

TP: THERMODYNAMIQUE

TP numérique-Mesure de la constante adiabatique



17 DECEMBRE 2020

IPSA

Gana Malek, Chaouki Zakaria.

Table des matières

| | | |
|------|--------------------------------------|---|
| I. | La méthode de Rückhardt | 2 |
| II. | La méthode de Clément-Desormes | 4 |
| III. | La méthode acoustique | 6 |
| IV. | Conclusion. | 8 |

I. La méthode de Rückhardt

Rayon du piston $r = 6\text{mm} = 6 \cdot 10^{-3}\text{m}$

Masse du piston $m = 7.05\text{g} = 7,05 \cdot 10^{-3}\text{kg}$

Pression atmosphérique $P = 10^5\text{ Pa}$

Volume du récipient $V = 1012\text{ cm}^3 = 1012 \cdot 10^{-6}\text{cm}^3$

Formules

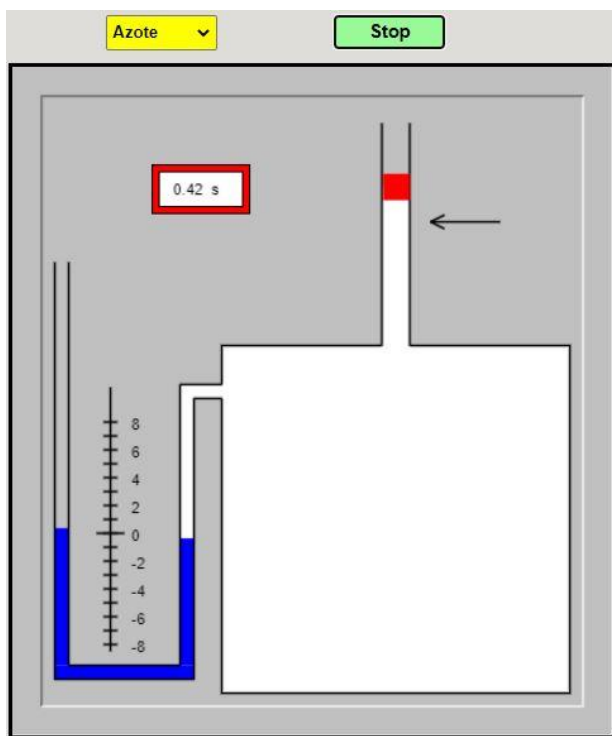
Equation différentielle du mouvement de la masse : $x'' + \frac{\gamma \pi^2 r^4 P x}{mV}$

Formule de la période T: $\sqrt{\frac{4mV}{\gamma r^4 P}}$

Formule de la constante adiabatique : $\gamma = \frac{4mV}{Pr^4 T^2}$

Expérience + calcul

Expérience (1)



Pour chacune de ces expériences, nous prendront 10 oscillations ($n = 10$)

✓ **Azote N_2 :**

$$n = 10$$

$$t = 4,04s$$

$$T = \frac{4,04}{10} = 0,404$$

Grace aux données fournies en début de page et à l'application numérique de la formule de la constante adiabatique, on a :

$$\gamma = \frac{4 \cdot 7,05 \cdot 10^{-3} \cdot 1012 \cdot 10^{-6}}{10^5 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 0,404^2} = 1,349$$

✓ **Dioxyde de carbone CO_2 :**

$$n = 10$$

$$t = 4,18s$$

$$T = \frac{4,18}{10} = 0,418s$$

Grace aux données fournies en début de page et à l'application numérique de la formule de la constante adiabatique, on a :

$$\gamma = \frac{4 \cdot 7,05 \cdot 10^{-3} \cdot 1012 \cdot 10^{-6}}{10^5 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 0,418^2} = 1,260$$

✓ **Argon Ar:**

$$n = 10$$

$$t = 3,74s$$

$$T = \frac{3,74}{10} = 0,374s$$

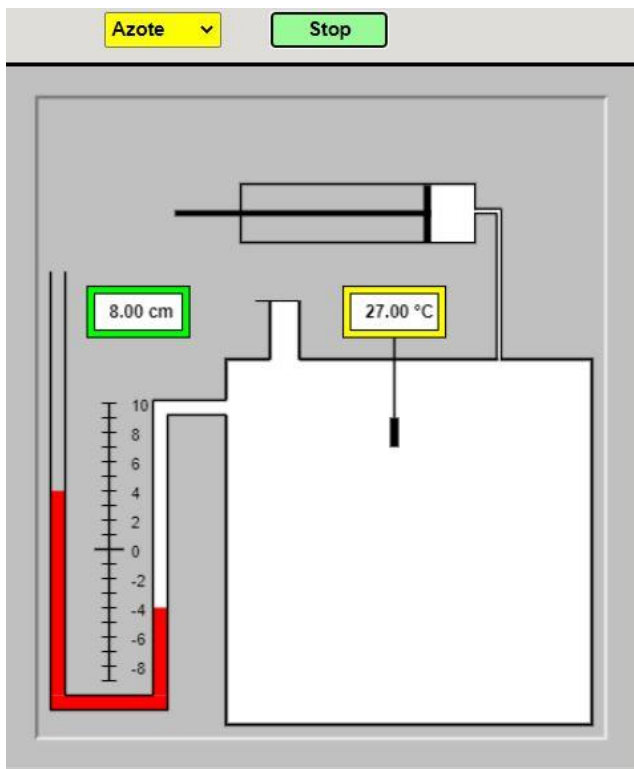
Grace aux données fournies en début de page et à l'application numérique de la formule de la constante adiabatique, on a :

