

Vérification de la loi de Boyle

Chloe Bergeron - 300034447

Sophie Gégouire-Mitha - 300026531

## **CHM1711 Section A04**

Démonstratrice:

Laurie Nadon Sabourin

28 septembre 2017

Département de Chimie

# Université d'Ottawa

## Introduction:

Un gaz est un état de la matière qui peut prendre la forme et le volume de leur contenant, et qui sont aussi compressibles. Les gaz sont affectés par des changements en température, pression, et volume (Venkateswaran, 2017).

Il y a trois lois qui décrivent le comportement des gaz: la loi de Boyle-Mariotte, la loi de Charles et la loi d'Avogadro. Pour commencer, la loi de Boyle-Mariotte explique ce qui arrive à la pression lors d'un changement en volume et vice-versa lorsque la température reste constante (West, 1999). Deuxièmement, la loi d'Avogadro explique le comportement du volume lors d'un changement dans le nombre de moles d'un gaz et vice versa, lorsque la température et la pression restent constante. Dernièrement, la loi de Charles décrit ce qui arrive au volume quand on change la température et vice-versa, si la pression reste constante (Zumdahl, 1997).

Ces trois lois décrivent le comportement des gaz idéales. Un gaz idéal est un gaz qui a un volume négligeable et qui ont des particules qui n'exercent aucune force les uns sur les autres, et qui obéit à ces trois lois, combinés ensemble pour former la loi des gaz parfaits,  $PV = nRT$  où  $P$  est la pression,  $V$  est le volume,  $n$  est le nombre de moles,  $T$  est la température et  $R$  est la constante des gaz parfaits (Venkateswaran, 2017) (Zumdahl, 1997).

Par contre, les vrai gaz n'obéissent pas toujours à ces lois, seulement dans des conditions de pressions basses et températures hautes (Venkateswaran, 2017).

## But:

Vérifier la loi de Boyle en prenant expérimentalement les pressions de différents volumes d'un même montant de gaz dans une seringue fermée pour ensuite effectuer des calculs qui nous permettront de valider ou de falsifier cette loi.

## Matériel:

- LabQuest 2
- Seringue en plastique de 20.00 mL
- Sonde de pression de gaz par Vernier
- Clé USB

**Variables:**

Variable dépendante: Pression du gaz dans la seringue (kPa)

Variable indépendante: Volume du gaz dans la seringue (mL)

Variable qui reste constante: Température ambiante

**Procédure:**

1. Allumer LabQuest 2
2. Brancher la sonde de pression de gaz par Vernier dans le port du LabQuest 2
3. Mesurer 2.00 mL d'air ambiant dans la seringue
4. Fixer la seringue à la sonde de pression de gaz Vernier
5. Prendre en note la pression avec LabQuest 2 en ajoutant 0.80 mL à la mesure du volume de gaz (il y a 0.80 mL de gaz dans la sonde)
6. Ajouter 2.00 mL d'air ambiant dans la seringue
7. Prendre en note la pression avec LabQuest 2 en ajoutant 0.80 mL à la mesure du volume de gaz
8. Répéter les étapes 6 et 7 quatre autres fois, jusqu'à atteindre un volume de 12.00 mL dans la seringue (12.80 avec le gaz dans la sonde de pression)
9. Mesurer la pression à un volume de 2.00 mL de gaz dans la seringue sans détacher la seringue de la sonde de pression
10. Détacher la seringue de la sonde de pression
11. Répéter les étapes 3 à 10 pour un total de quatre essais

## Observations/Résultats

### Graphiques

Figure 1 : Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction du volume mL, essai 1

Essai 1	
Volume (mL)	Pressure (kPa)
2.80	99.30
4.80	53.91
6.80	38.21
8.80	29.62
10.80	24.00
12.80	20.23
2.80	101.33

