

Appareil pour la mesure de la pression dans un liquide

MF 2600 13401



Mode d'emploi



Centre technique et pédagogique
de l'Enseignement de la Communauté française

1. But

Déterminer la pression dans un liquide et montrer que la pression dépend de la profondeur d'immersion et de la masse volumique du liquide.

Note

On entend par profondeur d'immersion la différence de hauteur entre le niveau du liquide dans le réservoir et le niveau du liquide dans le tube relié au manomètre.

2. Composition de l'appareil

L'appareil est constitué:

- d'un support sur lequel sont fixés un manomètre et ses accessoires (MF 2604 23401);
- d'une planchette support sur laquelle est fixé un tube de verre fermé à sa partie inférieure (MF 2605 45641);
- d'une tige métallique pour fixer la planchette (MF 2606 86321);
- d'une règle graduée (MF 2607 18211);
- d'une pince à linge (MF 2608 13521).

3. Matériel nécessaire

1 appareil pour la mesure de la pression dans un liquide (MF 2600 13401)

1 statif

1 noix

1,5 l de liquides transparents (ou translucides) de masses volumiques différentes (eau déminéralisée, méthanol, huile, glycérine...)

4. Description

L'appareil est constitué d'un manomètre de précision à membrane. Il est de classe 1,6¹ et permet de mesurer des variations de pression d'un gaz comprises entre – 40 mbar et + 60 mbar. L'indication «0» correspond à la pression atmosphérique.

¹ Cela signifie que l'incertitude de mesure ne dépasse pas 1,6 % de la valeur à fond d'échelle.

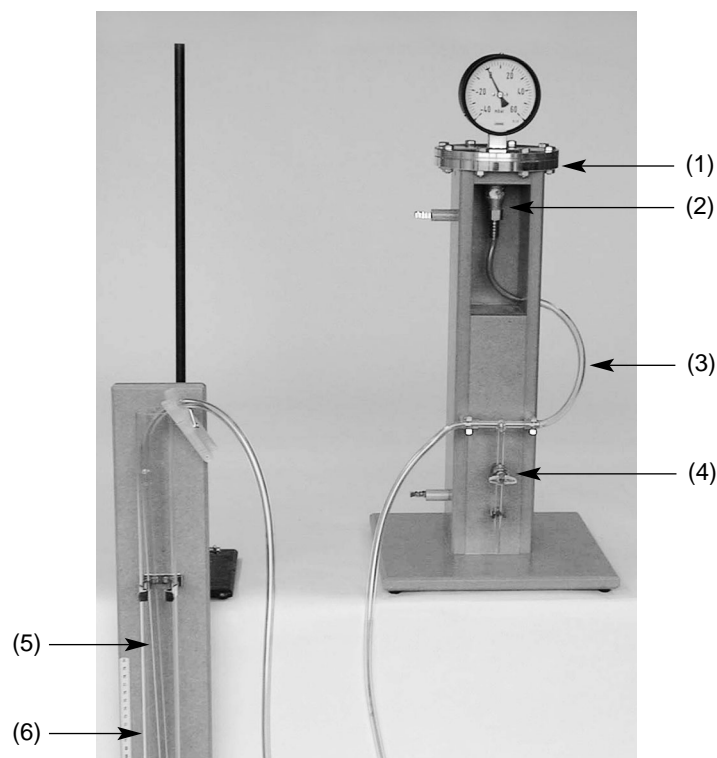
Les mesures de variations de pression réalisées avec ce manomètre ne sont pas influencées par les variations de la pression atmosphérique car l'appareil n'indique que la différence de pression entre la pression extérieure (pression atmosphérique) et la pression à mesurer. Cette pression agit, par l'intermédiaire de l'orifice (2), sur la membrane inférieure (1) du manomètre. La membrane supérieure est continuellement soumise à la pression atmosphérique.

Un robinet en verre (4), placé sur le support sur lequel est fixé le manomètre, permet, en cas de besoin, d'amener à la pression atmosphérique l'air qui est à l'intérieur du tuyau (3).

Le tuyau flexible (3) est prolongé par un tube de verre (5), ce qui facilite le déplacement du tuyau flexible dans le tube (6) servant de réservoir à liquide.

5. Principe des mesures

- ◆ Lorsque le robinet (4) est fermé, si l'on enfonce le tuyau flexible (3) et son embout en verre (5) dans un liquide, l'air contenu dans le tuyau (3) et dans l'embout (5) subit une augmentation de pression dépendant de la profondeur d'immersion. Cette augmentation de pression a pour effet qu'une partie du liquide entre dans l'embout en verre (5), jouant ainsi le rôle d'un piston qui comprime l'air. Cette augmentation de pression se transmet dans tout le tuyau (3) et peut être lue sur le cadran du manomètre (graduations entre 0 et 60 mbar).
- ◆ Lorsque le robinet (4) est ouvert et que le tube (5) est enfoncé dans un liquide, le manomètre n'indique aucune variation de pression. Si, à ce moment, on ferme le robinet (4) et que l'on remonte le tube (5), en veillant à ce que son extrémité inférieure reste immergée dans le liquide, l'air contenu dans le tube (5) et le tuyau (3) subit une dépression. Cette diminution de pression se transmet dans tout le tuyau et peut être également lue sur le cadran du manomètre (graduations entre 0 et -40 mbar).



6. Mise en œuvre du matériel

1. Déposer sur une table le support sur lequel sont fixés le manomètre et ses accessoires.
2. Visser la tige métallique² dans l'écrou fixé derrière la planchette support sur laquelle est fixé le tube en verre.
3. Fixer la noix sur le statif et placer l'ensemble au bord de la table. Fixer verticalement la planchette support en enfilant la tige métallique dans la noix. La partie inférieure de la planchette support doit être posée sur le sol.
4. Veiller à ce que l'extrémité inférieure du tube en verre (6) fixé sur la planchette support soit fermée hermétiquement.

