

# Feuilles de Travail – Expérience 2

Titre de l'Expérience: Un Bon Verre d'Eau Froide!

Nom(s) de(s) Auteur(s): Julien Chan, Antoine Khayat, et Mathieu Symons

Nom du TA (Démonstrateur): Jordan Brazeau-Henrie

Date de l'Expérience: Mercredi 25 septembre, 2019

Date de soumission: Mercredi 2 octobre, 2019

## Introduction:

Ce laboratoire inclut l'exploration de divers lois thermochimiques qui permettent de résoudre une tâche attribué à chaque équipe. Le but de ce laboratoire est déterminer le montant de masse requise pour refroidir une canette de 100 mL d'eau potable par 5 degrés celsius en moins de 5 minutes. Afin de trouver la valeur théorique du masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire pour la refroidissement de l'eau, il est important d'avoir une connaissance sur la calorimétrie, la chaleur massique, et l'enthalpie de mise en solution (qui peut être calculé avec l'énergie réticulaire et l'énergie d'hydratation). L'eau peut être refroidi par une réaction avec du sel dans un calorimètre, car celui-ci va absorber la chaleur de l'eau (réaction endothermique) de la canette<sup>1</sup>. L'eau va donc refroidir et notre but sera atteint. Par contre, il faut avoir un montant suffisant de sel, sinon il n'y aura pas assez d'absorption de chaleur et l'eau ne sera pas assez refroidi. Dans le laboratoire, il y a eu 2 choix de sels: du chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), ou le nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_3\text{NO}_3$ ). Cependant, il a été noté que l'utilisation du nitrate d'ammonium n'est pas possible, car la compression et l'ajout de carburant au nitrate d'ammonium créé un danger d'explosion<sup>2</sup>. Donc par défaut, on doit utiliser le chlorure d'ammonium.

Afin de contrôler le refroidissement de l'eau, il est nécessaire d'utiliser un calorimètre simple afin d'avoir une façon de mesurer la quantité d'énergie thermique gagnée ou perdue au cours de la dissolution du sel. Ce calorimètre nécessite deux composantes; un cylindre de styromousse (rempli avec 120 cm<sup>3</sup> d'eau) englobant la canette (rempli avec 100 cm<sup>3</sup> d'eau), ainsi qu'un sonde de température qui pourrait être percer dans la calorimètre afin de mesurer la température. Le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  seras placé dans l'eau entre la canette et le cylindre. La réaction entre l'eau et le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  va résulter à l'absorption de chaleur de l'eau du canette.

Le but de l'expérience sera atteint lorsque l'eau se refroidir de 5 degrés et lorsqu'on est capable de montrer la relation entre le volume d'eau (variable indépendante) et la température (variable dépendante).

---

<sup>1</sup> « TOUTES CES BELLES RAISONS QUI SONT L'ORNEMENT DE VOTRE CONSCIENCE NE ME FONT NI CHAUD NI FROID », Théorie pour la Thermochimie, Dr. Rashmi Venkateswaran, 2019

<sup>2</sup> « AMMONIUM NITRATE », TOXNET Toxicology Data Network, SYS, 2015

## Procédure:

1. Remplir la canette avec  $100 \text{ cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué de 50 mL ( $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$ )
  2. Remplir le calorimètre (styromousse) avec  $120 \text{ cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué de 50 mL
  3. Placer la canette dans le calorimètre
  4. Mesurer 19 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à l'aide d'une balance
  5. Ouvrir le LabQuest 2 et attachez la sonde de température
  6. Assurez vous que le LabQuest mesure la température en relation du temps
  7. Enfiler totalement la sonde de température dans le trou retrouvé sur le couvercle du calorimètre
  8. Mesurer et noter la température de l'eau dans la canette afin d'avoir la température initiale
  9. Peser le bouton vert sur le LabQuest 2 afin de commencer la récolte des données
  10. À l'aide d'une spatule, placer le sel dans le calorimètre (l'espace entre la canette et le calorimètre), et placer le couvercle avec la sonde de température immédiatement afin de réduire l'incertitude sur l'échappement du chaleur
  11. Commencer une minuterie de 5 minutes
  12. Brasser le calorimètre pour 5 minutes afin d'assister à la dissolution du  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans l'eau
  13. Prendre en note la température la plus basse mesuré durant ces 5 minutes
  14. Répéter l'étape 1 à 13 deux autres fois avec des masses respectifs de 16 grammes et 22 grammes.
- Assurer de garder la variable indépendante (Le volume d'eau) inchangé pendant tout le laboratoire afin qu'il puisse donner des résultats précis par rapport au variable dépendante (la masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

