

Lois des gaz

MF 5500 22111



Mode d'emploi et résultats expérimentaux



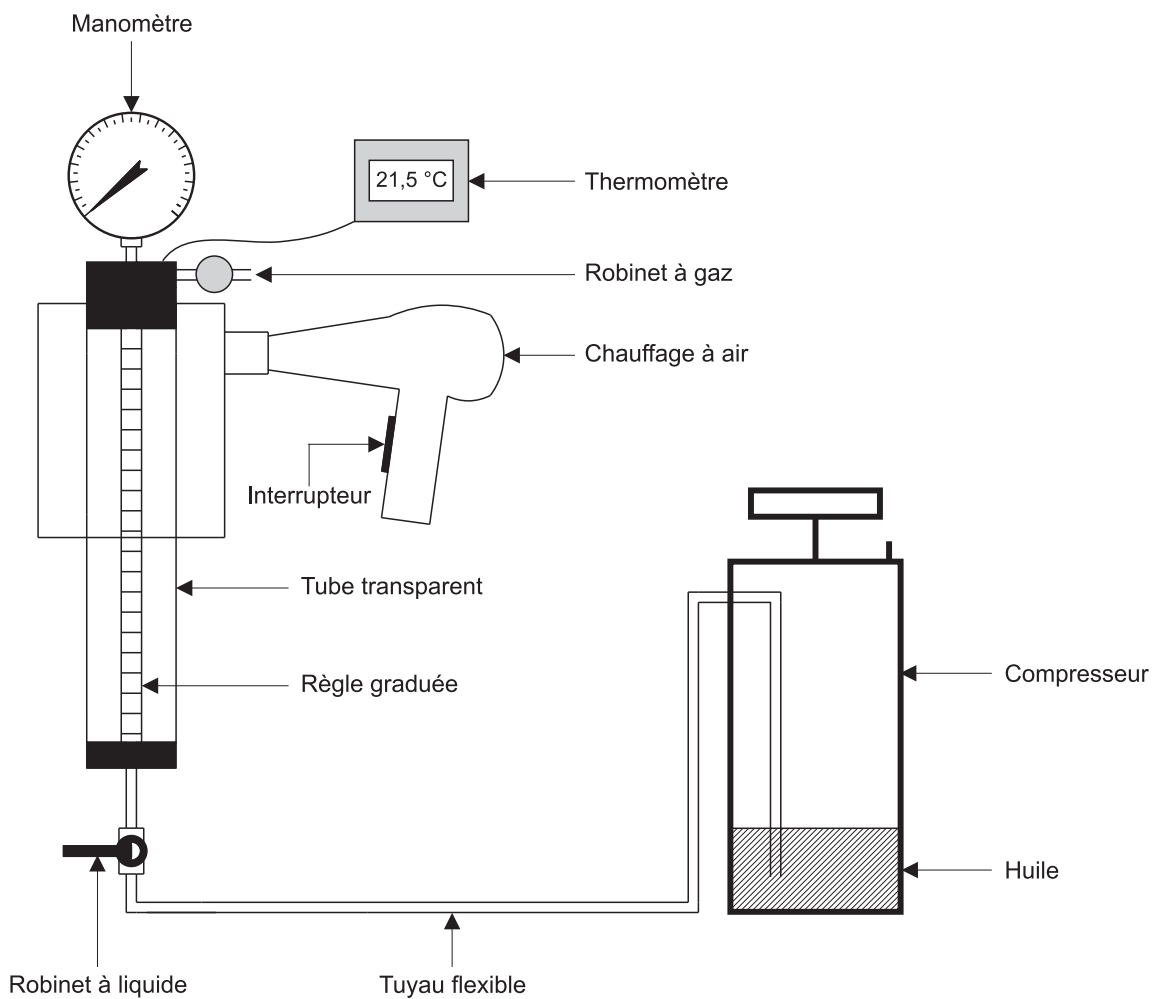
Centre technique et pédagogique
de l'Enseignement organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles

Version 02

1. Description de l'appareil

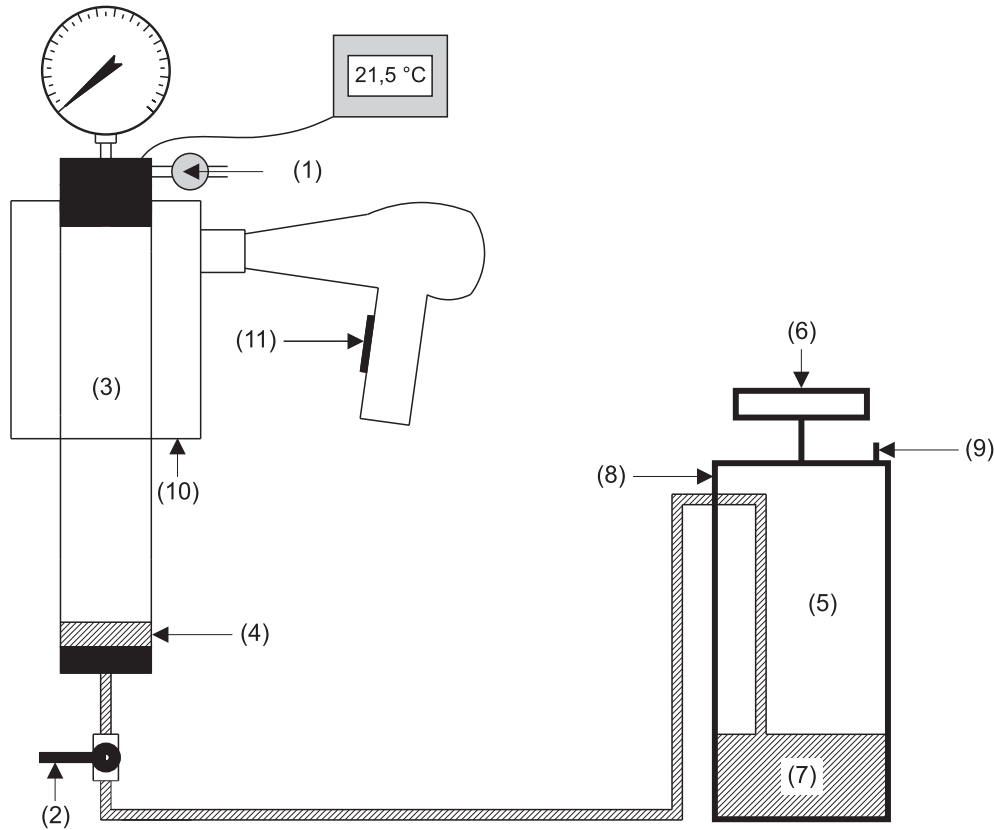
L'appareil est constitué:

1. d'un tube transparent dont le diamètre extérieur est de 50 mm; sa hauteur est d'environ 50 cm. Il est fixé sur un panneau maintenu verticalement à l'aide d'un support;
2. d'un manomètre de classe 1,0 (voir § 7, page 16: incertitudes de mesure) monté sur la partie supérieure du tube;
3. d'un robinet à gaz placé sous le manomètre; il permet d'amener la pression de l'air contenu dans le tube à la pression atmosphérique;
4. d'un thermomètre électronique à affichage numérique permettant de déterminer la température du gaz contenu dans le tube;
5. d'un manchon chauffant transparent sur lequel est fixé un système de chauffage à air se raccordant au secteur 230 V ~, avec deux puissances de chauffe;
6. d'un compresseur contenant de l'huile qui peut être envoyée, par un tuyau flexible, à l'intérieur du tube transparent;
7. d'un robinet à liquide permettant de modifier la hauteur d'huile dans le tube;
8. d'une règle graduée placée derrière le tube.



2. Principe de fonctionnement

Lorsque le robinet à gaz (1) est fermé, on peut, en ouvrant le robinet (2), faire varier le volume d'air (3) emprisonné dans le tube¹ transparent, en modifiant la hauteur de la colonne d'huile (4) située dans la partie inférieure du tube. Cette huile est chassée par de l'air (5) que l'on met sous pression dans le compresseur en pompant à l'aide de la poignée (6).