Remarque

Dans les manipulations, il faut veiller à ce que:

- toutes les mesures de variations de pression soient comprises entre -40 mbar et $+60$ mbar;
- de petites quantités de liquide n'apparaissent pas à différents endroits dans le tube (3); elles risqueraient de fausser les mesures.

7. Manipulations possibles

Pour montrer que la pression dans un liquide varie en fonction de la profondeur d'immersion et de la masse volumique du liquide, plusieurs expériences peuvent être réalisées avec des liquides transparents (ou translucides) de masses volumiques différentes.

1. a) Verser un liquide dans le tube (6) de manière que sa hauteur³ ne dépasse pas 100 cm.
b) Fermer le robinet (4) et enfoncer progressivement le tube (5) dans le liquide. On peut alors soit lire l'augmentation de pression correspondant à des profondeurs d'immersion de plus en plus grandes, soit mesurer la profondeur d'immersion correspondant à des pressions de plus en plus grandes. Au besoin, utiliser la pince à linge pour empêcher le tube (5) ou (3) de descendre dans le tube (6).
c) Noter les résultats dans un tableau.
d) Refaire la manipulation avec un autre liquide de masse volumique différente.

² Cette tige est rangée sur le support sur lequel est fixé le manomètre.

³ Cette hauteur dépend de la masse volumique du liquide que l'on utilise.

2. a) Verser un liquide dans le tube (6) de manière que sa hauteur ne dépasse pas 100 cm.
 - b) Ouvrir le robinet (4) et enfoncer le tube (5) dans le liquide. Fermer ensuite le robinet (4). On peut alors remonter le tube (5) et soit lire la diminution de pression correspondant à différentes profondeurs d'immersion, soit mesurer la profondeur d'immersion correspondant à différentes diminutions de pression. Au besoin, utiliser la pince à linge pour empêcher le tube (5) ou (3) de descendre dans le tube (6).
 - c) Noter les résultats dans un tableau.
 - d) Refaire la manipulation avec un autre liquide de masse volumique différente.

3. a) Placer le tube (5) le plus bas possible dans le tube en verre (6) vide de liquide, le robinet (4) étant fermé.
 - b) Verser progressivement le liquide dans le tube (6) et soit lire l'augmentation de pression correspondant à différentes profondeurs d'immersion, soit mesurer la profondeur d'immersion correspondant à différentes augmentations de pression.
 - c) Noter les résultats dans un tableau.
 - d) Refaire la manipulation avec un autre liquide de masse volumique différente.

Pédagogiquement, il semble que ce sont les manipulations 1 et 2 qui montrent le mieux l'évolution de la variation de la pression dans un liquide en fonction de la profondeur d'immersion.

8. Exploitation

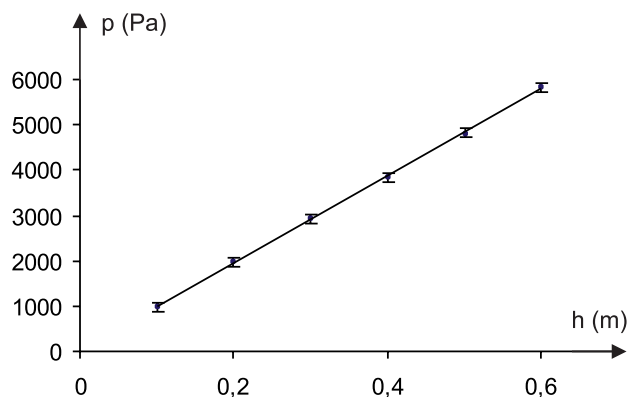
À partir des résultats obtenus, pour chaque liquide utilisé, tracer le graphique $p = f(h)$ ou $h = k(p)$.
Que peut-on en déduire ?

9. Exemples de résultats

9.1. Avec de l'eau

1. On verse de l'eau (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 85 cm (maximum 90 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

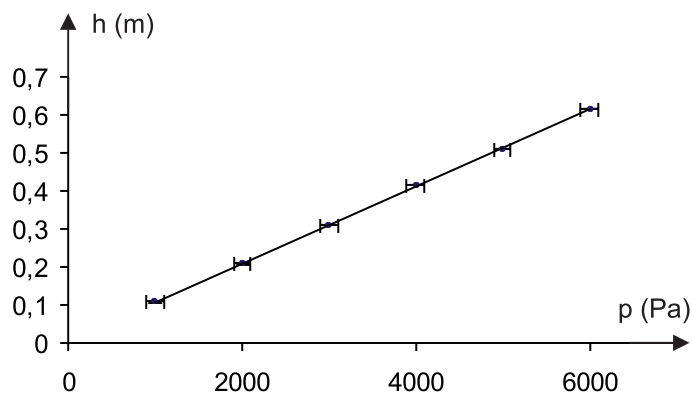
h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	975 ± 100	9800 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1975 ± 100	9880 ± 550
$0,300 \pm 0,001$	2925 ± 100	9750 ± 370
$0,400 \pm 0,001$	3850 ± 100	9630 ± 270
$0,500 \pm 0,001$	4825 ± 100	9650 ± 220
$0,600 \pm 0,001$	5825 ± 100	9710 ± 180



La représentation graphique montre que la variation de pression p exercée par l'eau est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés⁴, vaut 9636 Pa/m . Ce résultat est à environ 2 % du produit ρg .

