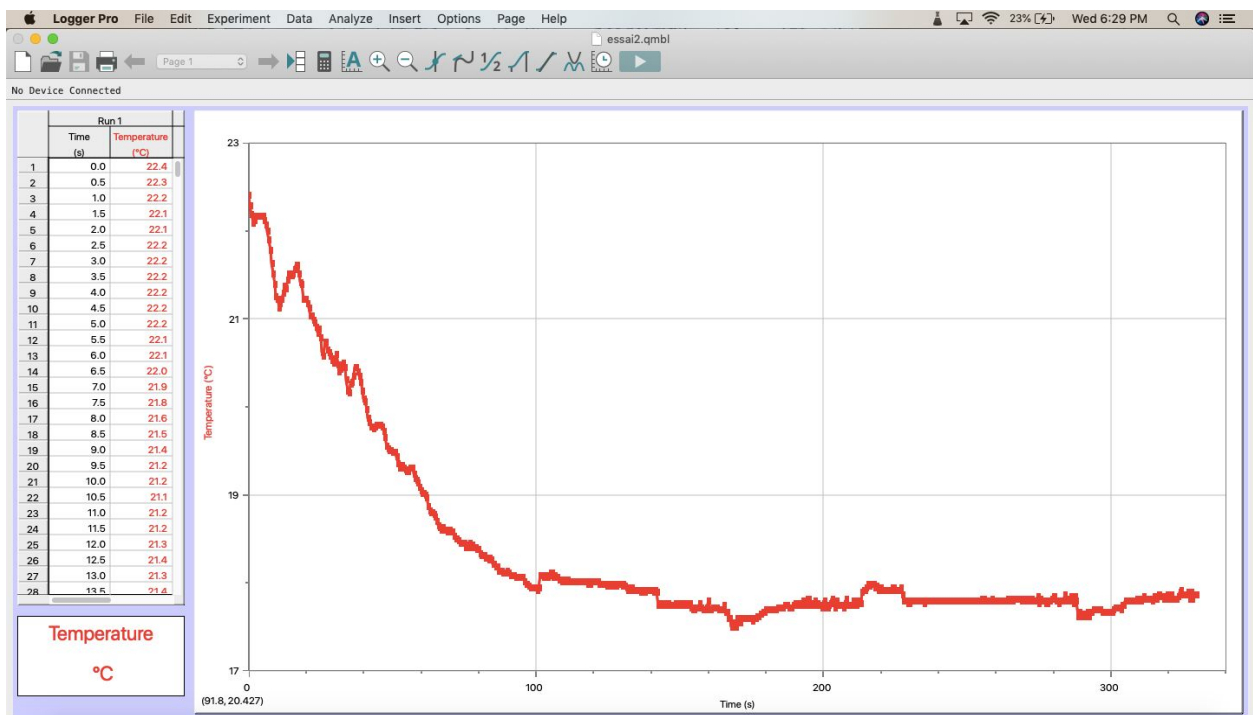


Figure 2: Relation entre le temps et la température de la solution pour l'essai 2 ($m_2 = 8,75g$).