Le compresseur doit toujours contenir suffisamment d'huile (7) pour que l'air (5) qu'il contient n'arrive pas dans le tube. La règle graduée, placée directement derrière le tube, permet de mesurer la hauteur de la colonne d'air pratiquement sans erreur de parallaxe. Connaissant le diamètre du tube, on en déduit le volume d'air qu'il contient. Pour déterminer le volume total de l'air réellement comprimé, il faut ajouter, au volume d'air contenu dans le tube, le volume intérieur des accessoires placés dans la partie supérieure de l'appareil. Ce volume est indiqué sur le support de l'appareil.

La pression relative, c'est-à-dire la surpression par rapport à la pression atmosphérique, est lue directement sur le manomètre. Pour déterminer la pression absolue, il suffit d'y ajouter la pression atmosphérique du moment.

La sonde du thermomètre, placée à l'intérieur de l'appareil, permet de faire un relevé de la température du gaz.

L'appareil permet de déterminer les relations entre la pression absolue p de l'air (3), son volume V et sa température θ , et d'en déduire les lois de Boyle-Mariotte, Charles et Gay-Lussac.

Dans tous les cas, on veillera à ne pas dépasser la pression relative de 1,5 bar.

¹ Ce tube peut résister à une pression relative de 2,5 bars. Il a été testé à cette pression au CTP.

3. Mise en fonctionnement de l'appareil

1. Dévisser le bouchon du compresseur en enfonçant la poignée (6) jusqu'au moment où le corps de la pompe peut être extrait.
2. Enlever la pompe et verser dans le compresseur 1 litre d'huile spéciale² (livrée avec l'appareil).
3. Replacer la pompe dans le compresseur et revisser hermétiquement le bouchon à l'aide de la poignée.
4. Vérifier que les bouchons de sortie (8) du compresseur et de la soupape de sécurité³ (9) sont bien serrés.

4. Loi de Boyle-Mariotte

4.1. Manipulation

1. Ouvrir le robinet (1). Faire de même avec le robinet (2) en faisant tourner la poignée de 90° dans le sens antihorlogique.
2. Comprimer l'air (5) dans le compresseur en animant la poignée (6) d'un mouvement de va-et-vient jusqu'au moment où l'huile (4) apparaît dans le tube transparent.
3. Fermer le robinet (2), noter la hauteur h de la colonne d'air dans le tube ainsi que la pression atmosphérique. Le robinet (1) étant encore ouvert, la pression de l'air dans le tube est égale à la pression atmosphérique; le manomètre indique 0 bar.
Noter la température du gaz relevée par le thermomètre et veiller à ce qu'elle reste constante (ne pas exposer l'appareil à une source de chaleur ou aux courants d'air).
4. Fermer le robinet (1) afin que la masse de gaz dans le tube transparent reste constante. La pression du gaz dans le tube est, à ce moment, toujours égale à la pression atmosphérique.
Ne plus toucher au robinet (1) pendant toute la durée de l'expérience.
5. Ouvrir le robinet (2), puis continuer à comprimer l'air (5) dans le compresseur. Dès que la pression relative atteint une valeur facilement lisible avec précision sur le manomètre (par exemple: 0,1 bar), fermer le robinet (2). Mesurer la hauteur h de la colonne d'air et noter les résultats.
6. Refaire le point 5 de la manipulation sans dépasser la pression relative de 1,5 bar (effectuer 10 à 15 mesures).
7. Noter la température indiquée par le thermomètre (elle doit rester constante).

² Cette huile présente une très faible tension de vapeur et ne réagit pas avec les éléments de l'appareil.

³ Cette soupape est réglée par le fabricant à une pression relative de 3 bars.

On peut aussi réaliser les mesures lors de la détente du gaz; dans ce cas, on procède de la façon suivante⁴:

1. Ouvrir le robinet (2), soulever légèrement et pendant une durée très courte (environ 0,1 ou 0,2 s) la soupape (9) du compresseur jusqu'au moment où la pression du gaz atteint une valeur facilement mesurable avec précision sur le manomètre.
2. Refermer le robinet (2). Mesurer la hauteur h de la colonne de gaz. Noter les résultats obtenus.
3. Refaire les deux points précédents de la manipulation pour d'autres valeurs de la pression (effectuer 10 à 15 mesures).

4.2. Exploitation des résultats expérimentaux

1. Noter les résultats obtenus dans un tableau tel celui ci-dessous et compléter les différentes colonnes sachant que:

V_{tube} : volume du gaz dans le tube; le diamètre intérieur du tube est indiqué sur l'appareil;

V_{int} : volume intérieur de la partie supérieure de l'appareil; ce volume est indiqué sur l'appareil;

V : volume total du gaz ($V = V_{\text{tube}} + V_{\text{int}}$);

p_{atm} : pression atmosphérique;

p_{rel} : pression relative du gaz, indiquée par le manomètre;

p : pression absolue du gaz ($p = p_{\text{atm}} + p_{\text{rel}}$);

θ : température du gaz.

p_{rel} (bar)	h (cm)	p (bar)	V_{tube} (cm ³)	V (cm ³)	V^{-1} (cm ⁻³)	pV (J)

2. Tracer les graphiques $p = f(V)$ et $p = g(V^{-1})$. Que peut-on en déduire?

⁴ À condition que l'air (5) contenu dans le réservoir du compresseur soit à une pression égale à la pression du gaz (3) dans le tube.

4.3. Exemple de résultats obtenus

Diamètre intérieur du tube: $(4,38 \pm 0,01)$ cm

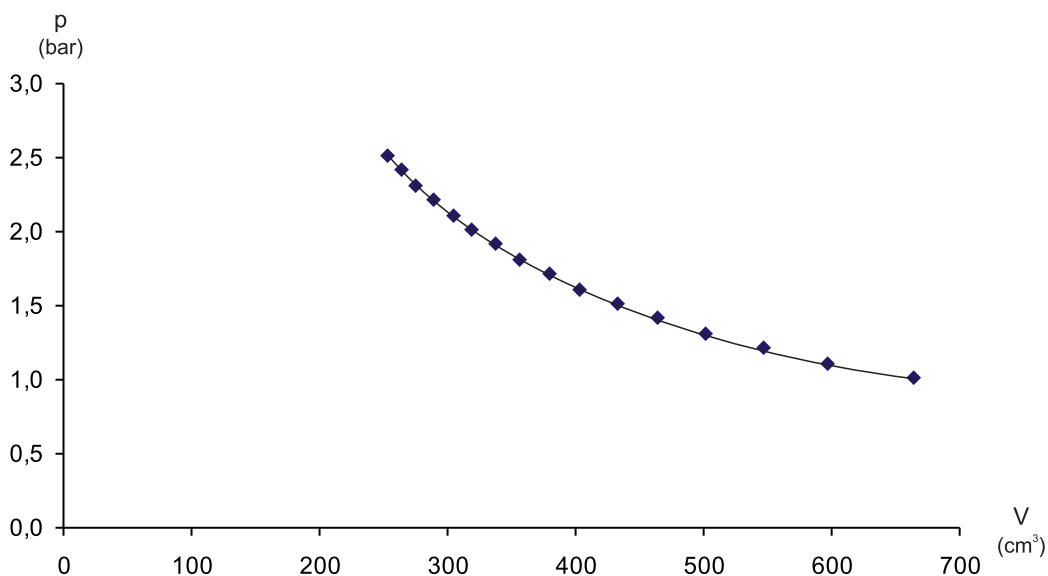
$\theta_{\text{ext}} = 19,5$ °C (constante pendant la durée de l'expérience)