2. On verse de l'eau (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 85 cm (maximum 90 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,108 \pm 0,001$	9300 ± 1000
2000 ± 100	$0,208 \pm 0,001$	9620 ± 530
3000 ± 100	$0,311 \pm 0,001$	9650 ± 350
4000 ± 100	$0,416 \pm 0,001$	9620 ± 260
5000 ± 100	$0,510 \pm 0,001$	9800 ± 220
6000 ± 100	$0,617 \pm 0,001$	9720 ± 180



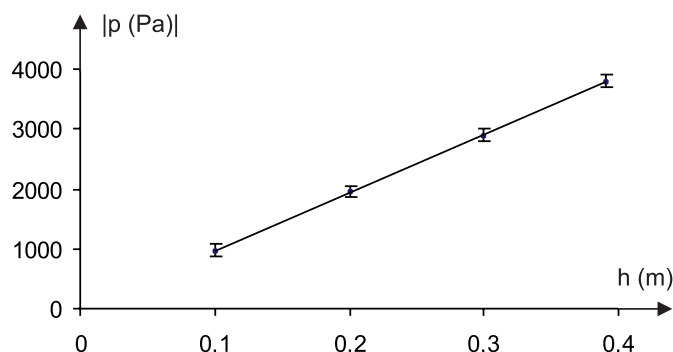
La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés⁵, vaut 9843 Pa/m . Ce résultat est à environ 0,3 % du produit ρg .

⁴ Calculée par le programme Excel.

⁵ Calculée par le programme Excel.

3. On verse de l'eau (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 85 cm (maximum 90 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la profondeur d'immersion soit de 40 cm. La variation de pression correspondante est de 38,5 mbar. On ouvre progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale d'eau dans le tube et on le referme ensuite. Le manomètre indique une variation de pression nulle. On remonte progressivement le tube (5) et on note la valeur absolue de la variation de pression $|p|$ pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

h (m)	$ p$ (Pa)	$\frac{ p }{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	975 ± 100	9750 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1950 ± 100	9750 ± 550
$0,300 \pm 0,001$	2900 ± 100	9670 ± 370
$0,390^6 \pm 0,001$	3800 ± 100	9740 ± 280

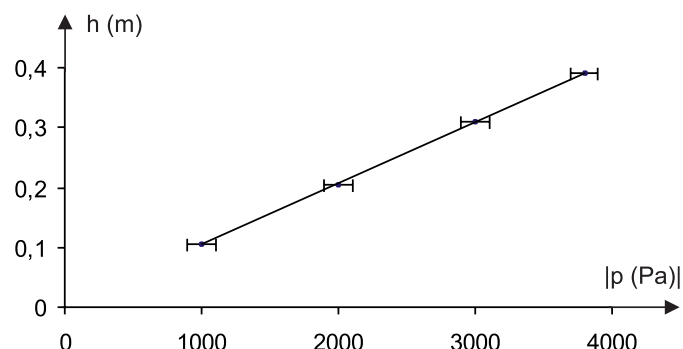


La représentation graphique montre que la valeur absolue de la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés⁷, vaut 9715 Pa/m . Ce résultat est à environ 1 % du produit pg .

De plus, les variations de pression mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les grandeurs des variations de pression mesurées lors de la première manipulation et ce pour des profondeurs d'immersion identiques.

4. On verse de l'eau (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 85 cm (maximum 90 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la variation de pression soit de 40 mbar. La profondeur d'immersion correspondante est de 41,6 cm. On ouvre progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale de liquide dans le tube et on le referme ensuite. Le manomètre indique une pression nulle. On remonte le tube (5) et on note la profondeur d'immersion h pour différentes valeurs absolues de la variation de pression $|p|$. Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

$ p$ (Pa)	h (m)	$\frac{ p }{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,105 \pm 0,001$	9520 ± 1000
2000 ± 100	$0,206 \pm 0,001$	9710 ± 530
3000 ± 100	$0,310 \pm 0,001$	9680 ± 350
$3800^8 \pm 100$	$0,392 \pm 0,001$	9690 ± 280



⁶ Il est difficile de mesurer la pression correspondant à une hauteur de 40 cm d'eau car l'extrémité inférieure du tube (5) est au ras du liquide; c'est pourquoi la mesure a été faite à 390 mm.

⁷ Calculée par le programme Excel.

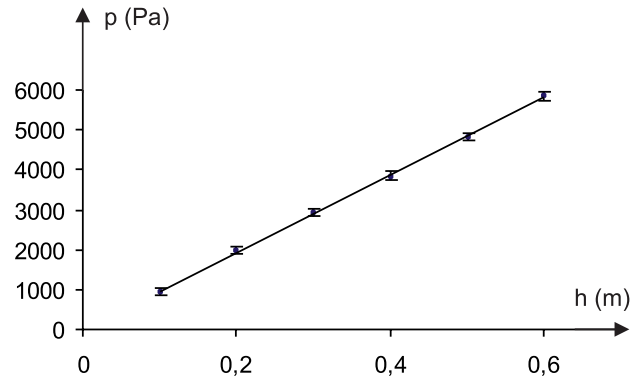
⁸ Il est difficile de mesurer la hauteur du liquide correspondant à une pression de 4000 Pa car alors l'extrémité inférieure du tube (5) est au ras du liquide; c'est pourquoi la mesure a été faite à 3800 Pa.

La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la valeur absolue de la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés⁹, vaut 9742 Pa/m. Ce résultat est à environ 1 % du produit ρg .

Ici aussi on constate que les profondeurs d'immersion mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les profondeurs d'immersion mesurées lors de la deuxième manipulation et ce, pour des variations de pression identiques.

5. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec de l'eau. On note la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

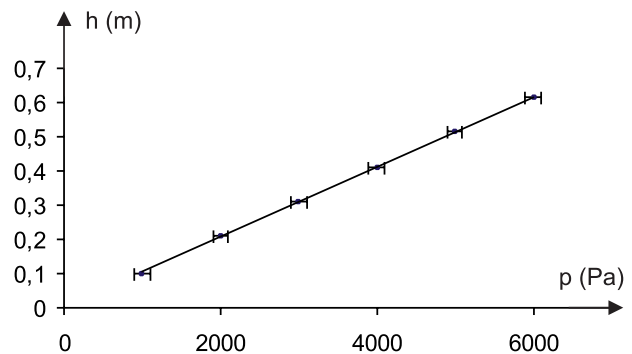
h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	950 ± 100	9500 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1975 ± 100	9880 ± 550
$0,300 \pm 0,001$	2925 ± 100	9750 ± 370
$0,400 \pm 0,001$	3850 ± 100	9630 ± 270
$0,500 \pm 0,001$	4825 ± 100	9650 ± 220
$0,600 \pm 0,001$	5850 ± 100	9750 ± 180



La représentation graphique montre que la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite calculée par la méthode des moindres carrés¹⁰, vaut 9707 Pa/m. Ce résultat est à environ 1 % du produit ρg .

6. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec de l'eau. On note la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,102 \pm 0,001$	9800 ± 1100
2000 ± 100	$0,212 \pm 0,001$	9430 ± 520
3000 ± 100	$0,312 \pm 0,001$	9620 ± 350
4000 ± 100	$0,412 \pm 0,001$	9700 ± 270
5000 ± 100	$0,516 \pm 0,001$	9690 ± 210
6000 ± 100	$0,614 \pm 0,001$	9770 ± 180



La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹¹, vaut 9798 Pa/m. Ce résultat est à environ 0,1 % du produit ρg .

⁹ Calculée par le programme Excel.

¹⁰ Calculée par le programme Excel.

¹¹ Calculée par le programme Excel.

9.2. Avec du méthanol

Une manipulation préalable consiste à déterminer la masse volumique ρ du méthanol que l'on va employer. On peut utiliser un densimètre ou calculer le rapport de la masse m de ce liquide à son volume. Pour cela, on peut, par exemple, utiliser un matras et une balance. On pèse ce dernier sans méthanol puis, lorsqu'il est rempli au trait. On peut alors déterminer la masse m du méthanol. Les résultats obtenus lors d'une expérience sont indiqués ci-dessous.

Masse du matras: $(54,57 \pm 0,01)$ g

Masse du matras et du méthanol: $(134,15 \pm 0,05)$ g

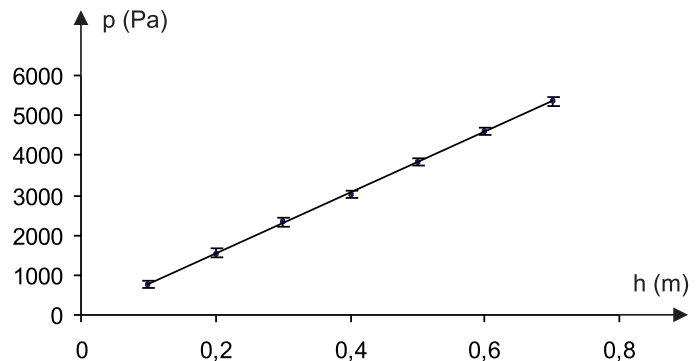
Volume V du matras: $(100,00 \pm 0,15)$ ml

Masse m du méthanol: $(79,58 \pm 0,06)$ g

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(79,58 \pm 0,06)10^{-3}}{(100,00 \pm 0,15)10^{-6}} = (796 \pm 2) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

1. On verse du méthanol (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 100 cm (maximum 105 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	775 ± 100	7800 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1550 ± 100	7750 ± 540
$0,300 \pm 0,001$	2325 ± 100	7750 ± 360
$0,400 \pm 0,001$	3025 ± 100	7560 ± 270
$0,500 \pm 0,001$	3825 ± 100	7650 ± 220
$0,600 \pm 0,001$	4600 ± 100	7670 ± 180
$0,700 \pm 0,001$	5350 ± 100	7640 ± 150

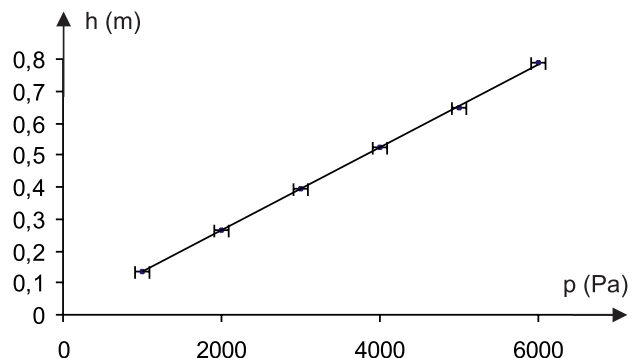


La représentation graphique montre que la variation de pression p exercée par le méthanol est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹², vaut 7616 Pa/m. Ce résultat est à environ 3 % du produit ρg .

¹² Calculée par le programme Excel.