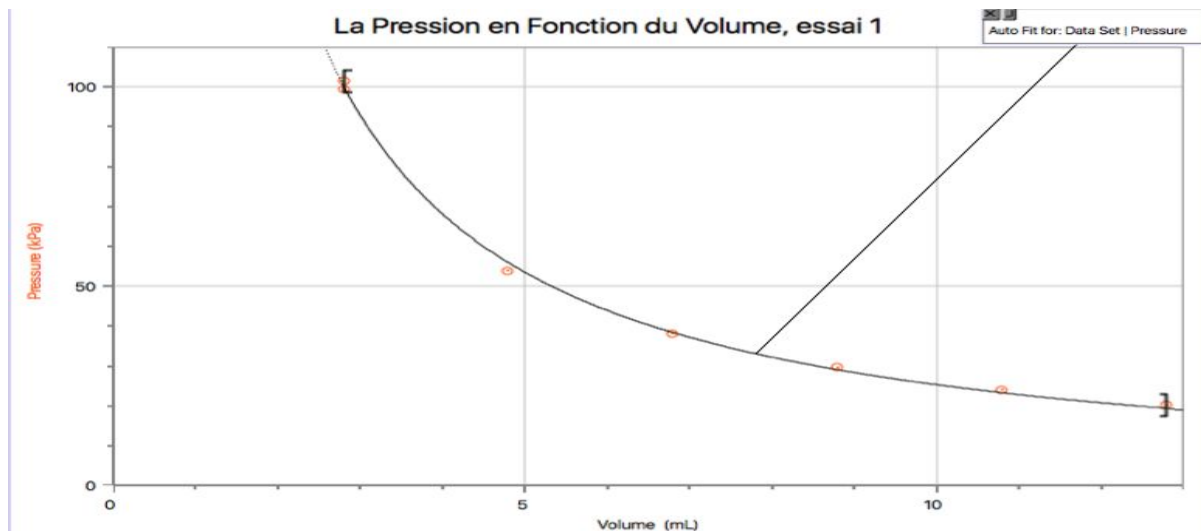


Figure 2: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction de l'inverse du volume mL, essai 1

Essai 2	
Volume (ml)	Pression (kPa)
2.80	104.73
4.80	54.60
6.80	38.38
8.80	29.45
10.80	23.62
12.80	20.43
2.80	98.99

Figure 3: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction du volume mL, essai 2

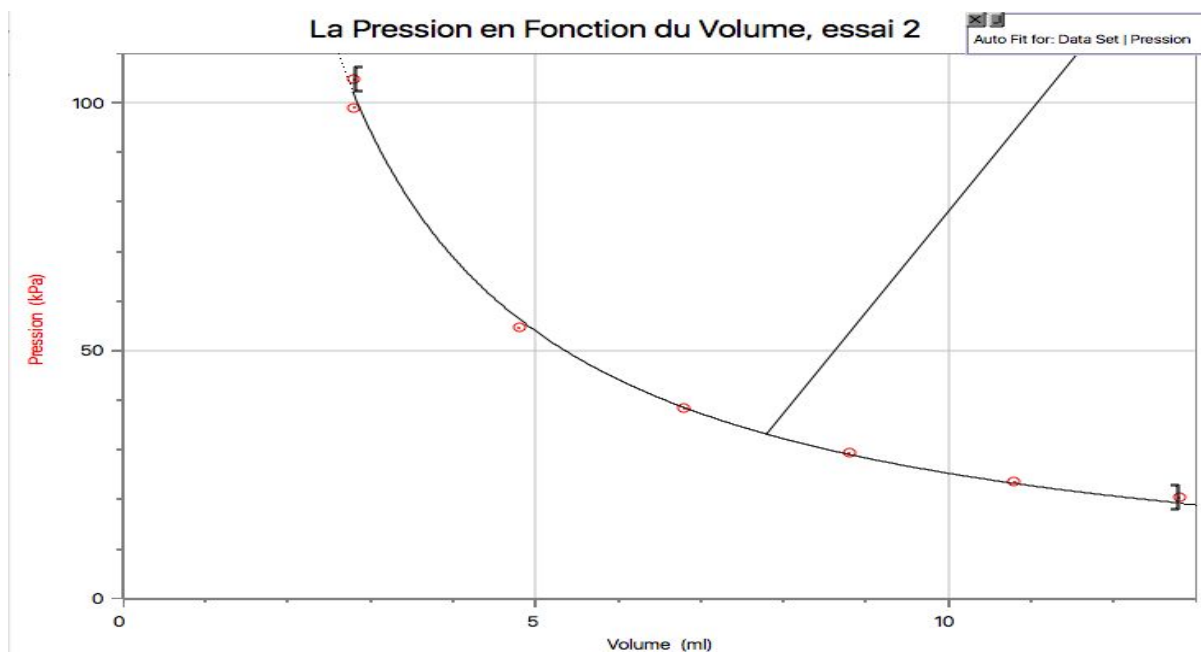


Figure 4: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction de l'inverse du volume mL, essai 2