$p_{\text{atm}} = (1,013 \pm 0,001)$ bar

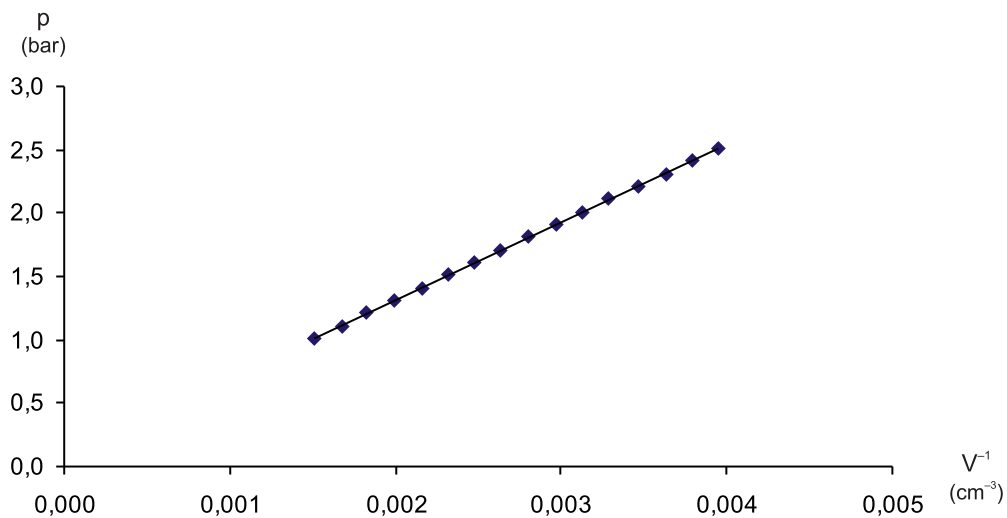
$V_{\text{int}} = (1,2 \pm 0,2)$ cm³

P_{rel} (bar)	h (cm)	p (bar)	V_{tube} (cm ³)	V (cm ³)	V^{-1} (10 ⁻⁴ . cm ⁻³)	pV (J)
0,000 ± 0,016	44,0 ± 0,1	1,013 ± 0,017	663,0 ± 4,5	664,2 ± 4,7	15,06 ± 0,11	67,3 ± 1,6
0,100 ± 0,016	39,5 ± 0,1	1,113 ± 0,017	595,2 ± 4,2	596,4 ± 4,4	16,77 ± 0,12	66,4 ± 1,5
0,200 ± 0,016	36,2 ± 0,1	1,213 ± 0,017	545,4 ± 4,0	546,6 ± 4,2	18,29 ± 0,14	66,3 ± 1,4
0,300 ± 0,016	33,2 ± 0,1	1,313 ± 0,017	500,2 ± 3,8	501,4 ± 4,0	19,94 ± 0,16	65,8 ± 1,4
0,400 ± 0,016	30,7 ± 0,1	1,413 ± 0,017	462,6 ± 3,6	463,8 ± 3,8	21,56 ± 0,18	65,5 ± 1,3
0,500 ± 0,016	28,6 ± 0,1	1,513 ± 0,017	430,9 ± 3,5	432,1 ± 3,7	23,14 ± 0,20	65,4 ± 1,3
0,600 ± 0,016	26,7 ± 0,1	1,613 ± 0,017	402,3 ± 3,3	403,5 ± 3,5	24,78 ± 0,22	65,1 ± 1,3
0,700 ± 0,016	25,1 ± 0,1	1,713 ± 0,017	378,2 ± 3,2	379,4 ± 3,4	26,36 ± 0,24	65,0 ± 1,2
0,800 ± 0,016	23,6 ± 0,1	1,813 ± 0,017	355,6 ± 3,1	356,8 ± 3,3	28,03 ± 0,26	64,7 ± 1,2
0,900 ± 0,016	22,3 ± 0,1	1,913 ± 0,017	336,0 ± 3,0	337,2 ± 3,2	29,66 ± 0,29	64,5 ± 1,2
1,000 ± 0,016	21,1 ± 0,1	2,013 ± 0,017	317,9 ± 3,0	319,1 ± 3,2	31,34 ± 0,31	64,2 ± 1,2
1,100 ± 0,016	20,1 ± 0,1	2,113 ± 0,017	302,9 ± 2,9	304,1 ± 3,1	32,89 ± 0,33	64,2 ± 1,2
1,200 ± 0,016	19,1 ± 0,1	2,213 ± 0,017	287,8 ± 2,8	289,0 ± 3,0	34,60 ± 0,36	64,0 ± 1,2
1,300 ± 0,016	18,2 ± 0,1	2,313 ± 0,017	274,2 ± 2,8	275,4 ± 3,0	36,31 ± 0,39	63,7 ± 1,2
1,400 ± 0,016	17,4 ± 0,1	2,413 ± 0,017	262,2 ± 2,7	263,4 ± 2,9	37,97 ± 0,42	63,6 ± 1,1
1,500 ± 0,016	16,7 ± 0,1	2,513 ± 0,017	251,6 ± 2,7	252,8 ± 2,9	39,55 ± 0,45	63,5 ± 1,1

Les incertitudes sont comprises dans la dimension des rectangles indiqués sur les graphiques.



Le graphique de $p = f(V)$ est une courbe. On peut seulement en déduire que p et V ne sont pas des grandeurs proportionnelles.



Le graphique de $p = g(V^{-1})$ est une droite qui, extrapolée, passe pratiquement par l'origine. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$p = 6,1274 \cdot 10^{-2} V^{-1} + 9,2736 \cdot 10^{-2}$$

Les coordonnées de son point de percée avec l'axe vertical sont: (0; 0,0927).

En tenant compte des incertitudes, la loi de Boyle-Mariotte est bien vérifiée: pour une masse donnée de gaz, le produit $p \cdot V$ est constant si la température du gaz reste constante.

5. Loi de Charles

5.1. Manipulation

1. Ouvrir le robinet (1). Faire de même avec le robinet (2) en faisant tourner la poignée de 90° dans le sens antihorlogique.
2. Comprimer l'air (5) dans le compresseur en animant la poignée (6) d'un mouvement de va-et-vient jusqu'au moment où l'huile (4) apparaît dans le tube transparent.
3. Fermer le robinet (2), noter la valeur de la pression atmosphérique. Le robinet (1) étant encore ouvert, la pression du gaz dans le tube est égale à la pression atmosphérique; le manomètre indique 0 bar.
4. Fermer le robinet (1) afin que la masse de gaz dans le tube transparent reste constante. La pression du gaz dans le tube est, à ce moment, toujours égale à la pression atmosphérique.

Ne plus toucher au robinet (1) pendant toute la durée de l'expérience.

5. Ouvrir le robinet (2), puis continuer à comprimer l'air (5) dans le compresseur. Dès que le niveau d'huile est proche de la partie inférieure du manchon chauffant (10) et que la pression relative atteint une valeur facilement lisible avec précision sur le manomètre (par exemple: 1 bar), fermer le robinet (2).
Relever la température θ de l'air dans le tube.
Noter les résultats.
6. Brancher le système de chauffage de l'appareil sur une prise 230 V \sim , enclencher le chauffage sur la position 1 en relevant le bouton (11) d'un cran.
7. Noter, pour différentes valeurs de la pression (par exemple, tous les 25 mbar), la pression et la température du gaz. Lorsque la température du gaz atteint 50 °C, on peut augmenter la puissance du système de chauffage en relevant le bouton (11) d'un cran (position 2).
8. Arrêter le chauffage lorsque la pression relative est de 1,5 bar ou que la température du gaz est de 70 °C (température maximale que peut déterminer le thermomètre).

On peut également réaliser les mesures lors du refroidissement du gaz, mais la durée de l'expérience est beaucoup plus grande.

