


**OBJECTIF**

Déterminer le rapport des chaleurs spécifiques  $\gamma = C_p / C_v$  de l'air d'après l'expérience de Rüchardt

**RESUME**

L'expérience comprend un tube en verre, fixé à la verticale sur une bouteille en verre, à l'intérieur duquel un piston en aluminium effectue un mouvement oscillant vertical sur le coussin d'air formé par l'air contenu dans la bouteille et le tube. En mesurant la période d'oscillation du piston en aluminium, on peut calculer la valeur du rapport des chaleurs spécifiques de l'air, ou coefficient adiabatique de l'air.

**EXERCICES**

- Mesurer la période d'oscillation du piston en aluminium.
- Déterminer la pression d'équilibre dans le volume d'air enfermé.
- Déterminer le coefficient adiabatique de l'air et le comparer avec la valeur définie dans la littérature.

**2**
**DISPOSITIFS NECESSAIRES**

Nombre	Appareil	Référence
1	Flacon de Mariotte	1002894
1	Tube à oscillation	1002895
1	Chronomètre mécanique, 15 min	1003369
1	Pompe à vide manuelle	1012856
<b>En plus recommandé :</b>		
1	Baromètre anéroïde F	1010232
1	Pied à coulisse, 150 mm	1002601
1	Balance électronique 200 g	1003433

**GENERALITES**

Dans le montage classique de Rüchardt, on peut déterminer le coefficient adiabatique de l'air à partir du mouvement oscillant vertical d'un piston reposant sur un coussin d'air dans un tube en verre de section constante. Le piston est parfaitement ajusté à la section du tube et empêche l'air de s'échapper, formant un volume d'air fermé (bouteille et tube). Lorsque le piston est dévié de sa position d'équilibre, cela génère une augmentation ou une diminution de la pression dans le volume d'air enfermé par rapport à la pression atmosphérique, ce qui renvoie le piston dans sa position d'équilibre. La force de rappel est proportionnelle à la déviation de la position d'équilibre ; dans ce cas, le mouvement oscillant du piston est dit « harmonique ».

Étant donné qu'aucun échange de chaleur n'a lieu avec l'air ambiant, les mouvements oscillants sont associés à des changements d'états adiabatiques. La relation entre la pression  $p$  et le volume  $V$  de l'air enfermé dans la bouteille et le tube s'exprime par l'équation suivante :

$$(1) \quad p \cdot V^\gamma = \text{constante}$$

Le coefficient adiabatique  $\gamma$  est le rapport des chaleurs spécifiques à une pression constante  $C_p$  et à un volume constant  $C_v$  :

$$(2) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Compte tenu de la relation (1), l'équation pour les variations de pression et de volume  $\Delta p$  et  $\Delta V$  devient alors :

$$(3) \quad \Delta p + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot \Delta V = 0.$$

En substituant la surface de la section interne  $A$  du tube, on peut calculer la force de rappel  $\Delta F$  à partir de la variation de pression. De la même façon, la déviation  $\Delta s$  du piston de sa position d'équilibre est calculée à partir de la variation du volume d'air.

Il en résulte l'équation :

$$(4) \quad \Delta F = -\gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0.$$

L'équation de mouvement du piston oscillant devient alors :

$$(5) \quad m \cdot \frac{d^2 \Delta s}{dt^2} + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$$

$m$  : masse du piston

Les solutions à cette équation classique du mouvement d'un oscillateur harmonique simple sont des oscillations dont la période est donnée par :

$$(6) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{V}{p} \cdot \frac{m}{A^2}},$$

ce qui permet de calculer le coefficient adiabatique dès lors que l'on connaît les autres grandeurs.

Dans l'expérience, un tube en verre de petite section  $A$  est fixé à la verticale dans l'orifice du bouchon en caoutchouc d'une bouteille en verre contenant un grand volume d'air  $V$ , puis un piston en aluminium de section très ajustée au tube et de masse  $m$  est glissé dans le tube en verre. Le piston en aluminium effectue alors des oscillations harmoniques sur le coussin d'air formé par le volume d'air contenu dans la bouteille et le tube. En mesurant la période d'oscillation du piston en aluminium, on peut calculer la valeur du rapport des chaleurs spécifiques de l'air, autrement dit le coefficient adiabatique de l'air.

**EVALUATION**

Compte tenu de (6), l'équation pour déterminer le coefficient adiabatique s'écrit alors :

$$\gamma = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot \frac{m}{A^2} \cdot \frac{V}{p}$$

Le volume d'équilibre  $V$  correspond au volume de la bouteille, étant donné que celui du tube en verre est négligeable.

La pression d'équilibre  $p$  s'obtient à partir de la pression atmosphérique extérieure  $p_0$  et de la pression exercée par le piston en équilibre sur le volume d'air enfermé :

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}$$

où  $g$  est l'accélération de la pesanteur.

Le résultat attendu s'écrit alors :

$$\gamma = \frac{7}{5} = 1,4,$$

puisque l'air est constitué essentiellement de molécules biatomiques avec 5 degrés de liberté pour l'absorption de l'énergie thermique.

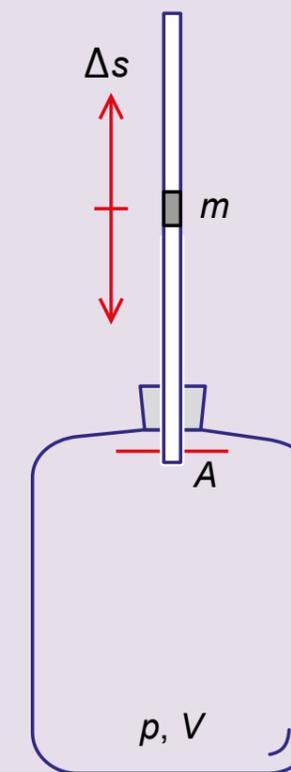


Fig. 1 Schéma du montage expérimental