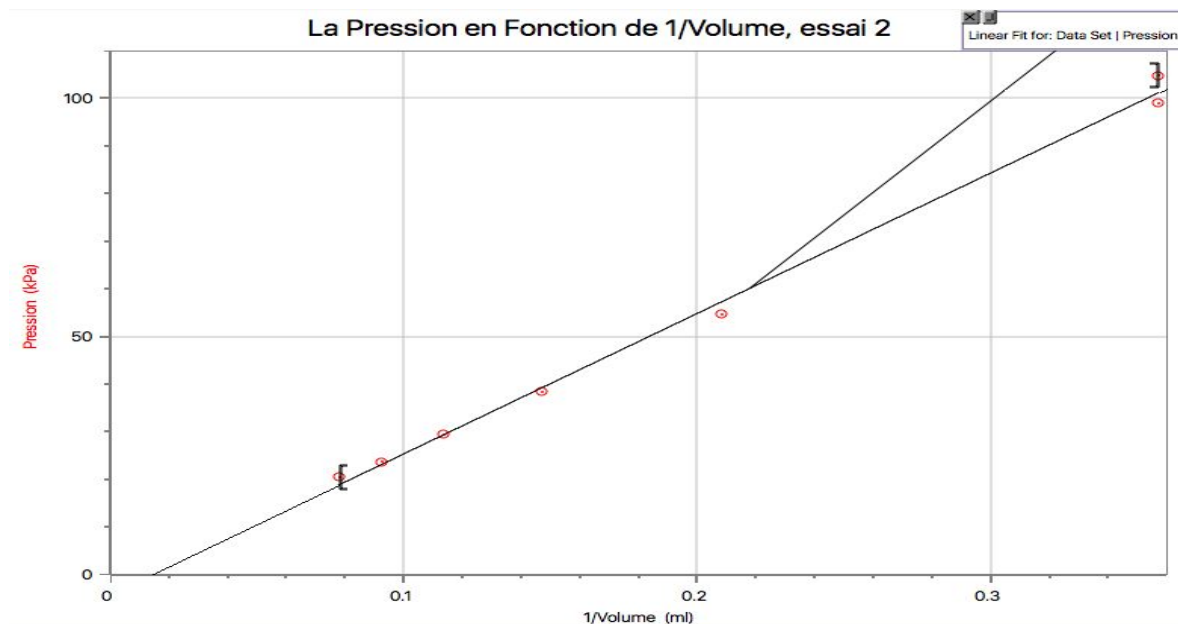


Figure 5: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction du volume mL, essai 3

Essai 3	
Volume (ml)	Pression (kPa)
2.80	99.73
4.80	55.03
6.80	38.53
8.80	29.19
10.80	23.82
12.80	20.52
2.80	102.41

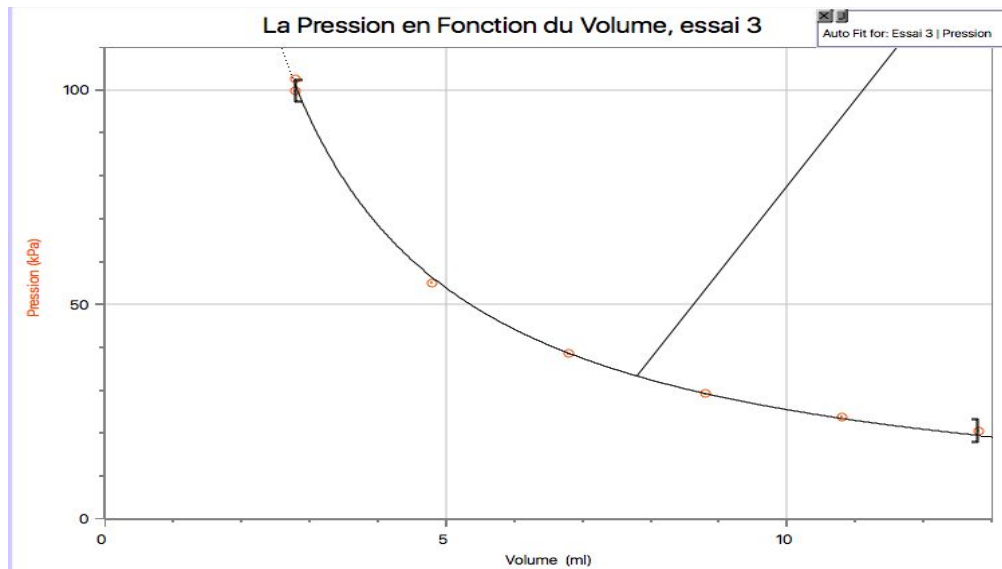


Figure 6: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction de l'inverse du volume mL, essai 3