5.2. Exploitation des résultats expérimentaux (1)

1. Noter les résultats obtenus dans un tableau tel celui ci-dessous et compléter les différentes colonnes sachant que:

p_{atm} : pression atmosphérique;

p_{rel} : pression relative du gaz, indiquée par le manomètre;

p : pression absolue du gaz ($p = p_{\text{atm}} + p_{\text{rel}}$);

θ : température du gaz.

p_{rel} (bar)	p (bar)	θ (°C)

2. Tracer le graphique $p = f(\theta)$. Que peut-on en déduire?

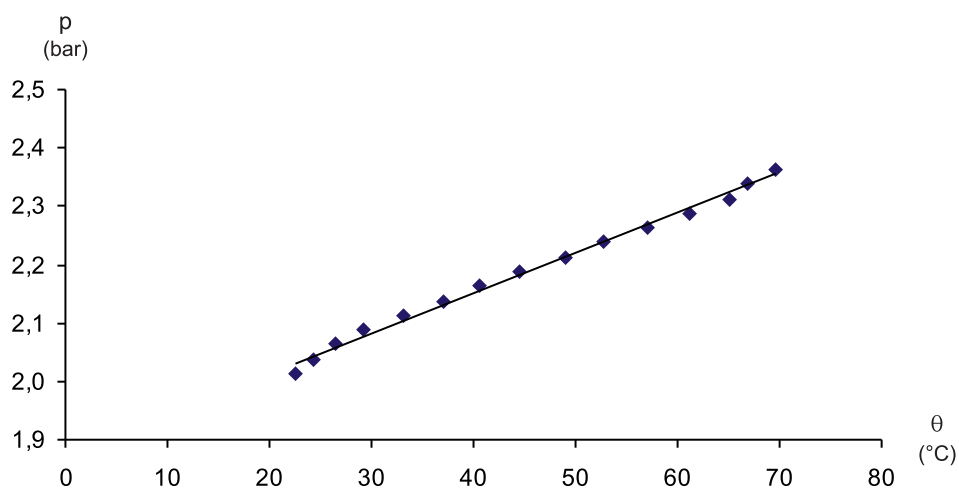
Exemple de résultats obtenus

Les résultats sont donnés pour un volume de gaz de $(318 \pm 3) \text{ cm}^3$, la hauteur du gaz dans le tube étant de $(21,1 \pm 0,1) \text{ cm}$ et le diamètre intérieur du tube $(4,38 \pm 0,01) \text{ cm}$.

$p_{\text{atm}} = (1,013 \pm 0,001) \text{ bar}$

p_{rel} (bar)	p (bar)	θ (°C)
1,000 ± 0,016	2,013 ± 0,017	22,5 ± 0,1
1,025 ± 0,016	2,038 ± 0,017	24,3 ± 0,1
1,050 ± 0,016	2,063 ± 0,017	26,5 ± 0,1
1,075 ± 0,016	2,088 ± 0,017	29,3 ± 0,1
1,100 ± 0,016	2,113 ± 0,017	33,1 ± 0,1
1,125 ± 0,016	2,138 ± 0,017	37,1 ± 0,1
1,150 ± 0,016	2,163 ± 0,017	40,6 ± 0,1
1,175 ± 0,016	2,188 ± 0,017	44,6 ± 0,1
1,200 ± 0,016	2,213 ± 0,017	49,0 ± 0,1
1,225 ± 0,016	2,238 ± 0,017	52,8 ± 0,1
1,250 ± 0,016	2,263 ± 0,017	57,0 ± 0,1
1,275 ± 0,016	2,288 ± 0,017	61,1 ± 0,1
1,300 ± 0,016	2,313 ± 0,017	65,0 ± 0,1
1,325 ± 0,016	2,338 ± 0,017	66,9 ± 0,1
1,350 ± 0,016	2,363 ± 0,017	69,6 ± 0,1

Les incertitudes sont comprises dans la dimension des rectangles indiqués sur le graphique.



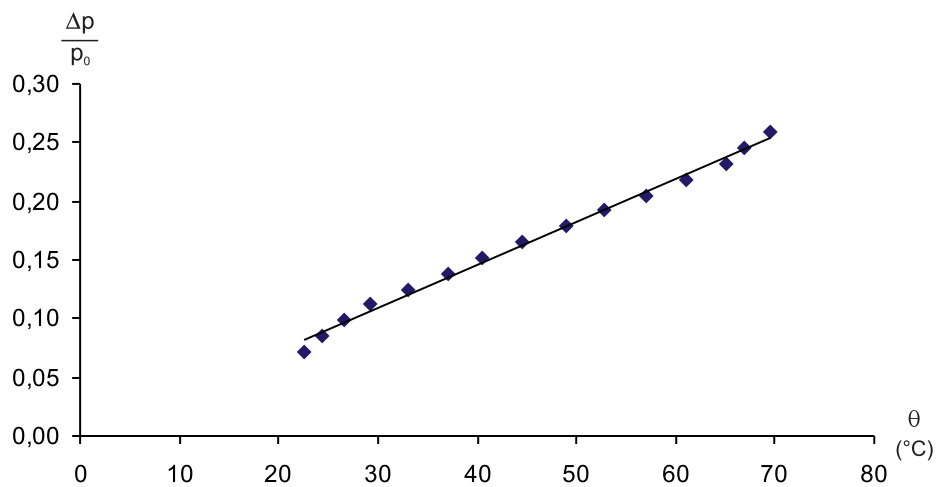
Le graphique de $p = f(\theta)$ est une droite. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$p = 6,8487 \cdot 10^{-3} \theta + 1,8778$$

Si on veut déterminer la valeur de la constante de dilatation du gaz à volume constant, il faut d'abord déterminer par extrapolation la valeur de la pression p_0 du gaz à 0 °C. D'après l'équation de la droite, elle vaut 1,8778 bar.

$$\begin{aligned} \text{Si} \quad p &= p_0 (1 + \alpha \cdot \theta) \\ p &= p_0 + p_0 \cdot \alpha \cdot \theta \\ \Delta p &= p - p_0 = p_0 \cdot \alpha \cdot \theta \\ \frac{\Delta p}{p_0} &= \alpha \cdot \theta \end{aligned}$$

Représentons dans un graphique $\frac{\Delta p}{p_0}$ en fonction de θ .



Le graphique est une droite qui, extrapolée, passe pratiquement par l'origine. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$\frac{\Delta p}{p_0} = 3,6472 \cdot 10^{-3} \theta - 6,3581 \cdot 10^{-7}$$

La pente de cette droite vaut: $3,6472 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$.

On a ainsi: $\alpha = 3,6472 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$

Une valeur plus connue est celle de $\frac{1}{\alpha}$; on trouve ici:

$$\frac{1}{\alpha} = 274,2 \text{ °C}$$

Ce résultat est à 0,4 % de la valeur bien connue: 273,15 °C.

5.3. Exploitation des résultats expérimentaux (2)

1. Noter les résultats obtenus dans un tableau tel celui ci-dessous et compléter les différentes colonnes sachant que:

p_{atm} : pression atmosphérique;

p_{rel} : pression relative du gaz, indiquée par le manomètre;

p : pression absolue du gaz ($p = p_{\text{atm}} + p_{\text{rel}}$);

θ : température du gaz ($^{\circ}\text{C}$);

T : température du gaz (K).

p_{rel} (bar)	p (bar)	θ ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)	$\frac{p}{T}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{K}}\right)$

2. Tracer le graphique $p = f(T)$. Que peut-on en déduire?

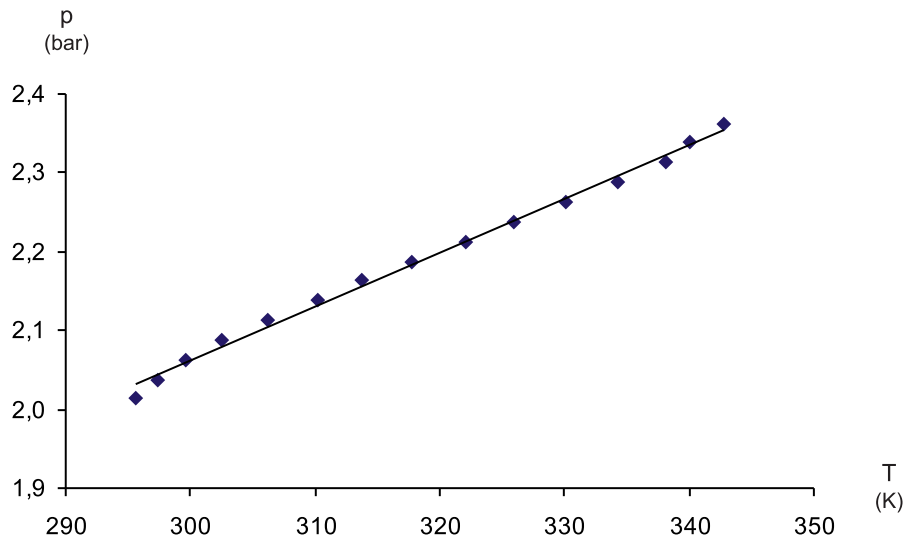
Exemple de résultats obtenus

Les résultats sont donnés pour un volume de gaz de $(318 \pm 3) \text{ cm}^3$, la hauteur du gaz dans le tube étant de $(21,1 \pm 0,1) \text{ cm}$ et le diamètre intérieur du tube $(4,38 \pm 0,01) \text{ cm}$.