2. On verse du méthanol (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 100 cm (maximum 105 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

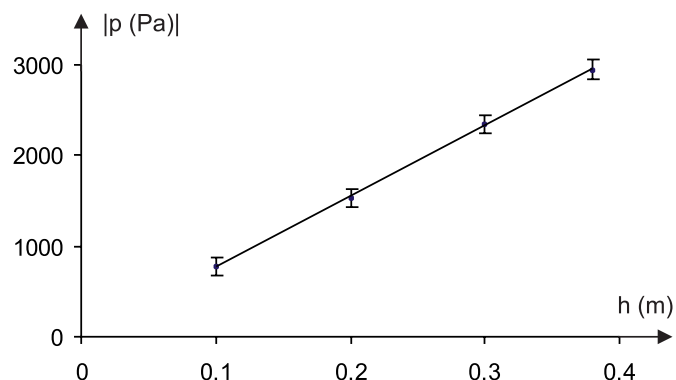
p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ ($\frac{\text{Pa}}{\text{m}}$)
1000 ± 100	$0,134 \pm 0,001$	7460 ± 800
2000 ± 100	$0,263 \pm 0,001$	7610 ± 410
3000 ± 100	$0,394 \pm 0,001$	7610 ± 270
4000 ± 100	$0,523 \pm 0,001$	7650 ± 210
5000 ± 100	$0,647 \pm 0,001$	7730 ± 170
6000 ± 100	$0,788 \pm 0,001$	7610 ± 140



La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹³, vaut 7691 Pa/m. Ce résultat est à environ 2 % du produit pg .

3. On verse du méthanol (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 100 cm (maximum 105 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la profondeur d'immersion soit de 40 cm. La pression correspondante est de 30,25 mbar. On ouvre progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale du liquide dans le tube et on le referme ensuite. Le manomètre indique une pression nulle. On remonte progressivement le tube (5) et on note la valeur absolue de la variation de pression $|p|$ pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

h (m)	$ p$ (Pa)	$\frac{ p }{h}$ ($\frac{\text{Pa}}{\text{m}}$)
$0,100 \pm 0,001$	775 ± 100	7800 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1525 ± 100	7630 ± 540
$0,300 \pm 0,001$	2350 ± 100	7830 ± 360
$0,380^{14} \pm 0,001$	2950 ± 100	7760 ± 280



La représentation graphique montre que la valeur absolue de la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹⁵, vaut 7822 Pa/m. Ce résultat est à environ 0,2 % du produit pg .

De plus, les variations de pression mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les grandeurs des variations de pression mesurées lors de la première manipulation et ce pour des profondeurs d'immersion identiques.

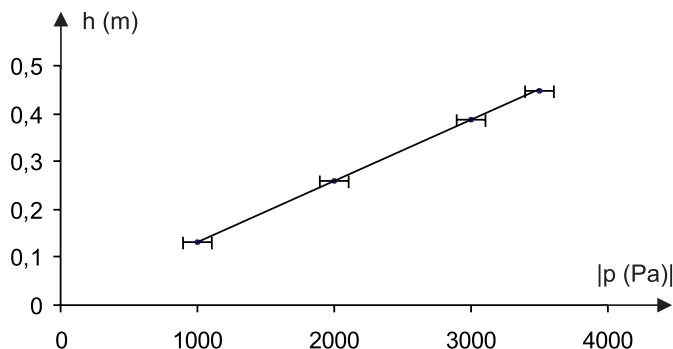
¹³ Calculée par le programme Excel.

¹⁴ Il est difficile de mesurer la pression correspondant à une hauteur de 40 cm de méthanol car alors l'extrémité inférieure du tube (5) est au ras du liquide; c'est pourquoi la mesure a été faite à 380 mm.

¹⁵ Calculée par le programme Excel.

4. On verse du méthanol (environ 1,5 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 100 cm (maximum 105 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la variation de pression soit de 40 mbar. La profondeur d'immersion correspondante est de 52,3 cm. On ouvre prudemment et progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale de liquide dans le tube et on le referme. Le manomètre indique une pression nulle. On remonte progressivement le tube (5) et on note la profondeur d'immersion h pour différentes valeurs absolues de la variation de pression $|p|$. Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

$ p $ (Pa)	h (m)	$\frac{ p }{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,131 \pm 0,001$	7630 ± 820
2000 ± 100	$0,258 \pm 0,001$	7750 ± 420
3000 ± 100	$0,388 \pm 0,001$	7730 ± 280
$3500^{16} \pm 100$	$0,449 \pm 0,001$	7800 ± 240

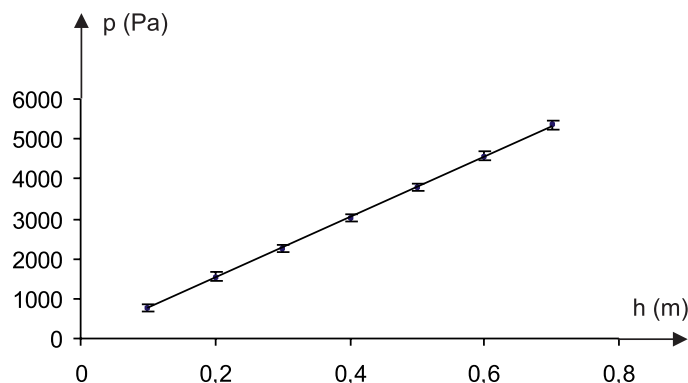


La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la valeur absolue de la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹⁷, vaut 7833 Pa/m. Ce résultat est à environ 0,3% du produit ρg .

Ici aussi on constate que les profondeurs d'immersion mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les profondeurs d'immersion mesurées lors de la deuxième manipulation, pour des variations de pression identiques.

5. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec du méthanol. On note la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	775 ± 100	7750 ± 1100
$0,200 \pm 0,001$	1550 ± 100	7750 ± 540
$0,300 \pm 0,001$	2225 ± 100	7500 ± 360
$0,400 \pm 0,001$	3025 ± 100	7560 ± 270
$0,500 \pm 0,001$	3800 ± 100	7600 ± 220
$0,600 \pm 0,001$	4575 ± 100	7630 ± 180
$0,700 \pm 0,001$	5350 ± 100	7640 ± 150



La représentation graphique montre que la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹⁸, vaut 7616 Pa/m. Ce résultat est à environ 3 % produit ρg .