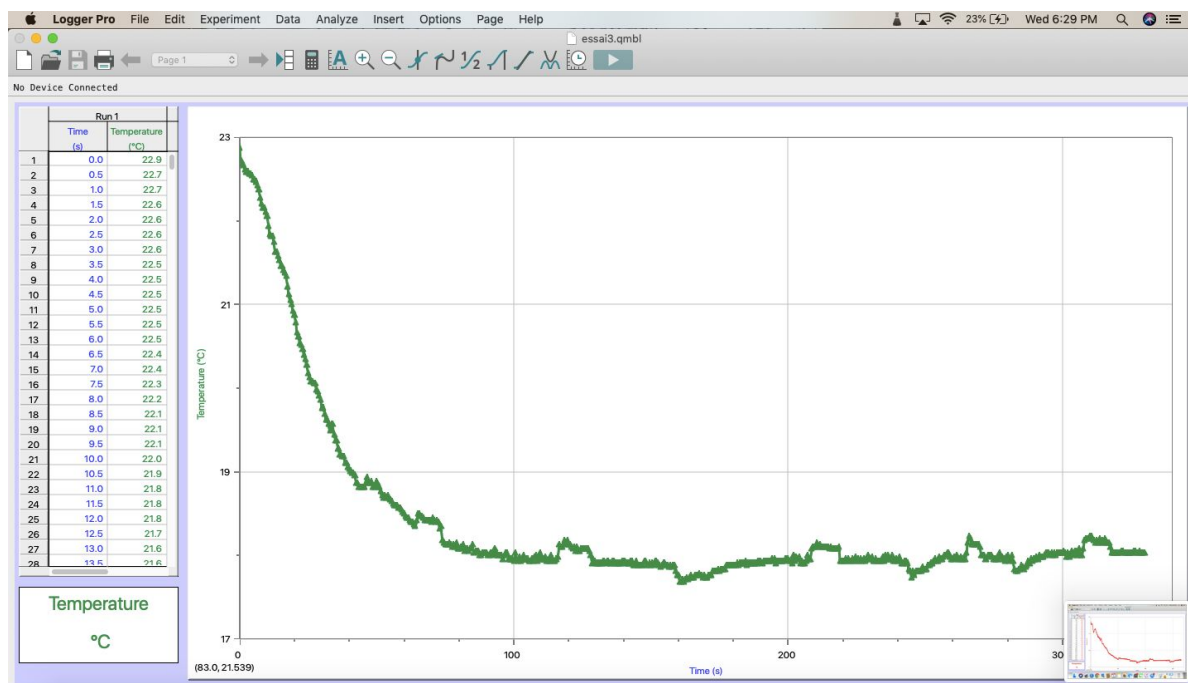


Figure 3: Relation entre le temps et la température de la solution pour l'essai 3 ($m_3 = 18,75\text{g}$).