## Discussion:

Avant d'avoir commencer le laboratoire, il était important de trouver la valeur théorique de la masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire dans l'eau du calorimètre qui permettra la réduction de la température de 100 mL d'eau dans la canette par 5 °C en 5 minutes. Avec la formule de l'enthalpie de mise en solution consultée sur la théorie préparatoire<sup>3</sup>, on a pu calculer celui-ci avec l'énergie d'hydratation et l'énergie réticulaire fourni par l'exercice préparatoire<sup>4</sup>. On trouve ce calcul dans l'annexe (a). Il est important de noter que dans ce laboratoire, le refroidissement de l'eau se fait avec 2 étapes. Il y a la canette qui absorbe la chaleur, en plus de le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  qui se dissout dans l'eau. Ceci conclut qu'il y aurait deux Q (Variation de chaleur) distinctes dans ce systèmes. Avec l'enthalpie de mise en solution ( $\Delta_s H$ ), les masses d'eau et canette ( $m_{\text{eau}}$ ,  $m_c$ ), les chaleurs massique d'eau et canette ( $s_{\text{eau}}$ ,  $s_c$ ), et le changement de température ( $\Delta T$ ), il est possible de calculer le nombre de moles de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire pour compléter le but, trouver dans l'annexe (b). Avec le nombre de moles, on peut donc trouver la masse du  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire avec l'aide de la masse molaire, trouver dans l'annexe (c). Ceci nous a donné une masse théorique de

14,80 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  qui va nous permettre de diminuer la température de 100 mL d'eau dans une calorimètre par 5 degrés celsius.

En consultant cette masse théorique, les valeurs de masse peuvent être à l'entour de celui-ci. Le choix des valeurs de 16 g, 19 g, et 22 g s'est fait à l'accordance avec le TA, causés pas les sources d'erreurs mentionnées à la fin, qui ont pu affecter nos données. Il était possible decompiler les données de température en fonction du temps dans un

Température en fonction du Temps

	16 g		16 g 2		19 g		22 g	
	Temps (min)	T (°C)	Temps (min)	T (°C)	Temps (min)	T (°C)	Temps (min)	T (°C)
1	0	23.6	0	24.6	0	21.7	0	21.4
2	0.02	23.5	0.02	24.6	0.02	21.6	0.02	21.3
3	0.03	23.5	0.03	24.6	0.03	21.6	0.03	21.3
4	0.05	23.5	0.05	24.6	0.05	21.7	0.05	21.3
5	0.07	23.5	0.07	24.5	0.07	21.6	0.07	21.4
6	0.08	23.5	0.08	24.6	0.08	21.7	0.08	21.4
7	0.1	23.5	0.1	24.6	0.1	22.2	0.1	21.4
8	0.12	23.5	0.12	24.6	0.12	22.5	0.12	21.4
9	0.13	23.5	0.13	24.5	0.13	22.7	0.13	21.4
10	0.15	23.5	0.15	24.6	0.15	22.8	0.15	21.4

\*\*\*

290	4.82	20.3	4.82	20.6	4.82	19.3	4.82	16.4
291	4.83	20.3	4.83	20.6	4.83	19.3	4.83	16.4
292	4.85	20.3	4.85	20.5	4.85	19.4	4.85	16.4
293	4.87	20.3	4.87	20.5	4.87	19.4	4.87	16.4
294	4.88	20.3	4.88	20.5	4.88	19.3	4.88	16.4
295	4.9	20.3	4.9	20.5	4.9	19.4	4.9	16.4
296	4.92	20.3	4.92	20.5	4.92	19.3	4.92	16.3
297	4.93	20.3	4.93	20.5	4.93	19.4	4.93	16.3
298	4.95	20.3	4.95	20.5	4.95	19.3	4.95	16.3
299	4.97	20.3	4.97	20.5	4.97	19.4	4.97	16.3
300	4.98	20.3	4.98	20.5	4.98	19.4	4.98	16.3
301	5	20.3	5	20.5	5	19.4	5	16.3