$p_{\text{atm}} = (1,013 \pm 0,001) \text{ bar}$

p_{rel} (bar)	p (bar)	θ ($^{\circ}\text{C}$)	T (K)	$\frac{p}{T}$ $\left(10^{-4} \cdot \frac{\text{Pa}}{\text{K}}\right)$
1,000 ± 0,016	2,013 ± 0,017	22,5 ± 0,1	295,7 ± 0,1	68,1 ± 0,06
1,025 ± 0,016	2,038 ± 0,017	24,3 ± 0,1	297,5 ± 0,1	68,5 ± 0,06
1,050 ± 0,016	2,063 ± 0,017	26,5 ± 0,1	299,7 ± 0,1	68,8 ± 0,06
1,075 ± 0,016	2,088 ± 0,017	29,3 ± 0,1	302,5 ± 0,1	69,0 ± 0,06
1,100 ± 0,016	2,113 ± 0,017	33,1 ± 0,1	306,3 ± 0,1	69,0 ± 0,06
1,125 ± 0,016	2,138 ± 0,017	37,1 ± 0,1	310,3 ± 0,1	68,9 ± 0,06
1,150 ± 0,016	2,163 ± 0,017	40,6 ± 0,1	313,8 ± 0,1	68,9 ± 0,06
1,175 ± 0,016	2,188 ± 0,017	44,6 ± 0,1	317,8 ± 0,1	68,9 ± 0,06
1,200 ± 0,016	2,213 ± 0,017	49,0 ± 0,1	322,2 ± 0,1	68,7 ± 0,05
1,225 ± 0,016	2,238 ± 0,017	52,8 ± 0,1	326,0 ± 0,1	68,7 ± 0,05
1,250 ± 0,016	2,263 ± 0,017	57,0 ± 0,1	330,2 ± 0,1	68,5 ± 0,05
1,275 ± 0,016	2,288 ± 0,017	61,1 ± 0,1	334,3 ± 0,1	68,5 ± 0,05
1,300 ± 0,016	2,313 ± 0,017	65,0 ± 0,1	338,2 ± 0,1	68,4 ± 0,05
1,325 ± 0,016	2,338 ± 0,017	66,9 ± 0,1	340,1 ± 0,1	68,8 ± 0,05
1,350 ± 0,016	2,363 ± 0,017	69,6 ± 0,1	342,8 ± 0,1	68,9 ± 0,05

Les incertitudes sont comprises dans la dimension des rectangles indiqués sur le graphique.



Le graphique de $p = f(T)$ est une droite. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$p = 6,8487 \cdot 10^{-3} T + 7,0719 \cdot 10^{-3}$$

On en déduit que p et T sont des grandeurs proportionnelles. Le rapport $\frac{p}{T}$ est indiqué dans la dernière colonne du tableau; sa constance (aux incertitudes près) confirme ce fait.

Il est peu raisonnable d'extrapoler les résultats portés en graphique, mais on peut quand même être tenté de le faire et déterminer l'abscisse du point de percée de la droite avec l'axe des températures. À partir de l'équation de la droite, on obtient -1 K soit -274 °C, valeur très proche de -273 °C.

6. loi de Gay-Lussac

6.1. Manipulation

1. Ouvrir le robinet (1). Faire de même avec le robinet (2) en faisant tourner la poignée de 90° dans le sens antihorlogique.
2. Comprimer l'air (5) dans le compresseur en animant la poignée (6) d'un mouvement de va-et-vient, jusqu'au moment où l'huile (4) apparaît dans le tube transparent.
3. Fermer le robinet (2), noter la valeur de la pression atmosphérique. Le robinet (1) étant encore ouvert, la pression du gaz dans le tube est égale à la pression atmosphérique; le manomètre indique 0 bar.
4. Fermer le robinet (1) afin que la masse de gaz dans le tube transparent reste constante. La pression du gaz dans le tube est, à ce moment, toujours égale à la pression atmosphérique.

5. Ouvrir le robinet (2), puis continuer à comprimer l'air (5) dans le compresseur. Dès que le niveau d'huile est à environ 3 ou 4 cm au-dessus de la partie inférieure du manchon chauffant (10) et que la pression relative atteint une valeur facilement lisible avec précision sur le manomètre (par exemple: 1,2 bar), fermer le robinet (2). Mesurer la hauteur h de la colonne d'air et relever la température θ de l'air dans le tube.
Noter les résultats.
6. Brancher le système de chauffage de l'appareil sur une prise 230 V \sim , enclencher le chauffage sur la position 1 en relevant le bouton (11) d'un cran.
7. Veiller à ce que la pression du gaz reste constante pendant toute la durée de l'expérience. Pour cela, ouvrir doucement le robinet (2) et observer l'indication du manomètre. Si la pression diminue progressivement, refermer le robinet (2) au moment où la pression du gaz est égale à la pression initiale. Si la pression ne diminue pas lorsque le robinet (2) est complètement ouvert, soulever légèrement la soupape de sécurité (9) du compresseur jusqu'au moment où la pression du gaz est égale⁴ à la pression initiale. Refermer le robinet (2), noter la température du gaz ainsi que la hauteur de la colonne de gaz.
8. Refaire le point 7 de la manipulation tout en continuant à chauffer l'air. Lorsque la température atteint 50 °C, on peut augmenter la puissance du système de chauffage en relevant le bouton (11) d'un cran (position 2).
9. Arrêter le chauffage lorsque la température du gaz atteint 70 °C (température maximale que peut repérer le thermomètre).

On peut également réaliser les mesures lors du refroidissement du gaz, mais la durée de l'expérience est beaucoup plus grande.

6.2. Exploitation des résultats expérimentaux (1)

1. Noter les résultats obtenus dans un tableau tel celui ci-après et compléter les différentes colonnes sachant que:

- h : hauteur de la colonne de gaz dans le tube;
- V_{tube} : volume du gaz dans le tube; le diamètre intérieur du tube est indiqué sur l'appareil;
- V_{int} : volume intérieur de la partie supérieure de l'appareil; ce volume est indiqué sur l'appareil;
- V : volume total du gaz ($V = V_{\text{tube}} + V_{\text{int}}$);
- p_{atm} : pression atmosphérique;
- p_{rel} : pression relative du gaz, indiquée par le manomètre;
- p : pression absolue du gaz ($p = p_{\text{atm}} + p_{\text{rel}}$);
- θ : température du gaz.