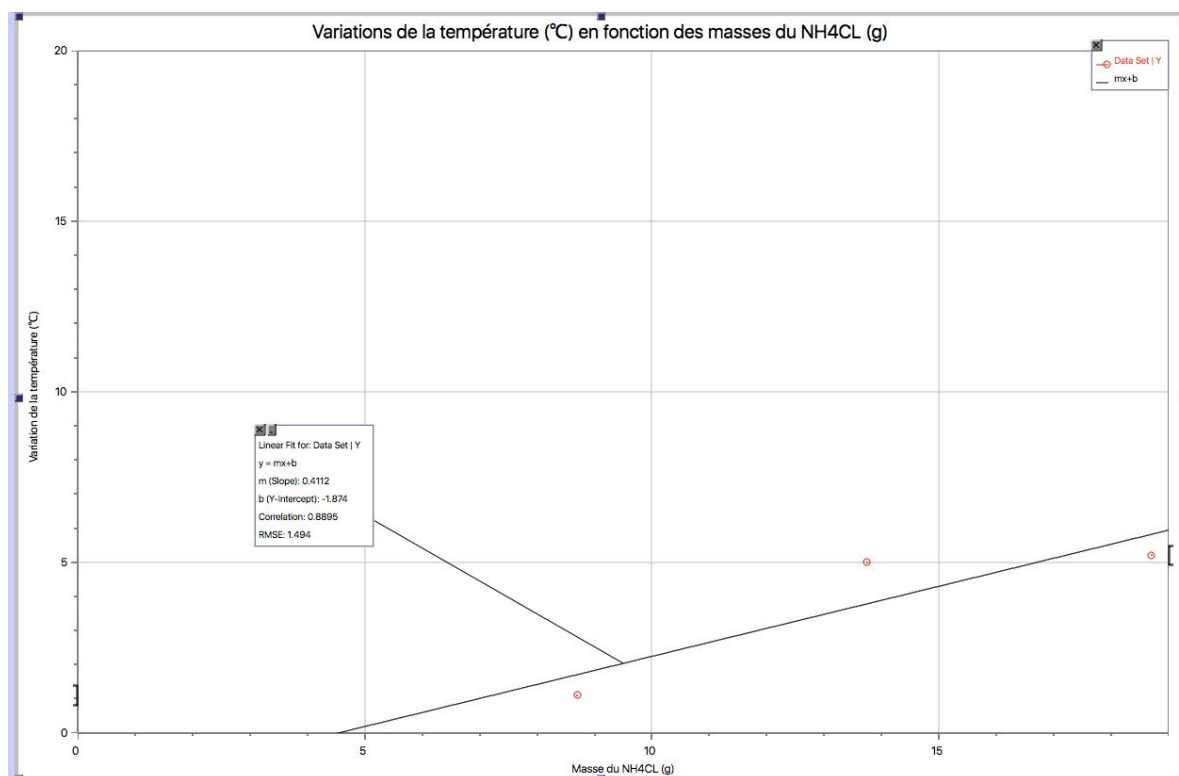


Figure 4: Il y a une corrélation positive linéaire entre la masse du NH_4Cl (g) et la variation de la température ($^{\circ}\text{C}$). Puisque le coefficient de détermination expérimentale ($R^2 = 0,8895$) est près de 1, la relation entre la masse du NH_4Cl et la variation de la température est linéaire positive. Alors, lorsque la masse du NH_4Cl augmente, la variation de la température augmente aussi.

Calculs

1. Détermination de la masse du chlorure d'ammonium NH_4Cl

$$Q_T = Q_{\text{eau}} + Q_{\text{solution}} + Q_{\text{canette}}$$

$$Q_T = -(ms\Delta T) + (ms\Delta T) + (ms\Delta T)$$

$$Q_T = -(100)(4,18)(-5) + (100)(4,18)(-5) + (8,75)(4,18)(-5)$$

$$Q_T = -2090 + -2090 + -182,875$$

$$Q_T = 4362,88 \text{ J}$$

$$Q_T = 4,37 \text{ KJ}$$

$$\Delta H = qt/n$$

$$\Delta H = q/\Delta sH$$

$$\Delta H = 4,37/17$$

$$\Delta H = 0,257$$

$$m = n \times M$$

$$m = 0,257 \times 53,5$$

$$\therefore m = 13,75\text{g}$$

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 14,007 + (1,01 \times 4) + 35,45$$

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 53,497$$

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 53,5\text{m}$$

2. Détermination de la valeur théorique de ΔT

$$y = mx + b$$

$$y = 0,4112x - 1,874$$

$$y = 0,4112(13,75) - 1,874$$

$$\therefore y = 3,780 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Détermination du pourcentage d'erreur

$$\% \text{ d'erreur} = \left| \frac{\text{valeur}_{\text{exp}} - \text{valeur}_{\text{théo}}}{\text{valeur}_{\text{théo}}} \right| \times 100\%$$