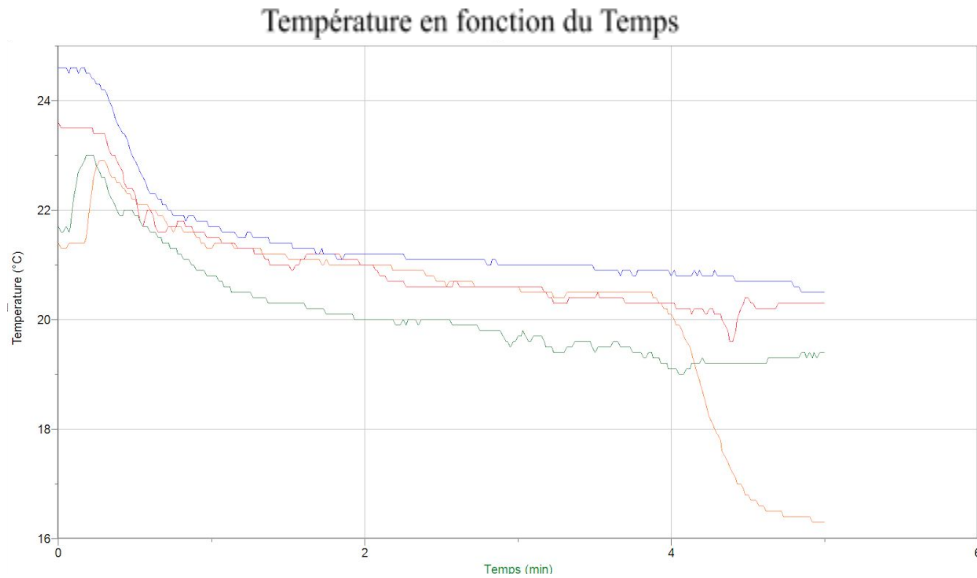
<sup>3</sup> « TOUTES CES BELLES RAISONS QUI SONT L'ORNEMENT DE VOTRE CONSCIENCE NE ME FONT NI CHAUD NI FROID », Théorie pour la Thermochimie, Dr. Rashmi Venkateswaran, 2019

<sup>4</sup> « Un Bon Verre d'Eau Froide », Exercice preparatoire, Dr. Rashmi Venkateswaran, 2019

tableau présenté à droite (Valeurs initiales et valeurs finales).

Le graphique à droite nous démontre la fonction

représentant le tableau de température en relation du temps. On constate que la ligne bleue et la ligne rouge avait une différence de température plus basse car les masses de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  était moins grandes (16g). Dans l'autre main, la ligne orange avait une différence de température plus élevée car la masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  était plus grande (22g). La tableau ci-dessous

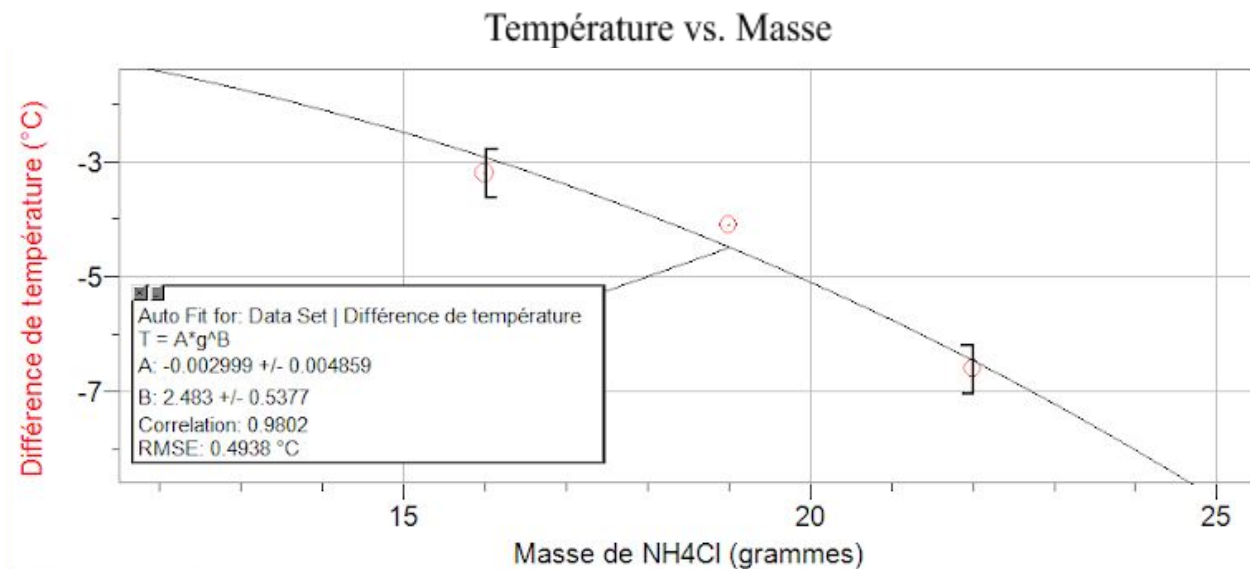


nous démontre la différence de température en fonction de la masse. On trouve que le masse de sel est directement proportionnel au changement de température.