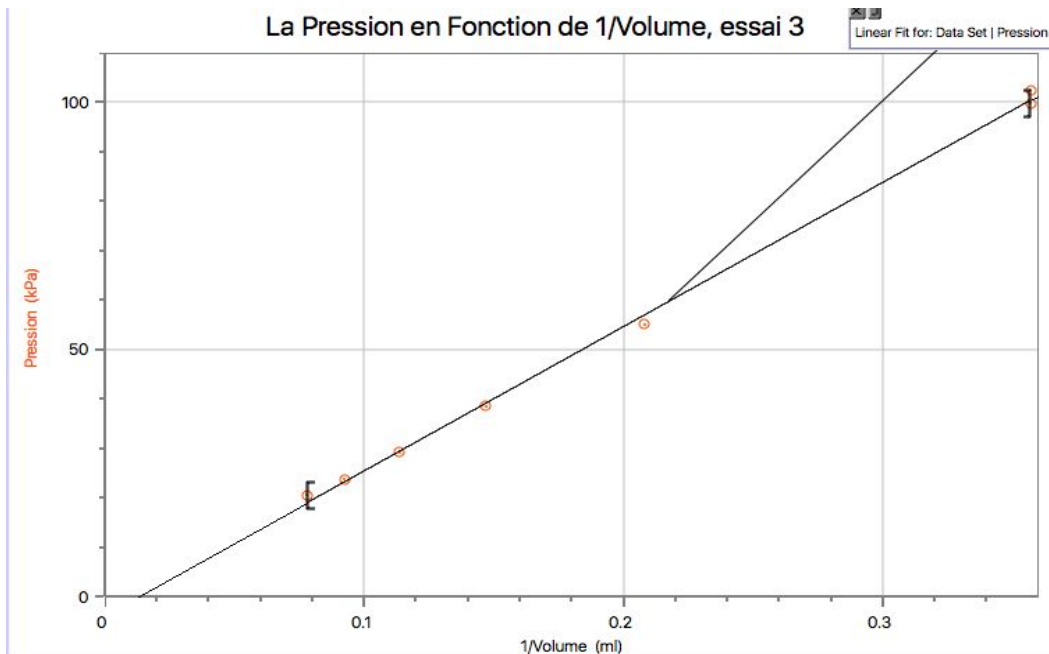


Figure 7: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction du volume mL, essai 4

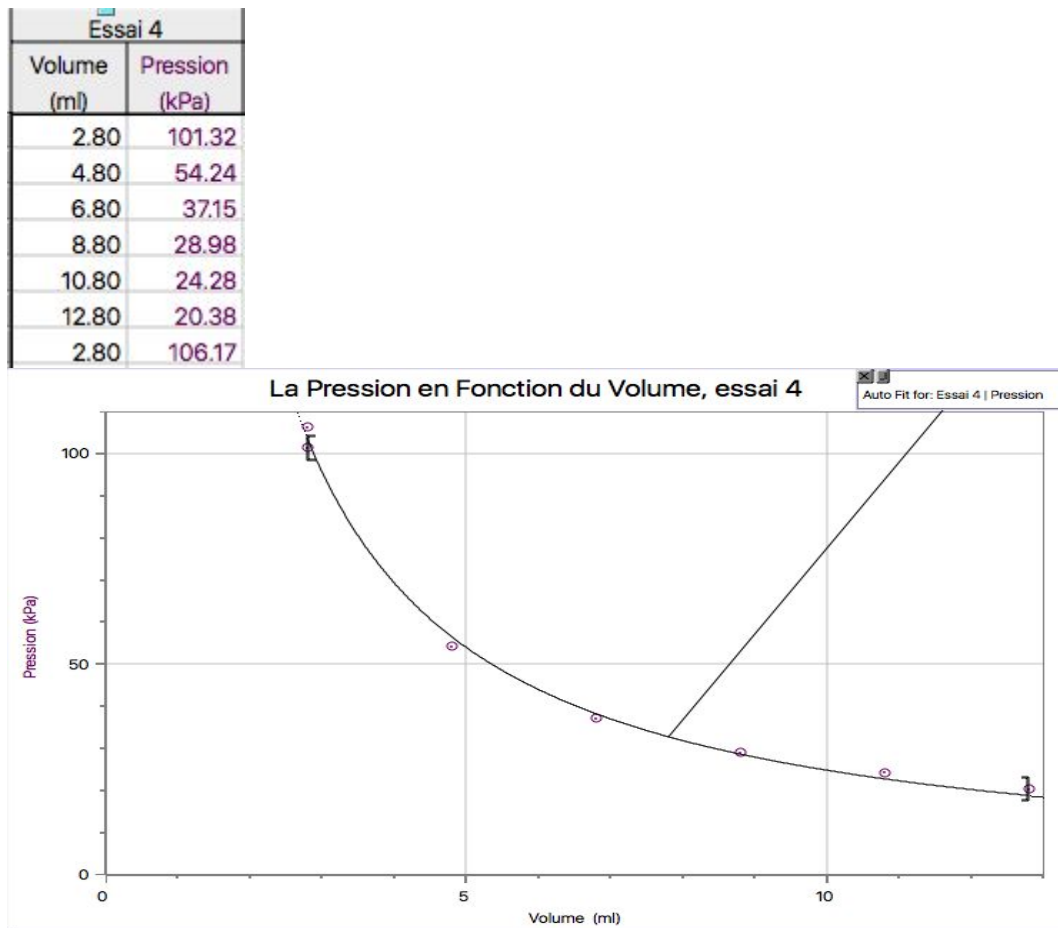
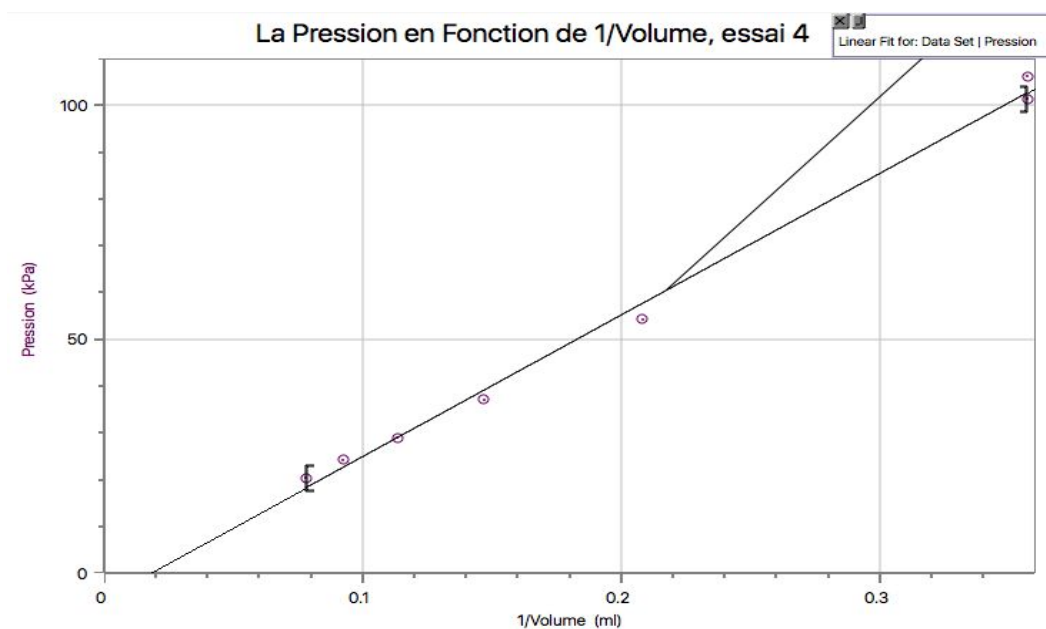