⁴ Si la pression est plus basse que la pression initiale, on peut soit comprimer l'air (5) dans le compresseur à l'aide de la poignée (6), soit attendre que l'élévation de température du gaz ait ramené la pression à sa valeur initiale.

h (cm)	V (cm ³)	θ (°C)

2. Tracer le graphique $V = f(\theta)$. Que peut-on en déduire?

Exemple de résultats obtenus

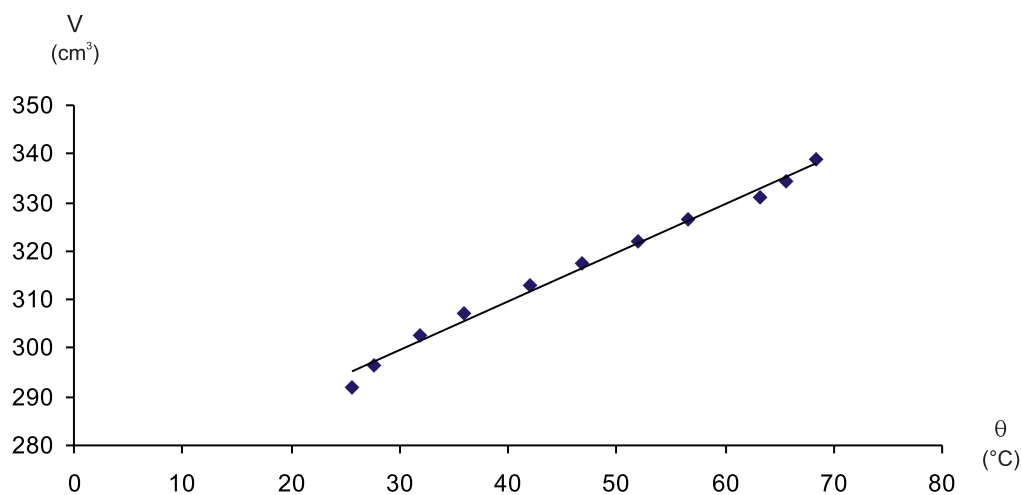
$$p_{\text{atm}} = (1,013 \pm 0,001) \text{ bar}$$

$$p_{\text{rel}} = (1,200 \pm 0,016) \text{ bar}$$

$$V_{\text{int}} = (1,2 \pm 0,2) \text{ cm}^3$$

h (cm)	V (cm ³)	θ (°C)
19,3 ± 0,1	292,0 ± 3,0	25,7 ± 0,1
19,6 ± 0,1	296,5 ± 3,1	27,7 ± 0,1
20,0 ± 0,1	302,5 ± 3,1	31,9 ± 0,1
20,3 ± 0,1	307,1 ± 3,1	36,0 ± 0,1
20,7 ± 0,1	313,1 ± 3,1	42,0 ± 0,1
21,0 ± 0,1	317,6 ± 3,2	46,9 ± 0,1
21,3 ± 0,1	322,1 ± 3,2	52,0 ± 0,1
21,6 ± 0,1	326,7 ± 3,2	56,5 ± 0,1
21,9 ± 0,1	331,2 ± 3,2	63,2 ± 0,1
22,1 ± 0,1	334,2 ± 3,2	65,7 ± 0,1
22,4 ± 0,1	338,7 ± 3,2	68,4 ± 0,1

Les incertitudes sont comprises dans la dimension des rectangles indiqués sur le graphique.



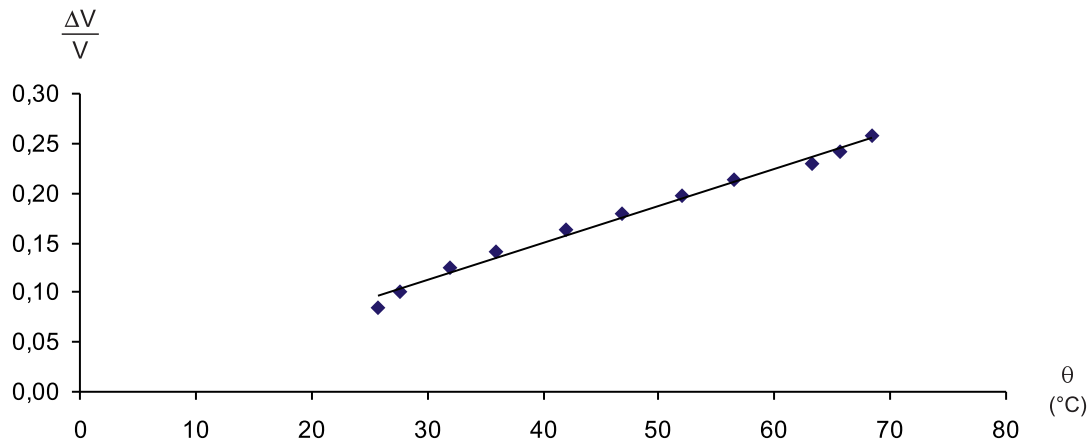
Le graphique de $V = f(\theta)$ est une droite. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$V = 1,0092 \theta + 269,18$$

Si on veut déterminer la valeur de la constante de dilatation du gaz à pression constante, il faut d'abord déterminer par extrapolation la valeur du volume V_0 du gaz à 0°C . D'après l'équation de la droite, il vaut $269,18 \text{ cm}^3$.

$$\begin{aligned} \text{Si} \quad V &= V_0 (1 + \beta \cdot \theta) \\ V &= V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \theta \\ \Delta V &= V - V_0 = V_0 \cdot \beta \cdot \theta \\ \frac{\Delta V}{V_0} &= \beta \cdot \theta \end{aligned}$$

Représentons dans un graphique $\frac{\Delta V}{V_0}$ en fonction de θ .



Le graphique est une droite qui, extrapolée, passe pratiquement par l'origine. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3,7490 \cdot 10^{-3} \theta + 4,1551 \cdot 10^{-6}$$

La pente de cette droite vaut: $3,7490 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

On a ainsi: $\beta = 3,7490 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Une valeur plus connue est celle de $\frac{1}{\beta}$; on trouve ici:

$$\frac{1}{\beta} = 266,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ce résultat est à 2,4 % de la valeur bien connue: $273,15 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.3. Exploitation des résultats expérimentaux (2)

1. Noter les résultats obtenus dans un tableau tel celui ci-dessous et compléter les différentes colonnes sachant que:

h : hauteur de la colonne de gaz dans le tube;

V_{tube} : volume du gaz dans le tube; le diamètre intérieur du tube est indiqué sur l'appareil;

V_{int} : volume intérieur de la partie supérieure de l'appareil; ce volume est indiqué sur l'appareil;

V : volume total du gaz ($V = V_{\text{tube}} + V_{\text{int}}$);

p_{atm} : pression atmosphérique;

p_{rel} : pression relative du gaz, indiquée par le manomètre;

p : pression absolue du gaz ($p = p_{\text{atm}} + p_{\text{rel}}$);

θ : température du gaz ($^{\circ}\text{C}$);

T : température du gaz (K).

h	V	θ	T	$\frac{V}{T}$
(cm)	(cm ³)	($^{\circ}\text{C}$)	(K)	$\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{K}}\right)$