$$\gamma = \frac{4 * 7,05 * 10^{-3} * 1012 * 10^{-6}}{10^5 * (6 * 10^{-3})^4 * 0,374^2} = 1,574$$

II. La méthode de Clément-Desormes

Expérience + calcul

Expérience (2)

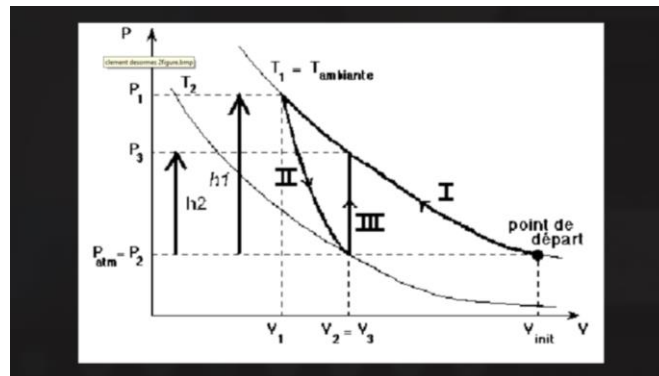


Pression atmosphérique : 101 300 Pa = 1 atm

Température : $T_0 = 300\text{K}$

Quelles sont les trois transformations subies par le gaz :

- I - Compression
- II - Détente adiabatique
- III - Stabilisation isochore



✓ **Azote N_2 :**

Mesure de $h_1 = 9 \text{ cm} = 9.10^{-2} \text{ m}$

Mesure $h_2 = 2,42 \text{ cm} = 2,42.10^{-2} \text{ m}$

Que ce soit à la compression ou la détente, la température reste constante : $T_0 = 300 \text{ K}$.

Les surpressions sont faibles.

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = \frac{9.10^{-2}}{9.10^{-2} - 2,42.10^{-2}} = 1.367$$

✓ **Dioxyde de carbone CO_2 :**

Mesure de $h_1 = 9 \text{ cm} = 9.10^{-2} \text{ m}$

Mesure $h_2 = 1,88 \text{ cm} = 1,88.10^{-2} \text{ m}$

Que ce soit à la compression ou la détente, la température reste constante : $T_0 = 300 \text{ K}$.

Les surpressions sont faibles.

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = \frac{9.10^{-2}}{9.10^{-2} - 1,88.10^{-2}} = 1.264$$

✓ **Argon Ar :**

Mesure de $h_1 = 9 \text{ cm} = 9.10^{-2} \text{ m}$

Mesure $h_2 = 3,33 \text{ cm} = 3,33.10^{-2} \text{ m}$

Que ce soit à la compression ou la détente, la température reste constante : $T_0 = 300 \text{ K}$.

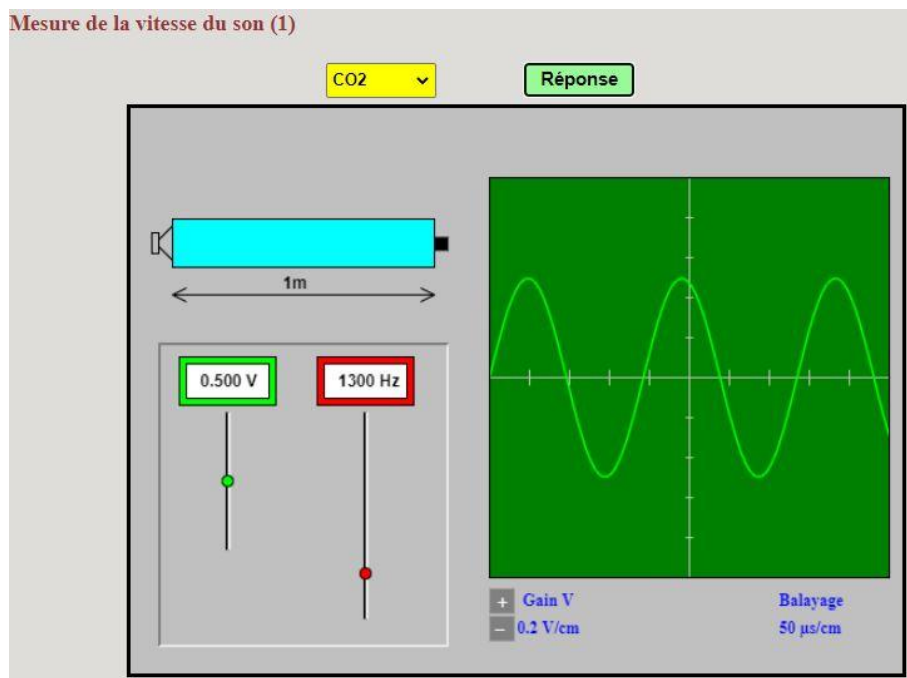
Les surpressions sont faibles.