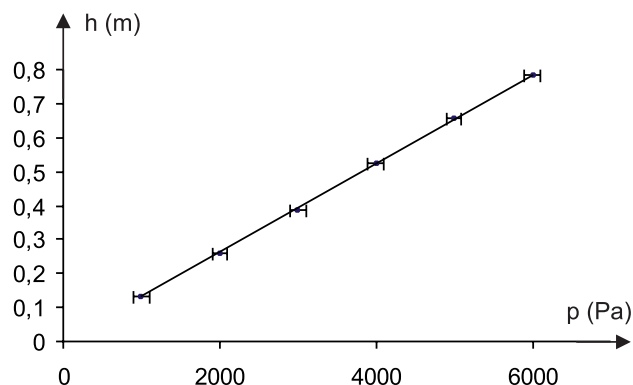
¹⁶ Il est difficile de mesurer la hauteur du liquide correspondant à une pression de 4000 Pa car alors l'extrémité inférieure du tube (5) est au ras du liquide; c'est pourquoi la mesure a été faite à 3500 Pa.

¹⁷ Calculée par le programme Excel.

¹⁸ Calculée par le programme Excel.

6. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec du méthanol. On note la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,134 \pm 0,001$	7460 ± 800
2000 ± 100	$0,261 \pm 0,001$	7660 ± 410
3000 ± 100	$0,389 \pm 0,001$	7710 ± 280
4000 ± 100	$0,526 \pm 0,001$	7610 ± 210
5000 ± 100	$0,656 \pm 0,001$	7620 ± 160
6000 ± 100	$0,783 \pm 0,001$	7660 ± 140



La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés¹⁹, vaut 7664 Pa/m. Ce résultat est à environ 2 % du produit pg .

9.3. Avec du trichloréthylène

L'utilisation de trichloréthylène impose de prendre toutes les précautions nécessaires lors de sa manipulation.

Une manipulation préalable consiste à déterminer la masse volumique ρ du trichloréthylène. On peut utiliser un densimètre ou calculer le rapport de la masse m de ce liquide à son volume. Pour cela, on peut, par exemple, utiliser un matras et une balance. On pèse ce dernier sans trichloréthylène puis, lorsqu'il est rempli au trait. On peut alors déterminer la masse m du trichloréthylène. Les résultats obtenus lors d'une expérience sont indiqués ci-dessous.

Masse du matras: $(54,57 \pm 0,01)$ g

Masse du matras avec du trichloréthylène: $(199,89 \pm 0,08)$ g

Volume V du matras: $(100,00 \pm 0,15)$ ml

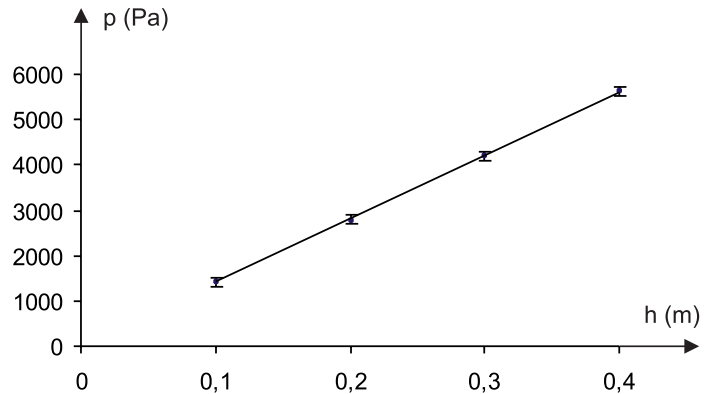
Masse m du trichloréthylène: $(145,32 \pm 0,09)$ g

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(145,32 \pm 0,09)10^{-3}}{(100,00 \pm 0,15)10^{-6}} = (1453 \pm 3) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

¹⁹ Calculée par le programme Excel.

1. On verse du trichloréthylène (environ 1 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 70 cm (maximum 75 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

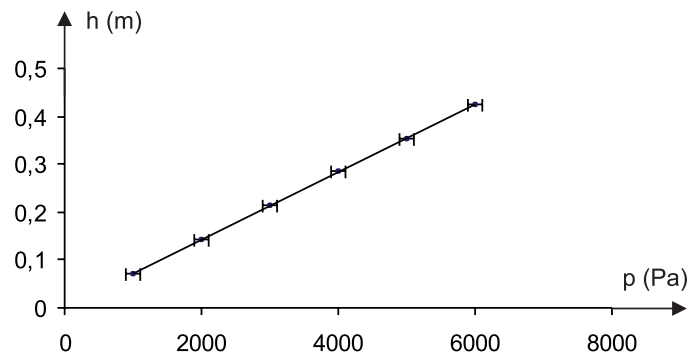
h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	1425 ± 100	$14\,300 \pm 1100$
$0,200 \pm 0,001$	2800 ± 100	$14\,000 \pm 570$
$0,300 \pm 0,001$	4200 ± 100	$14\,000 \pm 380$
$0,400 \pm 0,001$	5625 ± 100	$14\,060 \pm 290$



La représentation graphique montre que la variation de pression p exercée par le trichloréthylène est proportionnelle à la profondeur d'immersion h du liquide. La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²⁰, vaut $14\,000 \text{ Pa/m}$. Ce résultat est à environ 2 % du produit ρg .