2. Tracer le graphique $V = f(T)$. Que peut-on en déduire?

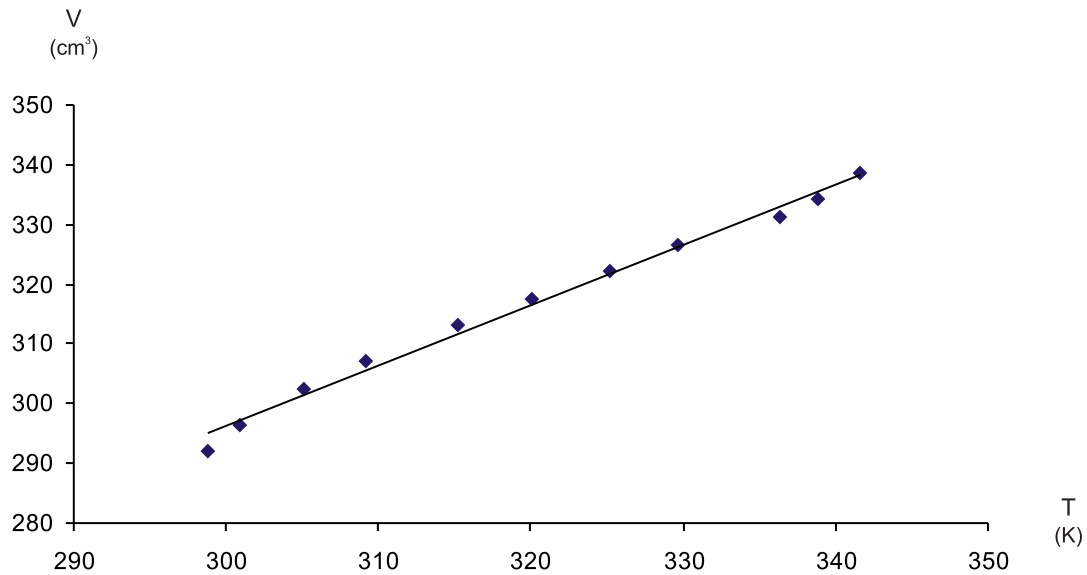
Exemple de résultats obtenus

$$p_{\text{atm}} = (1,013 \pm 0,001) \text{ bar}$$

$$p_{\text{rel}} = (1,200 \pm 0,016) \text{ bar}$$

h	V	θ	T	$\frac{V}{T}$
(cm)	(cm ³)	($^{\circ}\text{C}$)	(K)	$\left(\frac{\text{cm}^3}{\text{K}}\right)$
19,3 ± 0,1	292,0 ± 3,0	25,7 ± 0,1	298,9 ± 0,1	0,977 ± 0,010
19,6 ± 0,1	296,5 ± 3,1	27,7 ± 0,1	300,9 ± 0,1	0,986 ± 0,010
20,0 ± 0,1	302,5 ± 3,1	31,9 ± 0,1	305,1 ± 0,1	0,992 ± 0,010
20,3 ± 0,1	307,1 ± 3,1	36,0 ± 0,1	309,2 ± 0,1	0,993 ± 0,010
20,7 ± 0,1	313,1 ± 3,1	42,0 ± 0,1	315,2 ± 0,1	0,993 ± 0,010
21,0 ± 0,1	317,6 ± 3,2	46,9 ± 0,1	320,1 ± 0,1	0,992 ± 0,010
21,3 ± 0,1	322,1 ± 3,2	52,0 ± 0,1	325,2 ± 0,1	0,991 ± 0,010
21,6 ± 0,1	326,7 ± 3,2	56,5 ± 0,1	329,7 ± 0,1	0,991 ± 0,010
21,9 ± 0,1	331,2 ± 3,2	63,2 ± 0,1	336,4 ± 0,1	0,985 ± 0,010
22,1 ± 0,1	334,2 ± 3,2	65,7 ± 0,1	338,9 ± 0,1	0,986 ± 0,010
22,4 ± 0,1	338,7 ± 3,2	68,4 ± 0,1	341,6 ± 0,1	0,992 ± 0,010

Les incertitudes sont comprises dans la dimension des rectangles indiqués sur le graphique.



Le graphique de $V = f(T)$ est une droite. Son équation, obtenue au moyen du programme Excel, est:

$$V = 1,0092 T - 6,4682$$

On en déduit que V et T sont des grandeurs proportionnelles. Le rapport $\frac{V}{T}$ est indiqué dans la dernière colonne du tableau; sa constance (aux incertitudes près) confirme ce fait.

Il est peu raisonnable d'extrapoler les résultats, mais on peut quand même être tenté de le faire et déterminer l'abscisse du point de percée de la droite avec l'axe des températures. À partir de l'équation de la droite, on obtient 6,5 K soit $-266,7\text{ °C}$, valeur proche de -273 °C .

7. Incertitudes de mesure

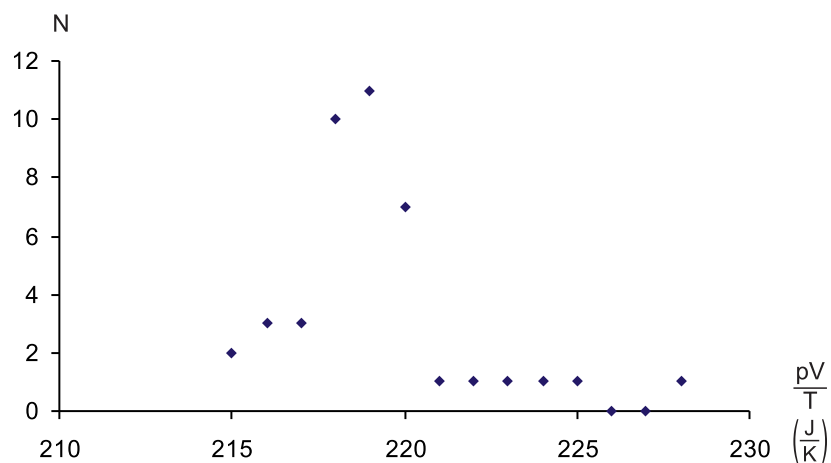
- L'appareil est équipé d'un manomètre de classe 1,0. Cela signifie que l'incertitude absolue sur la pression relative indiquée par l'appareil est de 1 % de la valeur à fond d'échelle. Puisque le manomètre est gradué jusqu'à 1,6 bar, l'incertitude absolue sur toutes les pressions vaut 0,016 bar si on suppose qu'il n'y a pas d'incertitude ou d'erreur de lecture significative. Cette incertitude de 0,016 bar est la même pour toutes les mesures.
- Le diamètre intérieur du tube a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse numérique. Ce diamètre n'est pas constant: des différences de l'ordre du centième de millimètre sont constatées. La valeur moyenne du diamètre est indiquée sur l'appareil.

8. Détermination de la constante des gaz parfaits

Si on réalise les expériences de Boyle-Mariotte, de Charles et de Gay-Lussac avec une même masse de gaz, on peut vérifier la constance du rapport $\frac{pV}{T}$. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau suivant:

Boyle-Mariotte	Charles	Gay-Lussac
$\frac{pV}{T}$ $\left(\frac{J}{K}\right)$	$\frac{pV}{T}$ $\left(\frac{J}{K}\right)$	$\frac{pV}{T}$ $\left(\frac{J}{K}\right)$
0,228 ± 0,006	0,216 ± 0,004	0,216 ± 0,004
0,225 ± 0,005	0,218 ± 0,004	0,218 ± 0,004
0,224 ± 0,005	0,219 ± 0,004	0,220 ± 0,004
0,223 ± 0,005	0,219 ± 0,004	0,220 ± 0,004
0,222 ± 0,005	0,219 ± 0,004	0,220 ± 0,004
0,221 ± 0,004	0,219 ± 0,004	0,220 ± 0,004
0,220 ± 0,004	0,219 ± 0,004	0,219 ± 0,004
0,220 ± 0,004	0,219 ± 0,004	0,219 ± 0,004
0,219 ± 0,004	0,218 ± 0,004	0,218 ± 0,004
0,218 ± 0,004	0,218 ± 0,004	0,218 ± 0,004
0,217 ± 0,004	0,218 ± 0,004	
0,217 ± 0,004	0,218 ± 0,004	
0,216 ± 0,004	0,217 ± 0,004	
0,215 ± 0,004	0,219 ± 0,004	
0,215 ± 0,004	0,219 ± 0,004	
0,215 ± 0,004		

La distribution des résultats est la suivante, N étant le nombre de fois qu'apparaît une même valeur:



La distribution est centrée sur la valeur de $0,219 \frac{J}{K}$. En tenant compte de la forme de la distribution, en première approximation, on peut écrire que:

$$\frac{pV}{T} = (0,219 \pm 0,003) \frac{J}{K} \quad (1)$$

Si on veut déterminer la constante R des gaz parfaits, il faut déterminer le nombre n de moles de gaz car:

$$\frac{pV}{T} = n \cdot R$$

Pour arriver à ce résultat, il faut se rappeler que si $p = 101\,325$ Pa et $\theta = 0$ °C, le volume V_{0m} d'une mole de gaz parfait vaut:

$$V_{0m} = (22,414 \pm 0,001) \text{ dm}^3$$

Première méthode

La pression du gaz à 0 °C a déjà été obtenue par extrapolation (§ 5.2.); on a trouvé: $p_0 = 1,8778$ bar.