Figure 8: Graphique de la pression du gaz dans la seringue en kPa en fonction de l'inverse du volume mL, essai 4



## Calculs:

Afin de calculer la constante K, il faut multiplier la pression par le volume.

Calcul pour essai 1:

$$2.80 \text{ mL} \times 99.30 \text{ kPa} = 278.04$$

$$4.80 \text{ mL} \times 53.91 \text{ kPa} = 258.77$$

$$6.80 \text{ mL} \times 38.21 \text{ kPa} = 259.83$$

$$8.80 \text{ mL} \times 29.62 \text{ kPa} = 260.66$$

$$10.80 \text{ mL} \times 24.00 \text{ kPa} = 259.20$$

$$12.80 \text{ mL} \times 20.23 \text{ kPa} = 258.94$$

$$2.80 \text{ mL} \times 101.33 \text{ kPa} = 283.72$$

Pour trouver la moyenne de la constante, K:

$$(278.04 + 258.77 + 259.83 + 260.66 + 259.20 + 258.94 + 283.72) / 7 = 265.59$$

Pour trouver l'écart-type de la constante, K:

On utilise la formule suivante:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

("Formulae for the standard deviation", n.d.)

$$[(278.04 - 265.59)^2 + (258.77 - 265.59)^2 + (259.83 - 265.59)^2 + (260.66 - 265.59)^2 + (259.20 - 265.59)^2 + (258.94 - 265.59)^2 + (283.72 - 265.59)^2] / (7-1) =$$

$$328.70 + 46.51 + 33.18 + 24.30 + 40.83 + 44.22 + 155.00 / 6 = 112.12$$

La racine carré de 112.12 = 10.59

Alors, la moyenne de la constante, K, pour essai 1 est 263.52, avec un écart-type de 10.59. Par contre, il y a une autre façon pour trouver K. La pente du graphique linéarisée est aussi égale à K. Logger Pro nous dit que la valeur de la pente pour essai 1 est 288.6. Ceci est une valeur plus exacte pour K que de calculer la pression fois le volume pour chaque volume puis de trouver la moyenne, car la pente vient de la droite du meilleur ajustement.