2. On verse du trichloréthylène (environ 1 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 70 cm (maximum 75 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) dans le liquide et on mesure la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,072 \pm 0,001$	$13\,900 \pm 1600$
2000 ± 100	$0,141 \pm 0,001$	$14\,180 \pm 810$
3000 ± 100	$0,213 \pm 0,001$	$14\,090 \pm 540$
4000 ± 100	$0,285 \pm 0,001$	$14\,040 \pm 400$
5000 ± 100	$0,352 \pm 0,001$	$14\,210 \pm 320$
6000 ± 100	$0,426 \pm 0,001$	$14\,090 \pm 270$



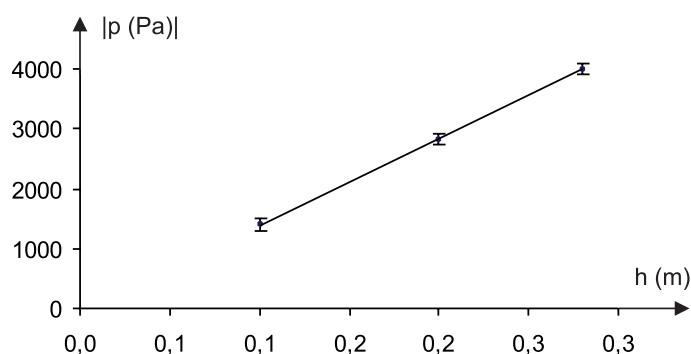
La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²¹, vaut $14\,141 \text{ Pa/m}$. Ce résultat est à environ 0,8 % du produit ρg .

²⁰ Calculée par le programme Excel.

²¹ Calculée par le programme Excel.

3. On verse du trichloréthylène (environ 1 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 70 cm (maximum 75 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la profondeur d'immersion soit de 30 cm. La variation de pression correspondante est de 42 mbar. On ouvre progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale du liquide dans le tube et on le referme ensuite. Le manomètre indique une pression nulle. On remonte progressivement le tube (5) et on note la valeur absolue de la variation de pression $|p|$ pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

h (m)	$ p$ (Pa)	$\frac{ p }{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	1400 ± 100	$14\,000 \pm 1100$
$0,200 \pm 0,001$	2825 ± 100	$14\,130 \pm 570$
$0,280^{22} \pm 0,001$	4000 ± 100	$14\,290 \pm 410$

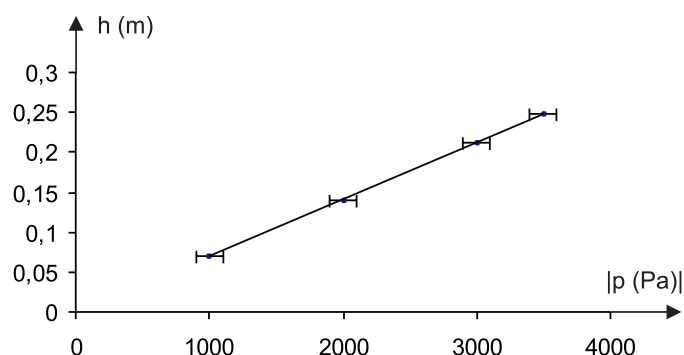


La représentation graphique montre que la valeur absolue de la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²³, vaut $14\,436 \text{ Pa/m}$. Ce résultat est à environ 1 % du produit ρg .

De plus, les variations de pression mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les grandeurs des variations de pression mesurées lors de la première manipulation et ce pour des profondeurs d'immersion identiques.

4. On verse du trichloréthylène (environ 1 l) dans le tube (6) jusqu'à une hauteur d'environ 70 cm (maximum 75 cm). Le robinet (4) étant fermé, on enfonce le tube (5) de manière que la variation de pression soit de 40 mbar. La profondeur d'immersion correspondante est de 28,5 cm. On ouvre prudemment et progressivement le robinet (4) afin d'éviter une remontée brutale de liquide dans le tube et on le referme. Le manomètre indique une pression nulle. On remonte progressivement le tube (5) et on note la profondeur d'immersion h pour différentes valeurs absolues de la variation de pression $|p|$. Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

$ p$ (Pa)	h (m)	$\frac{ p }{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,070 \pm 0,001$	$14\,300 \pm 1600$
2000 ± 100	$0,140 \pm 0,001$	$14\,290 \pm 820$
3000 ± 100	$0,212 \pm 0,001$	$14\,150 \pm 540$
$3500^{24} \pm 100$	$0,248 \pm 0,001$	$14\,110 \pm 460$



²² Il n'est pas possible de mesurer la pression correspondant à une hauteur de 30 cm de trichloréthylène car le manomètre n'indique pas de dépressions supérieures à -40 mbar ; c'est pourquoi la mesure a été faite à 280 mm.

²³ Calculée par le programme Excel.

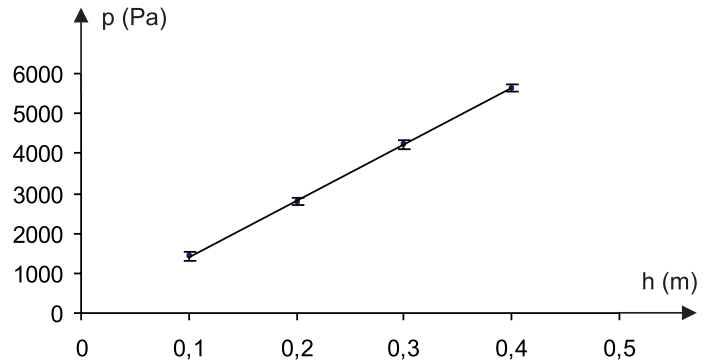
²⁴ Il est difficile de mesurer la hauteur du liquide correspondant à une pression de 4000 Pa car l'extrémité inférieure du tube (5) est au ras du liquide; c'est pourquoi la mesure a été faite à 3500 Pa.