Différence de température ( $\Delta T$ )

Masse de $\text{NH}_4\text{Cl}$ (g)	$\Delta T$ essai 1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta T$ essai 2 ( $^{\circ}\text{C}$ )
16	-3,4	N/A
19	-4,1	-4.1
22	-6,6	N/A

C'est constater dans ce tableau que pour avoir un  $\Delta T$  de  $-5,0^{\circ}\text{C}$ , il faut avoir un masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  entre 19 et 22 grammes. En mettant ce tableau en forme de graphique et en traçant une ligne représentatif de fonction  $A \cdot g^B$ , ceci peut nous permettre de trouver une valeur approximative du masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire pour refroidir l'eau de  $5^{\circ}\text{C}$ .



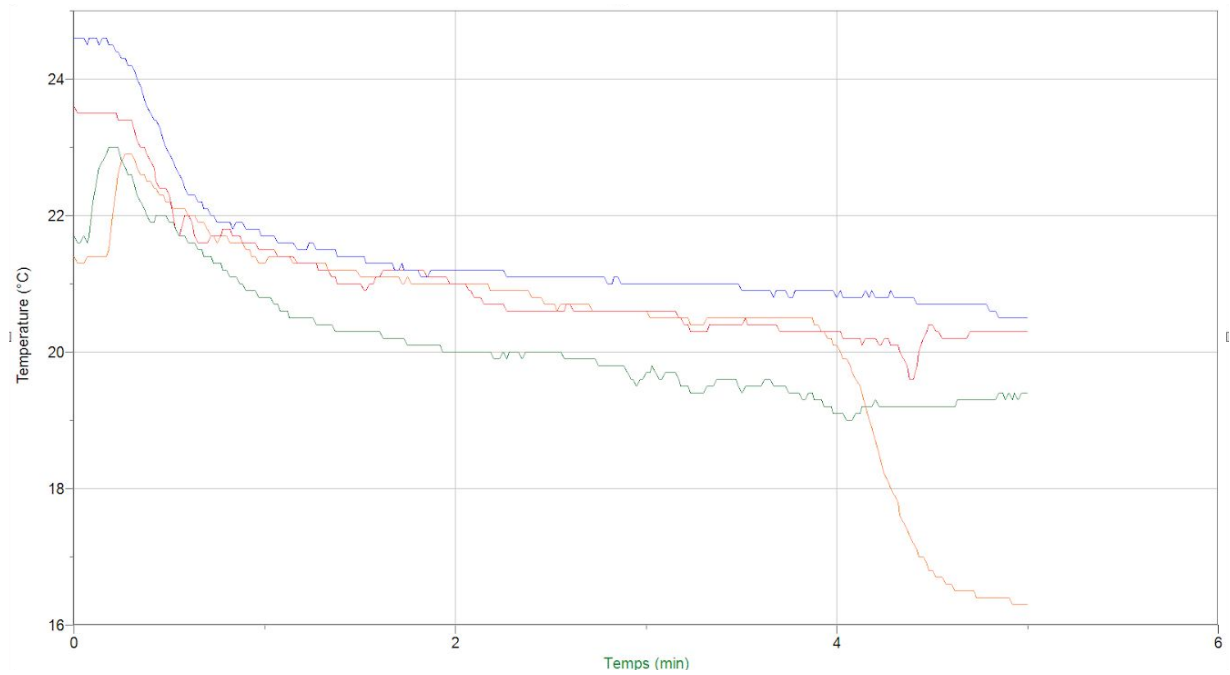
À l'aide du logiciel de LoggerPro, ceci démontre qu'afin d'avoir une différence de température de  $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , il faut avoir un masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  de 19,95 grammes. Avec un coût de \$62,40 par 500 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , on peut calculer que 19,95 grammes de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  vas coûter \$2,49 (annexe (d)).