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = \frac{9.10^{-2}}{9.10^{-2} - 3,33.10^{-2}} = 1.587$$

III. La méthode acoustique

Expérience + calcul

Expérience (3)



Constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

✓ **Dioxyde de carbone CO_2 :**

Masse molaire $M = 44,01 \text{ g.mol}^{-1} = 44,01 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$

Vitesse : $v = 259 \text{ m/s}$

Température : $T = 300 \text{ K}$

$$\gamma = \frac{44,01 \cdot 10^{-3} \cdot (259)^2}{8,314 \cdot 300} = 1,184$$

✓ **Hélium He:**

Masse molaire $M = 4,0026 \text{ g.mol}^{-1} = 4,0026 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$

Vitesse : $v = 965 \text{ m/s}$

Température : $T = 300 \text{ K}$

$$\gamma = \frac{4,0026 \cdot 10^{-3} \cdot (965)^2}{8,314 \cdot 300} = 1,494$$

✓ **Méthane CH_4 :**

Masse molaire $M = 16,04 \text{ g.mol}^{-1} = 16,04 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$

Vitesse : $v = 430 \text{ m/s}$

Température : $T = 300 \text{ K}$

$$\gamma = \frac{16,04 \cdot 10^{-3} \cdot (430)^2}{8,314 \cdot 300} = 1,189$$

IV. Conclusion.

| | Méthode 1 | Méthode 2 | Méthode 3 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| N_2 | 1,349 | 1,367 | |
| CO_2 | 1,26 | 1,264 | 1,184 |
| Ar | 1,574 | 1,587 | |
| He | | | 1,494 |
| CH_4 | | | 1,189 |

Observation :

On observe que pour chacune des ses 3 méthodes la constante adiabatique tourne autour de 1.

Après recherche sur internet, les constantes adiabatiques trouvés par les 3 expériences sont toute relativement proches de leur valeur théorique respectives.

| Indice adiabatique pour différents gaz ^{6,7} | | | | | | | | |
|---|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|
| Temp. | Gaz | γ | Temp. | Gaz | γ | Temp. | Gaz | γ |
| -181 °C | H_2 | 1,597 | 200 °C | Air sec | 1,398 | 20 °C | NO | 1,400 |
| -76 °C | | 1,453 | 400 °C | | 1,393 | 20 °C | N_2O | 1,310 |
| 20 °C | | 1,410 | 1000 °C | | 1,365 | -181 °C | N_2 | 1,470 |
| 100 °C | | 1,404 | 2000 °C | | 1,088 | 15 °C | | 1,404 |
| 400 °C | | 1,387 | 0 °C | CO_2 | 1,310 | 20 °C | Cl_2 | 1,340 |
| 1000 °C | He | 1,358 | 20 °C | | 1,300 | -115 °C | CH_4 | 1,410 |
| 2000 °C | | 1,318 | 100 °C | | 1,281 | -74 °C | | 1,350 |
| 20 °C | | 1,660 | 400 °C | | 1,235 | 20 °C | NH_3 | 1,320 |
| 20 °C | H_2O | 1,330 | 1000 °C | CO | 1,195 | 15 °C | | 1,310 |
| 100 °C | | 1,324 | 20 °C | | 1,400 | 19 °C | Ne | 1,640 |
| 200 °C | | 1,310 | -181 °C | O_2 | 1,450 | 19 °C | Xe | 1,660 |
| -180 °C | Ar | 1,670 | -76 °C | | 1,415 | 19 °C | Kr | 1,680 |
| 20 °C | | 1,670 | 20 °C | | 1,400 | 15 °C | SO_2 | 1,290 |
| 0 °C | Air sec | 1,403 | 100 °C | | 1,399 | 360 °C | Hg | 1,670 |
| 20 °C | | 1,400 | 200 °C | | 1,397 | 15 °C | C_2H_6 | 1,220 |
| 100 °C | | 1,401 | 400 °C | | 1,394 | 16 °C | C_3H_8 | 1,130 |