

## EXERCICES

- Mesure de la durée  $t$  d'une impulsion acoustique dans l'air à température ambiante en fonction de l'écart  $s$  entre deux sondes microphoniques.
- Confirmation du rapport linéaire entre  $s$  et  $t$ .
- Mesure de la durée  $t$  d'une impulsion acoustique dans l'air à température ambiante en fonction de la température  $T$  avec un écart fixe entre deux sondes microphoniques.
- Détermination de la vitesse du son (vitesse de groupe) en fonction de la température.
- Comparaison avec le résultat du théorème de Laplace.

## OBJECTIF

Mesure des durées des impulsions sonores dans un tube de Kundt

## RESUME

Dans les gaz, les ondes sonores se propagent sous forme d'ondes longitudinales. La vitesse de groupe coïncide à la vitesse de phase. Au cours de l'expérience, nous allons mesurer dans un tube de Kundt la durée d'une impulsion sonore entre deux sondes microphoniques et en déduire la vitesse du son. La dépendance de la vitesse du son vis-à-vis de la température est vérifiée entre la température ambiante et 50 °C. Le résultat de la mesure coïncide avec celui du théorème de Laplace.

## DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Tube de Kundt E	1017339
1	Générateur d'impulsions K	1017341
1	Sonde à microphone, longue tige	1017342
1	Sonde à microphone, à courte tige	4008308
1	Amplificateur de microphone (230 V, 50/60 Hz)	1014520 ou
	Amplificateur de microphone (115 V, 50/60 Hz)	1014521
1	Compteur de microsecondes (230 V, 50/60 Hz)	1017333 ou
	Compteur de microsecondes (115 V, 50/60 Hz)	1017334
1	Thermoplongeur K	1017340
2	Cordon HF, BNC / douille 4 mm	1002748
1	Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312 ou
	Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
1	Thermomètre de poche numérique ultra-rapide	1002803
1	Sonde à immersion NiCr-Ni type K, - 65°C – 550°C	1002804
1	Paire de cordons de sécurité, 75 cm	1002849

Compléments recommandés :  
différents gaz techniques

1

## GENERALITES

Les ondes sonores sont des ondes élastiques se propageant dans des fluides déformables. Leur vitesse dépend des propriétés élastiques du fluide. Dans les gaz simples, ils se propagent exclusivement sous la forme d'ondes longitudinales, la vitesse de groupe coïncidant avec la vitesse de phase.

Selon le théorème de Laplace, les ondes sonores dans les gaz sont considérées comme des modifications adiabatiques de la pression / de la densité. Pour la vitesse du son, on obtient

$$(1) \quad c = \sqrt{\frac{C_p \cdot p}{C_v \cdot \rho}}$$

$p$  : pression,  $\rho$  : densité,  
 $C_p, C_v$  : capacités calorifiques du gaz  
Pour un gaz idéal de température absolue  $T$  :

$$(2) \quad \frac{p}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$$

$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Mol} \cdot \text{K}}$  : constante de gaz universelle,

$M$  : masse molaire

Par conséquent, la vitesse du son est égale à

$$(3) \quad c = \sqrt{\frac{C_p \cdot R \cdot T}{C_v \cdot M}}$$

Pour les différences de température  $\Delta T$  pas trop élevées en comparaison avec une température de référence  $T_0$ , la vitesse du son dépend linéairement du changement de température  $\Delta T$  :

$$(4) \quad c = \sqrt{\frac{C_p \cdot R \cdot T_0}{C_v \cdot M}} \left( 1 + \frac{\Delta T}{2 \cdot T_0} \right)$$

En choisissant de l'air sec comme gaz idéal, on trouve souvent l'indication suivante pour la vitesse du son :

$$(5) \quad c(T) = \left( 331,3 + 0,6 \cdot \frac{\Delta T}{\text{K}} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$T_0 = 273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$

Au cours de l'expérience, nous allons mesurer dans un tube de Kundt la durée  $t$  d'une impulsion sonore entre deux sondes microphoniques séparées de la distance  $s$ . L'impulsion sonore résulte du mouvement brusque d'une membrane de haut-parleur qui est commandé par une impulsion de tension à front montant. La mesure de durée à haute résolution avec un compteur à la microseconde près démarre lorsque l'impulsion sonore atteint la première sonde microphonique et s'arrête lorsque la seconde sonde se situant à la distance  $s$  est atteinte.

Pour les mesures de durée en fonction de la température, une cartouche chauffante réchauffe jusqu'à 50 °C l'air dans le tube de Kundt. Pendant la phase de refroidissement, la répartition de la température est suffisamment homogène. Ainsi suffit-il de mesurer la température à un seul point dans le tube de Kundt.

Une olive de tuyau permet d'introduire d'autres gaz techniques que de l'air dans le tube de Kundt.

## EVALUATION

On calcule la vitesse du son à partir du quotient du parcours  $s$  et de la durée  $t$  :

$$c = \frac{s}{t}$$

Dans la Fig. 2, elle est la valeur inverse de la pente de la droite. La dépendance de la vitesse du son vis-à-vis de la température est décrite par l'équation 3 avec les paramètres

$$M = 28,97 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

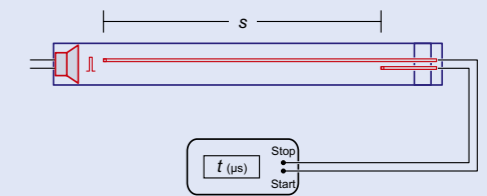
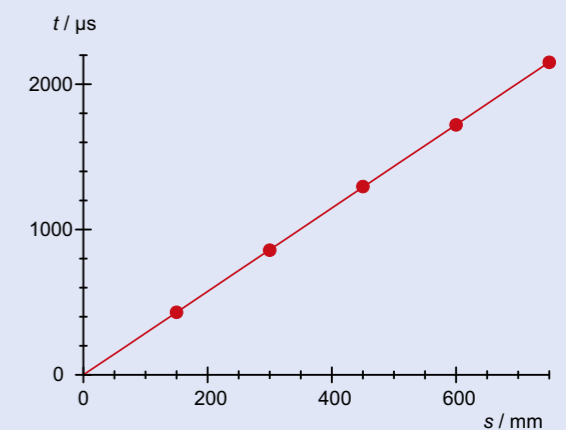
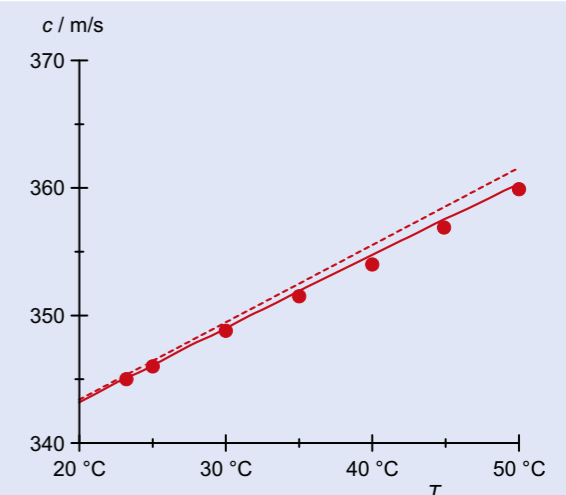


Fig. 1 Représentation schématique du montage expérimental


 Fig. 2 Durée de son  $t$  dans l'air en fonction du parcours  $s$  à température ambiante.

 Fig. 3 Vitesse du son  $c$  dans l'air en fonction de la température  $T$   
Ligne continue : calculée avec l'équation 3  
Ligne discontinue : calculée avec l'équation 5