La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la valeur absolue de la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²⁵, vaut 14 034 Pa/m. Ce résultat est à environ 2 % du produit ρg .

Ici aussi on constate que les profondeurs d'immersion mesurées dans cette expérience sont compatibles avec les profondeurs d'immersion mesurées lors de la deuxième manipulation, et ce, pour des variations de pression identiques.

5. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec du trichloréthylène. On note la variation de pression p pour différentes profondeurs d'immersion h . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

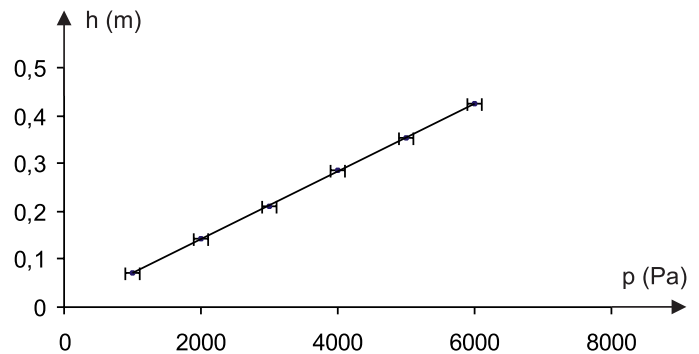
h (m)	p (Pa)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
$0,100 \pm 0,001$	1425 ± 100	$14\,300 \pm 1100$
$0,200 \pm 0,001$	2800 ± 100	$14\,000 \pm 570$
$0,300 \pm 0,001$	4225 ± 100	$14\,080 \pm 380$
$0,400 \pm 0,001$	5650 ± 100	$14\,130 \pm 290$



La représentation graphique montre que la variation de pression p est proportionnelle à la profondeur d'immersion h . La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²⁶, vaut 14 100 Pa/m. Ce résultat est à environ 1 % du produit ρg .

6. On place l'extrémité du tube (5) dans le fond du tube (6) et on remplit progressivement ce dernier avec du trichloréthylène. On note la profondeur d'immersion h pour différentes variations de pression p . Les résultats obtenus sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau ci-après.

p (Pa)	h (m)	$\frac{p}{h}$ $\left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right)$
1000 ± 100	$0,071 \pm 0,001$	$14\,100 \pm 1600$
2000 ± 100	$0,141 \pm 0,001$	$14\,180 \pm 810$
3000 ± 100	$0,212 \pm 0,001$	$14\,150 \pm 540$
4000 ± 100	$0,285 \pm 0,001$	$14\,040 \pm 400$
5000 ± 100	$0,355 \pm 0,001$	$14\,090 \pm 320$
6000 ± 100	$0,425 \pm 0,001$	$14\,120 \pm 270$



La représentation graphique montre que la profondeur d'immersion h est proportionnelle à la variation de pression p . L'inverse de la pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²⁷, vaut 14 085 Pa/m. Ce résultat est à environ 1 % du produit ρg .

²⁵ Calculée par le programme Excel.

²⁶ Calculée par le programme Excel.

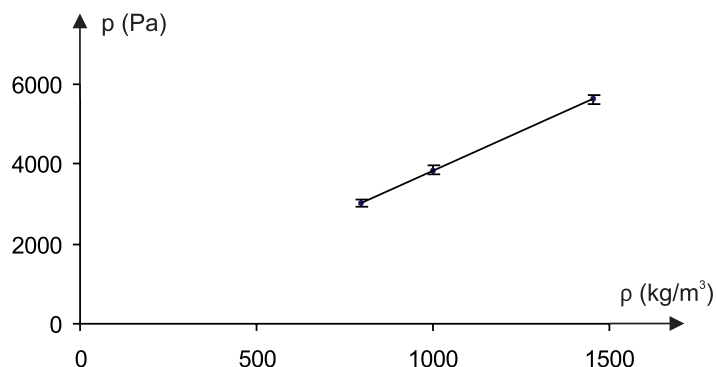
²⁷ Calculée par le programme Excel.

10. Conséquences des mesures

Si on veut montrer que la variation de pression est proportionnelle à la masse volumique du liquide, il faut, à partir des résultats déjà trouvés, rassembler dans un tableau les variations de pression mesurées dans les différents liquides et ce pour une même profondeur d'immersion. On choisira la plus grande profondeur d'immersion afin d'obtenir la plus faible incertitude relative sur la mesure de la variation de pression correspondante.

Pour une profondeur d'immersion de 40 cm, les variations de pression mesurées (expérience 1 pour chaque liquide utilisé) sont indiquées dans la troisième colonne du tableau ci-dessous. Dans les deux premières colonnes, on a indiqué le nom et la masse volumique ρ du liquide utilisé.

Liquide	ρ (kg/m ³)	p (Pa)
Méthanol	796	3025 ± 100
Eau	1000	3850 ± 100
Trichloréthylène	1453	5625 ± 100



La représentation graphique montre que la variation de pression p est proportionnelle à la masse volumique ρ du liquide. La pente de la droite, calculée par la méthode des moindres carrés²⁸, vaut 3,95 J/kg.

Si on divise la valeur de la pente de la droite par la profondeur d'immersion, on obtient la valeur de l'accélération terrestre g .

$$g = \frac{3,95}{0,400} = 9,88 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Cette valeur est très proche de celle de g bien connue.

11. Conclusions

Dans les conditions expérimentales décrites ci-avant, la variation de pression dans un liquide est proportionnelle à la masse volumique du liquide et à la profondeur d'immersion. La constante de proportionnalité est égale à l'accélération terrestre g .

²⁸ Calculée par le programme Excel.