Il est évident que la valeur théorique trouvée au début n'est pas très semblable à la valeur expérimentale à cause de divers facteurs qui doivent être pris en considération pour justifier cette grande différence. Premièrement, le calorimètre de styromousse était vieux et n'était pas très imperméable à l'eau. Cela diminue le volume de l'eau dans le calorimètre qui donne un rendement plus petit (la masse de l'eau se trouve sur le numérateur). Il est donc important pour la prochaine fois d'avoir un calorimètre plus fiable et moins susceptible au fuite d'eau. Deuxièmement, on peut aussi trouver une inconsistance dans le brassement du calorimètre. Ceci est une composante vitale dans ce laboratoire car le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  doit se dissoudre dans l'eau afin d'absorber la chaleur de la canette. Une grosse baisse de température peut être constatée dans l'essai avec 22g (orange) à environ 4 minutes. Ceci était causé par un brassement plus fort comparé aux autres essais. C'est donc évident que, même si le brassement cause de l'énergie cinétique (chaleur produit), il facilite la dissolution et résulte d'une baisse plus grande de température. L'inconsistance de se secouement peut affecter nos résultats tel démontré par l'essai avec 22g (orange). Une amélioration qu'on peut prendre en considération dans ce laboratoire est d'avoir une façon électrique/automatique de brassement afin d'avoir des résultats cohérente et uniforme.

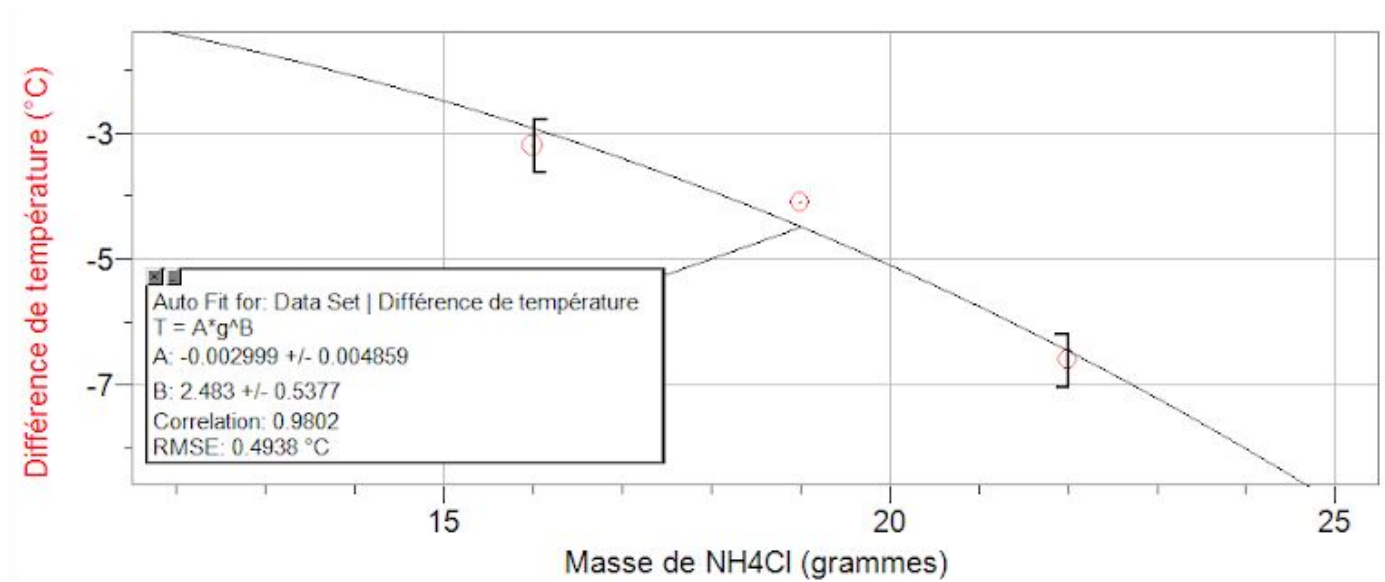


## Graphiques:

### Température en relation de la masse



### Température vs. Masse



### Calculs:

(a) L'enthalpie de mise en solution du chlorure d'ammonium solide

$$\Delta_s H = -(705) + (307 + 381)$$

$$\Delta_s H = -17 \text{ kJ}$$

(b) Calcul de nombre de moles de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire

$$\Delta_s H = (Q_{\text{eau}} + Q_c) / n_{\text{NH}_4\text{Cl}}$$

$$\Delta_s H = ((m_{\text{eau}} * s_{\text{eau}} * \Delta T_{\text{eau}}) + (m_c * s_c * \Delta T_c)) / n_{\text{NH}_4\text{Cl}}$$

$$-17000 \text{ J} = ((220,0 \text{ mL} * 4.184 \text{ Jmol}^{-1} * -5,000^\circ\text{C}) + (7.880 \text{ g} * 0.444 \text{ Jmol}^{-1} * -5,000^\circ\text{C})) / n_{\text{NH}_4\text{Cl}}$$

$$-17000 \text{ J} * n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = -4620$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0.2717 \text{ moles}$$