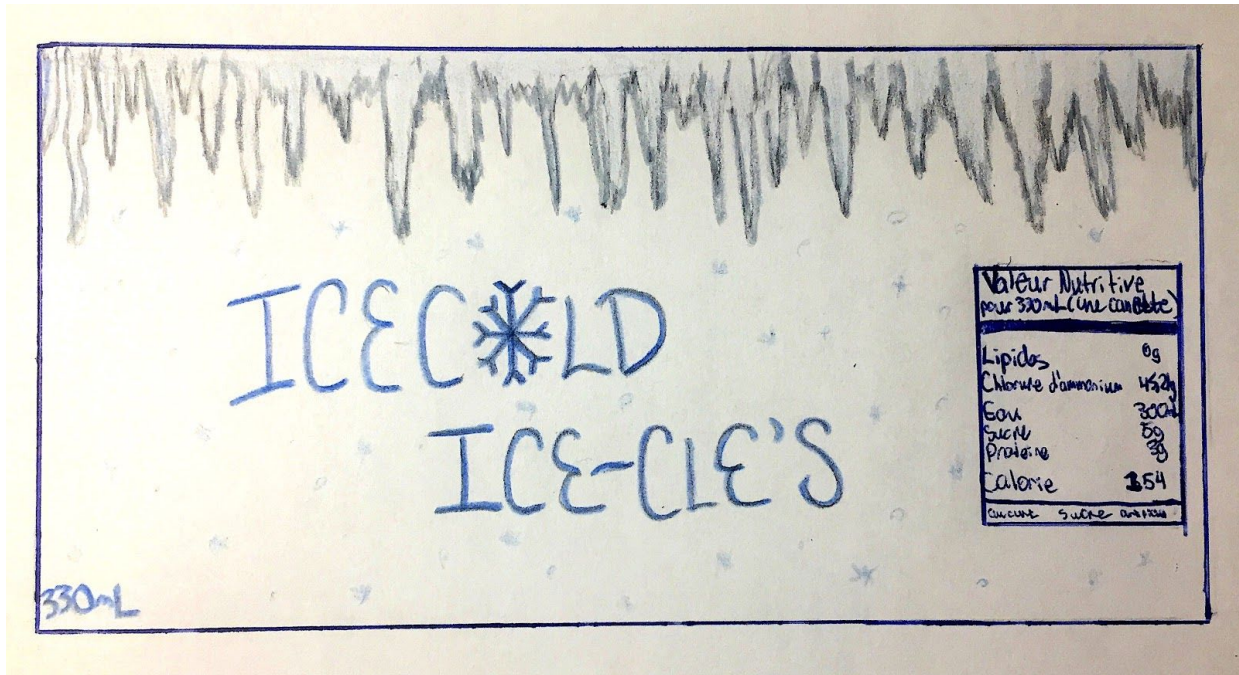
$$\% \text{ d'erreur} = \left| \frac{5,0^\circ\text{C} - 3,780^\circ\text{C}}{3,780^\circ\text{C}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ d'erreur} = |0,32| \times 100\%$$

$$\therefore \% \text{ d'erreur} = 32\%$$

Aspect créatif

1. Nom créatif pour le produit: IceCold, Ice-cle's
2. Design d'une étiquette créative pour le produit



3. Design créatif pour la canette

Une petite canette remplie d'une boisson sera placée dans une plus grande canette d'eau. Au fond de la canette à l'extérieure, il y aura un bouton qui va libérer le sel (NH_4Cl) dans l'eau, afin de refroidir la boisson par 5 degré dans 5 minutes. En effet, puisque le milieu du fond de la canette ne touche jamais une surface lorsqu'il est debout, le bouton ne sera jamais poussé.

Critères d'évaluation

Critères d'évaluation pour Un Bon Verre D'Eau Froide! (imprimez et collez dans votre cahier de laboratoire avant de rentrer au labo)

Nom du TA:	Malick	Noms des étudiants dans l'équipe:	a) Randa Salama
			b) Eelama Surendran
			c) Jacob Dubois Hugo Boisvenue
		Date:	03/10/2019
Critères:	Points Possible	Évaluation	
		étudiant	TA
1. Identifier le problème et le résumer clairement d'une manière vérifiable par expérience.	1	1	1
2. Utilise les bons appareils, techniques et précautions sécuritaires.	0.5	0,5	0,5
3. Variation d'une seule variable à la fois.	1	1	1
4. Conditions pour les autres variables sont clairement constatées.	0.5	0,5	0,5
5. Des erreurs expérimentales minimisées par le bon choix de méthode ou appareil.	0.5	0,5	0,5
6. Aucune supposition invalide.	0.5	0,5	0,5
7. Identification des réactifs qui ont besoin d'être mesuré avec la précision.	0.5	0,5	0,5
8. Essais multiples indiqués.	0.5	0,5	0,5
TOTAL:	5	5	5

Remarque : Cette note contribuera à la note de l'exercice préparatoire.