Dans le tableau qui suit, il y a toutes les valeurs et moyennes des valeurs et l'écart-type pour K pour chaque essai et aussi la pente pour chaque essai.

Figure 9: Tableau des valeurs de K pour chaque essai, et valeurs de la moyenne et l'écart-type pour K, et la pente de chaque essai.

	Essai 1 (K)	Essai 2 (K)	Essai 3 (K)	Essai 4 (K)
	283.72	293.24	279.24	283.70
	258.77	262.08	264.14	260.35
	259.83	260.98	262.00	252.62
	260.66	259.16	256.87	255.02
	259.20	255.10	257.26	262.22
	258.94	261.50	262.66	260.86
	278.04	277.17	286.75	297.28
Moyenne	265.59	267.03	266.99	267.44
écart-type	10.59	13.45	11.47	16.58
Pente	288.6	294.8	291.7	302.3

On peut voir que notre meilleur essai est le premier essai, car c'est celui avec l'écart-type le plus petit. Autrement dit, les valeurs de K sont les plus proches les uns des autres.

## Discussion:

Nous avons utilisé deux façons pour calculer la constante K. Premièrement, nous avons calculé la pression fois le volume pour 7 volumes (incluant un deuxième essai pour le volume initial), et puis nous avons trouvé la moyenne de ces valeurs. Deuxièmement, nous avons utilisé une méthode plus exacte: nous avons fait le graphique de la pression en fonction de 1/volume, puis nous avons trouvé la pente de ce graphique. La pente représente aussi la constante K, et c'est une méthode plus exacte pour trouver la constante car la pente vient de la droite de meilleur ajustement. Par exemple, la moyenne des valeurs de K pour essai 1 est 265.59, mais la pente du graphique de pression en fonction de 1/volume pour cet essai est 288.6.

La loi de Boyle montre que la pression est inversement proportionnelle au volume, alors, si on augmente le volume, la pression va descendre et vice-versa. Par contre, on peut voir dans nos graphiques linéarisés que la pression est directement proportionnelle à l'inverse du volume,  $P \propto 1/V$  et  $P = \text{constante (K)} * 1/V$ , alors  $PV = K$ . De même, on peut dire que puisque  $PV = K$ , alors  $P_1V_1 = P_2V_2$ .

Il est important, lors d'un laboratoire, de prendre plusieurs mesures de la variable dépendante pour la même valeur de variable indépendante parce que les instruments utilisés présentent des erreurs. Par exemple, lors de ce laboratoire, la seringue ne devait pas être parfaitement étanche alors nous avons perdu ou gagné un peu de gaz en prenant différentes pressions en note. En prenant la même mesure plus qu'une fois, on peut voir l'écart d'erreur entre la première mesure et la deuxième, parce que si notre matériel était parfait, nous aurions la même valeur de pression au premier 2.80mL et au deuxième, ce qui n'est pas le cas. Aussi, il est important de prendre plusieurs mesures pour s'assurer d'avoir bien effectué les manipulations. Par exemple, lorsqu'on mesure le volume d'un liquide, il est possible d'oublier de prendre en considération le ménisque. En prenant 2 fois une même mesure, nous avons moins de chances de l'oublier. C'est donc important pour éviter des erreurs d'inattention.

Selon la loi de Boyle, lorsqu'un gaz est pris dans un contenant fermé, et qu'on modifie son volume sans perdre ou gagner de gaz, la pression à l'intérieur du contenant sera modifiée elle aussi. Par contre, la loi de Boyle dicte que la température du gaz dans le contenant doit rester constante, sinon il n'y a pas de loi précise qui montre la relation entre le volume du gaz et la pression de celui-ci. Lors de notre laboratoire, nous n'avons pas pris en compte la température du gaz, parce que nous avons fait notre expérience au même endroit dans un très court laps de temps, la température du gaz n'avait donc pas le temps de changer significativement. Ceci pourrait affecter nos résultats, mais pas assez pour les fausser. Par exemple, si la température avait augmentée au cours d'un même essai, la pression dans la seringue aurait augmentée sans qu'on ait modifié le volume. De même que si la température avait baissée, la pression aurait diminuée pour un volume constant. Bref, si nous avions fait une expérience qui était beaucoup plus longue à réaliser par essai, nous aurions tenu compte du fait que la température pouvait changer alors nous aurions mesuré la température à plusieurs reprises. Cependant, ce n'était pas le cas pour cette expérience alors nous n'en avons pas tenu compte.