(c) Calculer la masse du  $\text{NH}_4\text{Cl}$

$$m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = n_{\text{NH}_4\text{Cl}} * M_{\text{NH}_4\text{Cl}}$$

$$m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0.2717 \text{ moles} * 54,49 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 14,80 \text{ grammes}$$

(d) Calculer le coût

$$\text{Coût} = 62,4\$ / 500 \text{ grammes} * 19,95 \text{ grammes}$$

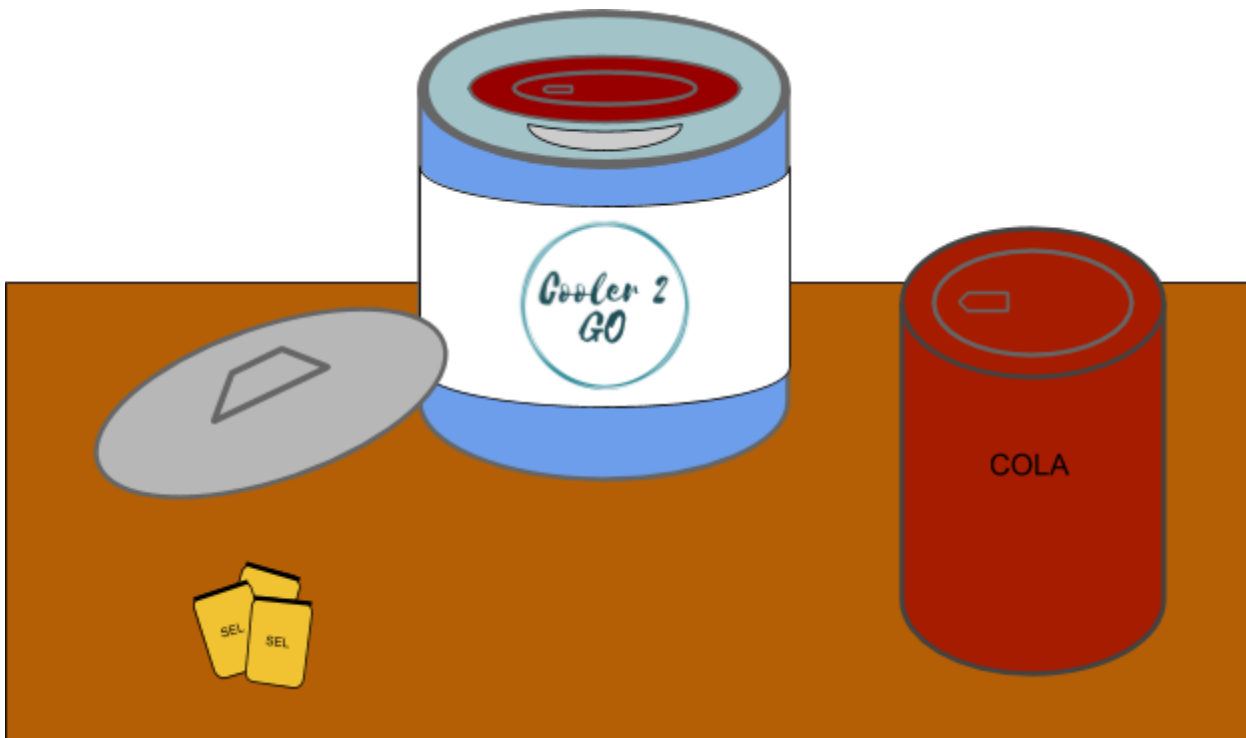
$$\text{Coût} = 2,49\$$$

### ***Conclusion:***

La valeur théorique calculée de la masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nécessaire pour faire diminuer une canette d'eau de 100 mL dans un calorimètre de  $5^\circ\text{C}$  en 5 minutes est de 14,80 grammes tandis que la valeur expérimentale trouvée à l'aide de LoggerPro était de 19,95 grammes. Une relation a été établie entre la masse du  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en fonction de la température de l'eau.