Le volume V_g du gaz correspondant vaut:

$$V_g = (318 \pm 3) \text{ cm}^3$$

Pour déterminer le volume V du gaz contenu dans le tube, à 0 °C et sous une pression de 1,01325 bar, on applique la loi de Boyle-Mariotte.

$$\begin{aligned} p_0 \cdot V_g &= 1,01325 \cdot V \\ 1,8778 \cdot (318 \pm 3) &= 1,01325 \cdot V \end{aligned}$$

En ne tenant pas compte de l'incertitude sur p_0 , on en déduit que:

$$V = \frac{1,8778 \cdot (318 \pm 3)}{1,01325} = (589 \pm 6) \text{ cm}^3 = (0,589 \pm 0,006) \text{ dm}^3$$

Le nombre n de moles vaut:

$$n = \frac{V}{V_{0m}} = \frac{0,589 \pm 0,006}{22,414 \pm 0,001} = (0,0263 \pm 0,0003) \text{ mol} \quad (2)$$

Pour déterminer la constante R des gaz parfaits, il faut calculer:

$$R = \frac{\frac{pV}{T}}{n}$$

En tenant compte de (1) et de (2), on a:

$$R = \frac{0,219 \pm 0,003}{0,0263 \pm 0,0003} = (8,3 \pm 0,2) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Ce résultat est compatible avec la valeur bien connue de R:

$$(8,31451 \pm 0,00007) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Deuxième méthode

Le volume du gaz à 0 °C a déjà été obtenu par extrapolation (§ 6.2.); on a trouvé: $V_0 = 269,18 \text{ cm}^3$.

La pression p_g du gaz correspondante vaut:

$$p_g = (1,013 \pm 0,001) + (1,200 \pm 0,016) = (2,213 \pm 0,017) \text{ bar}$$

Pour déterminer le volume V du gaz contenu dans le tube, à 0 °C et sous une pression de 1,01325 bar, on applique la loi de Boyle-Mariotte:

$$\begin{aligned} p_g \cdot V_0 &= 1,01325 \cdot V \\ (2,213 \pm 0,017) \cdot 269,18 &= 1,01325 \cdot V \end{aligned}$$

En ne tenant pas compte de l'incertitude sur V_0 , on en déduit que:

$$V = \frac{(2,213 \pm 0,017) \cdot 269,18}{1,01325} = (588 \pm 5) \text{ cm}^3 = (0,588 \pm 0,005) \text{ dm}^3$$

Le nombre n de moles vaut:

$$n = \frac{V}{V_{0m}} = \frac{0,588 \pm 0,005}{22,414 \pm 0,001} = (0,0262 \pm 0,0002) \text{ mol} \quad (3)$$

Pour déterminer la constante R des gaz parfaits, il faut calculer:

$$R = \frac{\frac{pV}{T}}{n}$$

En tenant compte de (1) et de (3), on a:

$$R = \frac{0,219 \pm 0,003}{0,0262 \pm 0,0002} = (8,4 \pm 0,2) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Ce résultat est compatible avec la valeur bien connue de R :

$$(8,31451 \pm 0,00007) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

9. Maintenance de l'appareil

Après utilisation de l'appareil, il est conseillé de ramener l'huile du tube dans le compresseur. Pour réaliser cette opération, il suffit de placer le compresseur plus bas que le robinet à liquide (2), d'ouvrir ce dernier et de soulever la soupape (9). Si le manomètre indique une pression relative proche de 0 bar, on peut aussi ouvrir le robinet (1) de l'appareil.

La pile placée dans le boîtier du thermomètre a une autonomie d'environ un an. Pour la remplacer, il faut:

1. faire coulisser le boîtier au thermomètre vers le haut;
2. enlever la pile et la remplacer par une nouvelle (pile 1,5 V) en respectant la polarité;
3. remettre le boîtier en veillant au bon fonctionnement du thermomètre.

10. Sécurité

Le tube transparent est en polycarbonate.

Le fabricant garantit qu'il peut résister à une pression de 2,5 bars. Des essais réalisés au CTP ont montré que ce tube pouvait résister à des pressions supérieures à 10 bars, pressions bien supérieures à celles utilisées lors du fonctionnement normal de l'appareil.

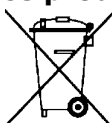
TA20

MODE D'EMPLOI

1. Introduction

Aux résidents de l'Union européenne

Des informations environnementales importantes concernant ce produit



Ce symbole sur l'appareil ou l'emballage indique que l'élimination d'un appareil en fin de vie peut polluer l'environnement. Ne pas jeter un appareil électrique ou électronique (et des piles éventuelles) parmi les déchets municipaux non sujets au tri sélectif ; une déchèterie traitera l'appareil en question. Renvoyer cet appareil à votre fournisseur ou à un service de recyclage local. Il convient de respecter la réglementation locale relative à la protection de l'environnement.

En cas de questions, contacter les autorités locales pour élimination.

Nous vous remercions de votre achat ! Lire la présente notice attentivement avant la mise en service de l'appareil. Si l'appareil a été endommagé pendant le transport, ne pas l'installer et consulter votre revendeur.

2. Consignes de sécurité



Garder l'appareil hors de la portée des enfants et des personnes non autorisées.

3. Directives générales

Se référer à la **garantie de service et de qualité Velleman®** en fin de notice.

- La garantie ne s'applique pas aux dommages survenus suite à des modifications effectuées par l'utilisateur ou au non-respect de certaines directives de cette notice; votre revendeur déclinera toute responsabilité pour les problèmes et les défauts qui en résultent.
- Éviter de secouer l'appareil. Éviter d'exercer une force excessive et traiter l'appareil avec circonspection pendant l'installation ou l'opération.

V. 02 - 26/03/2013

8

©Velleman nv

TA20

4. Usage

- Insérer 1 pile R03 dans la partie inférieure du compartiment de piles à l'arrière de l'appareil.
- Touche °F/°C : sélectionner l'unité de température désirée.
- Touche Alert/Set : presser cette touche pendant 2 secondes : l'affichage OUT clignote : c'est la valeur maximale.
- Presser la touche °C/°F pour régler la température: pour chaque pression, 1° est ajouté. Presser le bouton plus longtemps pour avancer plus rapidement.
- L'appareil saute de 70°C (158°F) à -50°C (-58°F).
- Quand vous avez réglé la valeur maximum, pressez "Alert/Set" pour sélectionner l'affichage 'IN', qui représente la valeur minimum.
- Réglez de nouveau la température avec la touche "°C/°F".
- Lorsque vous avez mis la valeur minimum, pressez la touche "Alert/Set" pour quitter le réglage des températures d'alarme. La fonction alarme est maintenant activée.
- Pressez la touche "Alert/Set" pour alterner entre ON et OFF. Lorsque la fonction alarme est active et la température de l'appareil ou de la sonde dépasse une valeur seuil, l'appareil émettra 4 signaux sonores chaque 30 secondes. Cette fonction fait que l'appareil peut être employé comme p.ex. témoin de gel ou de surchauffe.
- Touche Max/min: Pressez une fois pour afficher les valeurs max. pour l'intérieur et l'extérieur depuis la dernière réinitialisation ; pressez encore une fois pour afficher les valeurs min. pour l'intérieur et l'extérieur depuis la dernière réinitialisation ; pressez une troisième fois pour retourner aux valeurs actuelles.
- Touche Reset: pressez cette touche pour réinitialiser les valeurs min. et max. et les valeurs d'alarme

5. Spécifications techniques

alimentation	1 pile type R03
plage de température	thermomètre: -10~50°C (14~122°F)
	sonde: -50~70°C (-58~158°F)
résolution/précision	0.1°/±1°C (1.8°F)
dimensions	110 x 70 x 20mm

TA20	
-------------	--

taille de l'afficheur/hauteur du digit	30 x 40mm/12mm
--	----------------

N'employer cet appareil qu'avec des accessoires d'origine. La SA Velleman ne peut, dans la mesure conforme au droit applicable être tenue responsable des dommages ou lésions (directs ou indirects) pouvant résulter de l'utilisation de cet appareil. Pour plus d'information concernant cet article et la dernière version de cette notice, visiter notre site web www.velleman.eu. Toutes les informations présentées dans cette notice peuvent être modifiées sans notification préalable.

© DROITS D'AUTEUR

SA Velleman est l'ayant droit des droits d'auteur pour cette notice. Tous droits mondiaux réservés. Toute reproduction, traduction, copie ou diffusion, intégrale ou partielle, du contenu de cette notice par quelque procédé ou sur tout support électronique que ce soit est interdite sans l'accord préalable écrit de l'ayant droit.