Cette expérience, comme plusieurs autres, comportait des sources d'erreurs. Par exemple, comme expliqué dans la réponse à question 4, la température n'était pas parfaitement constante, mais n'aurait pas changé de façon extrême alors n'aurait pas invalidé nos résultats. Cependant, c'est quand même une source d'erreur qui peut affecter l'exactitude de nos résultats. Une autre source importante d'erreur c'était la sonde de pression; le problème c'était que la sonde prenait longtemps à stabiliser et n'arrivait presque jamais à une mesure et restait là, pour chaque mesure de la pression à un certain volume, alors c'est probable que nos mesures de pression n'était pas parfaite. Ceci aurait affecté la précision de nos résultats. Nous pouvons voir directement dans nos graphiques qu'il y a des sources d'erreurs dans l'expérience, car la droite dans nos graphiques linéarisée devraient passer le point (0,0) mais ceci n'arrive dans aucune de nos graphiques. Ceci suggère qu'il y a de l'erreur systématique, ce qui affecte la précision de nos résultats. On peut voir, comme expliqué dans la section des calculs, que l'essai 1 est le meilleur puisque l'écart-type est le plus petit, suivi par l'essai 3, puis 2, puis 4. En gros, il y avait quelques sources d'erreurs et il faut les prendre en considération lorsque nous regardons à nos résultats.

### **Conclusion:**

Au cours de ce laboratoire, nous devons vérifier la loi de Boyle en renfermant un montant de gaz dans une seringue et mesurer la pression dans cette seringue en modifiant le volume du gaz.

Avec nos résultats de volumes et de pressions, nous avons pu effectuer des calculs qui nous permettent de valider la loi de Boyle. Selon nos calculs, la pression est inversement proportionnelle au volume de gaz, pour des conditions de température constante et d'un nombre de mole de gaz constant. Comme détaillé dans la section des calculs, la pression multipliée d'un gaz par son volume équivaut à une constante;  $PV=k$ . La valeur moyenne de  $K$  pour notre meilleur essai, le premier, est 265.59. La pente pour cet essai est 288.6.

### **Références:**

*Formulae for the standard deviation. Libweb.surrey.ac.uk.* Retrieved 27 November 2016, from [http://libweb.surrey.ac.uk/library/skills/Number%20Skills%20Leicester/page\\_19.htm](http://libweb.surrey.ac.uk/library/skills/Number%20Skills%20Leicester/page_19.htm)

Venkateswaran, R. (2017). *Manuel de Laboratoire de Chimie, expérience 1.* Ottawa, Ontario, p.4-5.

West, J. (1999). *The original presentation of Boyle's law.* [online] Jap.physiology.org. Available at: <http://jap.physiology.org/content/87/4/1543> [Accessed 26 Sep. 2017].

Zumdahl, S. (1997). *Chimie Générale.* 2nd ed. Houghton Mifflin Company, pp.138-143.

## Laboratoire 1 - Loi de Boyle

variable dépendante: Pression du gaz (kPa)  
variable indépendante: Volume de gaz (mL)

- Mesurer un volume de 2 mL de gaz dans la seringue
- Prendre et noter la pression dans la seringue à 2 mL
- Augmenter le volume à 4 mL + 0,8 mL
- Noter la pression de la seringue
- Augmenter le volume à 6 mL, puis noter la pression de la seringue
- Répéter les étapes 1 et 2 en ajoutant 2 mL de gaz dans la seringue chaque fois, pour un total de 8 données

### LABQUEST:

- Allumer Labquest2, sélectionner "nouveau"
- Attacher la seringue à la valve de la sonde de pression à gaz
- Choisir la valeur initiale à garder
- Récouter les données de volume et de pression (8 fois)
- Appuyer "Analyser" et choisir "Curvefit" du menu
- Choisir une fonction à appliquer aux données

*Amir  
N.W  
Schnur*

*Amir  
N.W  
Schnur*

Volume (mL)	Pression (kPa)	Volume (mL)	Pression (kPa)	Volume (mL)	Pression (kPa)	Volume (mL)	Pression (kPa)
2,80	101,33	2,80	104,73	2,80	99,73	2,80	101,32
4,80	63,91	4,80	64,60	4,80	65,03	4,80	64,24
6,80	38,21	6,80	38,38	6,80	38,53	6,80	37,15
8,80	29,62	8,80	29,45	8,80	29,19	8,80	28,98
10,80	24,00	10,80	23,62	10,80	23,82	10,80	24,21
12,80	20,23	12,80	20,43	12,80	20,52	12,80	20,38
2,80	99,30	2,80	98,99	2,80	102,41	2,80	100,17

page 1  
Sep 2017  
Sébastien Grosjean - Professeur

CH1710 Lab 1 Vérification de la loi de Boyle

Procédure

- Commence par parcourir le mode de pression de gaz d'un échantillon d'air.
- Relier la sonde de pression de gaz au LabQuest 2
- Choisir une valeur initiale et passer à l'inspection dans seringue pistolette
- Attacher la seringue de 20 mL à la valve de la sonde de pression de gaz. Prenez la mesure à 2 mL de la pression
- Chargez le volume d'air dans la seringue et en bouclant le pistolet, augmentez le volume de 2 mL par coup à 4 mL.
- Répérez à titre 5-7 fois, 3 essais par chaque volume.
- Remesurez la pression du volume initial, puis choisissez quelle mesure est mieux.
- Répérez étapes 5-7 cinq fois.