### **Aspect créatif:**

#### *COOLER 2 GO*



## Données brutes:

### Procédure

1. Remplir la cannette avec  $100 \text{ cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué
2. Remplir le calorimètre (styromousse) avec  $120 \text{ cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué
3. Placer la cannette dans le calorimètre
4. Mesurer  $19 \text{ g}$  de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à l'aide d'une balance
5. Ouvrir le LabQuest 2 et attachez la sonde de température
6. Assurez-vous que le LabQuest mesure la température en relation du temps
7. Enfiler soigneusement la sonde de température dans le trou retrouvé sur le couvercle
8. Mesurer et noter la température de l'eau dans la cannette (température initiale)
9. Appuyer le bouton vert sur le LabQuest afin de commencer la récolte de données
10. À l'aide d'une spatule, placer le sel dans le calorimètre, et placer le couvercle avec la sonde de température immédiatement
11. Commencer une minuterie de 5 minutes
12. Brassier le calorimètre pour 5 minutes afin d'assister à la dissolution du  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans l'eau
13. Prendre en note la température la plus basse durant ces 5 minutes
14. Répéter l'étape 1 à 13 deux autres fois avec des masses respectives de  $16 \text{ grammes}$  et  $22 \text{ grammes}$ . Assurer de garder la variable indépendante (volume d'eau) inchangé pendant tout le laboratoire afin qu'il puisse donner des résultats précis par rapport au variable dépendante ( $m$  de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

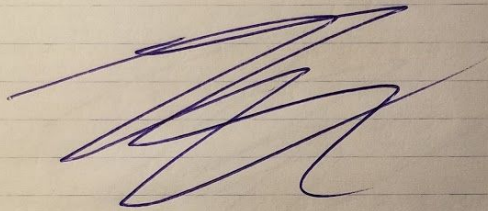
### Chlorure d'Aluminium

$$-17000 \text{ J} = \underbrace{(220,0 \text{ ml})(4,184 \text{ J mol}^{-1})}_{n_{\text{sel}}}(-5,000^\circ\text{C}) + (7,985 \text{ g})(0,444 \text{ J mol}^{-1})(-5,000^\circ\text{C})$$

$$-17000 \text{ J} \cdot (n_{\text{sel}}) = -4620$$

$$n_{\text{sel}} = 0,2717 \text{ mol}$$

$$m_{\text{sel}} = 0,2717 \text{ mol} \cdot 54,49 \text{ g/mol} = 14,80 \text{ g}$$



### Données brutes

Masse de sel	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$
16g	3,2		
19g	4,1	4,1	
22g	6,6		



Masse du sel (g)	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$
16g	3.2		
19g	4.1	4.1	
22g	6.6		

*[Handwritten signature]*

$$m_{\text{metal}} = 7.88$$

$$1700 = \frac{-(200.02)(4.184)(-5.00^\circ\text{C}) + -7.88(0.444)(-5.00^\circ\text{C})}{n_{\text{sel}}}$$

$$n_{\text{sel}} = 0.270 \text{ mol}$$

$$m_{\text{sel}} = n_{\text{sel}} \times M_{\text{sel}}$$

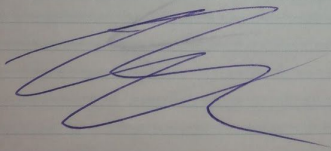
$$m_{\text{sel}} = 0.270 \text{ mol} \times (4.01 + 4.04 + 35.45) \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{sel}} = 14.5 \text{ g}$$

*[Handwritten signature]*

### Procédure (Lab 2)

1. Remplir la cannette avec  $100\text{cm}^3$  d'eau en utilisant un cylindre gradué de  $50\text{cm}^3$ .
2. Placer la cannette dans un calorimètre.
3. Remplir le calorimètre avec  $100\text{cm}^3$  d'eau en utilisant le cylindre gradué de  $50\text{cm}^3$ .
4. Mesurer  $14,5\text{g}$  de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .
5. Prendre la température de l'eau dans la cannette.
6. Avec l'aide d'une spatule, pousser le sel dans le calorimètre.
7. Mettre le couvercle sur le calorimètre et insérer le thermomètre.
8. Commencer minuteur pour 5 minutes.
9. Déterminer la température la plus basse dans les 5 minutes.
10. Répéter l'expérience comme deuxième essai.