Variable dépendante: pression (kPa)  
Variable indépendante: Volume (mL)  
Variable qui reste constante: température

Volume de gaz (mL)	Pression (kPa)			
	essai 1	2	3	4
2,8 mL	99,30	104,73	99,73	101,32
4,8 mL	53,91	54,60	55,03	54,24
6,8 mL	38,21	38,38	38,53	37,15
8,8 mL	29,62	29,45	29,19	28,98
10,8 mL	24,00	23,62	23,82	24,21
12,8 mL	20,23	20,43	20,52	20,38
2,8 mL	101,33	104,73	102,41	101,32

*Amir  
N.W  
Schnur*

## Critères d'évaluation pour la planification de la Vérification de la loi de Boyle

<b>Nom du TA:</b>		<b>Noms des étudiants dans l'équipe:</b>	a.
			b.
		<b>Date:</b>	
<b>Critères:</b>	<b>Points</b>	<b>Evaluation</b>	
	<b>Possible</b>	<b>étudiant</b>	<b>TA</b>
1. Identifier le problème et le résumer clairement d'une manière vérifiable par expérience.	<b>1</b>		
2. Utilise les bons appareils, techniques et précautions sécuritaires.	<b>1</b>		
3. Matériels sont facilement disponible.	<b>1</b>		
4. Variation d'une seule variable à la fois.	<b>1</b>		
5. Conditions pour les autres variables sont clairement constatées.	<b>1</b>		
6. Des erreurs expérimentales minimisées par le bon choix de méthode ou appareil.	<b>1</b>		
7. Méthode assez claire que d'autres étudiants peuvent le suivre.	<b>1</b>		
8. Aucune supposition invalide.	<b>1</b>		
9. Identification des réactifs qui ont besoin d'être mesuré avec la précision.	<b>1</b>		
10. Procédure indiqué.	<b>1</b>		
11. Essais multiples indiqués.	<b>1</b>		
12. Terminologie chimique correcte	<b>1</b>		
13. Limitations du dessin expérimental inclus	<b>1</b>		
<b>TOTAL:</b>	<b>13</b>		

### Rubrique pour la Correction d'Expérience 1

<b>Théorie (2)</b>	Tous(tes) concepts/principes/limitations important(e)s bien expliqué de façon brève et courte.		La plupart des concepts/principes/limitations expliqué de façon brève et/ou correcte.		Quelque/aucun concepts/principes/limitations expliqués	
<b>Procédure (3)</b>	Protocole supérieure qui analyse les données, minimise les erreurs et inclue l'idée de la santé et la sécurité.		Protocole qui analyse les données, minimise les erreurs et inclue l'idée de la santé et la sécurité.		Protocole acceptable qui analyse les données/minimise les erreurs / inclue l'idée de la santé et la sécurité.	
<b>Tableaux (3)</b>	Des données brutes recopié de façon propre; complet pour des essais multiples.		Des données brutes recopié; incomplet pour des essais multiples. (1 essai manque)		Complet mais n'a pas recopié des données brutes.	
<b>Observations (2)</b>	Complet pour toutes les parties		quelques observations		Aucunes observations	
<b>Graphiques (4)</b>	Graphiques supérieurs		Graphiques complets		Graphiques partiels	
<b>Calculs (2)</b>	Un seul jeu propre des calculs		Quelque calcul propre		Calculs incomplets/aucun calculs	
<b>Discussion (5)</b>	Explication supérieur des résultats basée sur les observations et données; pour les erreurs; comparaison entre les essais; réponses aux toutes questions; liens claires à la théorie		Explication des résultats basée sur les observations et données; pour les erreurs; comparaison entre des essais; réponses aux questions; liens à la théorie		Explication vague des résultats; manque des erreurs; mauvais comparaison entre les essais; questions incomplets; théorie vague	
<b>Conclusion (1)</b>	Résultats bien résumé.		Résultats résumé.		Résultats manquant.	
<b>Note pour les critères d'évaluation (13)</b>						
<b>Total (35) (individuel)</b>						
<b>+ Evaluation des paires (5) (Groupe) Total (40)</b>						