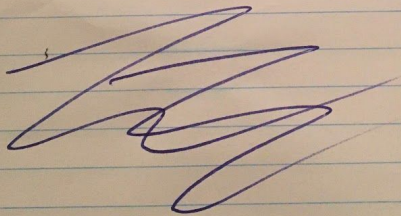


$$\Delta H = 17 \text{ kJ}$$

$$17000 = \frac{(0,20)(4,18)(-5) + (0,444)(7,88)(65)}{n}$$

$$n_{\text{sol}} = \frac{4590}{17000} = 0,27$$

$$m_{\text{sol}} = 0,27 \cdot 53,441 = 14,5$$



### Procédure (Lab 2)

1. Remplir la cannette avec  $100\text{cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué de  $50\text{cm}^3$
2. Placer la cannette dans le calorimètre
3. Remplir le calorimètre avec  $100\text{cm}^3$  d'eau, en utilisant un cylindre gradué de  $50\text{cm}^3$
4. Mesure ~~10g~~<sup>10g</sup> de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (14,5g fait  $\Delta T = 5$ )
5. Mesurer la température de l'eau dans la cannette
6. À l'aide d'un spatule, ~~verser~~ dans le calorimètre (pas dans la cannette)  
→ Brasser légèrement
7. Placer le couvercle du calorimètre et insérer le thermomètre
8. Commencer un timer de 5 minutes
9. Prendre en note la température la moins élevée dans 5 minutes
10. Répéter cette étape 3 fois pour des données précises, pour 3 différentes masses (12, 14, 16)  
10, 13, 16, 19

Variante indépendante =  $m$   
dépendante =  $T$  °C

Masse	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$
16	3,2		
19	4,1	4,1	
22	6,6		

**Assessment Criteria for Planning A Tall Cold Drink of Water**  
 (print and paste in your lab notebook before coming to lab)

<b>TA Name:</b>	Jordan	<b>Names of Students in Group:</b>	a. Pascal-Tan Vu-Mreau
			b. Jerome Dery
			c.
		<b>Date:</b>	
<b>Criteria:</b>	<b>Marks Possible</b>	<b>Assessment</b>	
		<b>Self</b>	<b>TA</b>
1. Identify the problem and state it clearly in a way that can be tested.	<b>1</b>		0
2. Use proper apparatus, techniques and safety precautions.	<b>0.5</b>		0.5
3. Plan to vary only one independent variable at a time.	<b>1</b>		0.5
4. Controls on other variables are clearly stated.	<b>0.5</b>		0.5
5. Measurement errors are minimized by appropriate procedures or apparatus.	<b>0.5</b>		0.5
6. No invalid assumptions are made.	<b>0.5</b>		0.5
7. Reagents that need accurate measurement are identified.	<b>0.5</b>		0.5
8. Lab trials and repeats are clearly stated.	<b>0.5</b>		0.5
<b>TOTAL:</b>	<b>5</b>		

Note: This grade will count towards your prelab grade.

- Mathieu Symons  
 - A.K  
 - ZINA AZIZ  
 - Julien Chen  
 - Charles-Antoine Campeau

COURS: CHM1711  
VOTRE NOM: Jules Chan

Nom du TA: Jordan Brasseur-Henrie  
SIGNATURE: Jordan

### ÉVALUATION DES PAIRES (CONFIDENTIEL) POUR L'EXPÉRIENCE 2

Chaque membre de l'équipe doit soumettre une évaluation pour chaque autre membre de l'équipe.  
Les équipes consistant de 2 à 3 membres pour les rapports et jusqu'à 25 pour les sessions de planification.

**Vous pouvez modifier cette page. Il ne faut partager ni discuter les contenus possibles ou actuels de cette évaluation avec d'autres personnes.**

Quand vous faites l'évaluation du travail des autres membres de votre équipe, considérez les points suivants :

- Qualité du travail
- Contribution au travail final
- La capacité de travailler avec les autres membres de l'équipe
- La capacité de s'améliorer après avoir été demandé

Nom de membre de l'équipe	Évaluation	Note C/S
Antoine Khayat	Apporte des idées uniques et aidants <u>Contribution excellente</u>	6/5
Mathieu Symons	<u>Travaille ponctuel</u> <u>Travaille bien en équipe</u>	5

**A: Excellent (5) B: Très bon (4) C: Bon (3) D: médiocre(2) F: Faible (1)**

Important: Ne faites pas une auto-évaluation sur cette page