

# Tube de Quincke

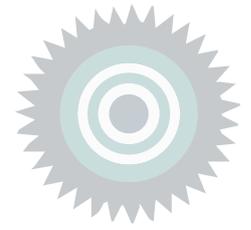
Version papier téléchargeable

# Table des matières

<b>Objectifs</b>	<b>3</b>
<b>I - 1. Théorie</b>	<b>4</b>
1. 1.1 Principe .....	4
2. 1.2 Mise en équation.....	4
<b>II - 2 Partie expérimentale</b>	<b>6</b>
1. Précautions à prendre .....	6
2. 2.1 Mesure de la pression acoustique.....	6
2.1. Introduction .....	6
2.2. 2.1.1 Calculs préliminaires.....	7
2.3. 2.1.2 Mesures .....	7
3. 2.2 Mesure de la longueur d'onde en fonction de la fréquence.....	8
<b>III - Manipulation virtuelle</b>	<b>9</b>
<b>IV - Crédits</b>	<b>10</b>

# Objectifs

---



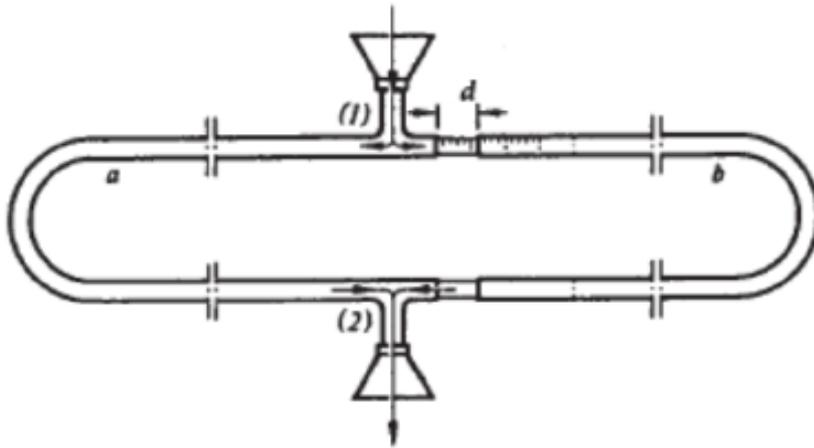
Il s'agit de mettre en évidence les effets d'interférences acoustiques (entre deux ondes) et de mesurer la vitesse du son dans l'air  $c$ .



# 1. Théorie

## 1. 1.1 Principe

Le système expérimental utilisé en TP est représenté de façon schématique sur la figure suivante :



Un haut-parleur situé en haut du système (au point noté (1)) émet une onde acoustique de fréquence variable  $f$ . Cette onde suit deux chemins différents notés  $a$  et  $b$ . La longueur  $L_b$  d'un des bras du système est réglable (chemin  $b$ ). la différence de longueur entre les deux chemins ( $b$ ) et ( $a$ )  $L_b - L_a$  est notée  $2d$  (voir Fig.1),  $d$  étant la valeur du déplacement horizontal du tube.

Les deux ondes se combinent en (2) où se trouve un micro qui permet l'enregistrement de la pression acoustique.

Ce système permet donc de régler le déphasage entre les deux ondes acoustique, et donc d'obtenir des interférences constructives ou destructives.

## 2. 1.2 Mise en équation

Par soucis de simplicité, nous allons supposer que les deux ondes ne sont pas atténuées lors de leur propagation dans le tube, et qu'elles possèdent la même amplitude (donc le même niveau sonore de pression acoustique).

La pression acoustique  $P_a$  de l'onde sonore qui arrive au point (2) et qui suit le chemin ( $a$ ) de longueur  $L_a$  peut s'écrire (en considérant qu'il s'agit d'une onde plane progressive qui s'écrit en notation réelle :  $P = P_0 \cos(\omega t - kL_a)$ ):

$$P_a = P_0 e^{j\omega t} e^{-jkL_a}$$

De la même manière, l'onde passant par le chemin ( $b$ ) de longueur  $L_b$  s'écrit :

$$P_b = P_0 e^{j\omega t} e^{-jkL_b}$$

Au point (2), les deux ondes interfèrent (donc leurs pressions s'additionnent) :

$$P_{tot} = P_a + P_b = P_0 e^{j\omega t} (e^{-jkL_a} + e^{-jkL_b})$$

En mettant en facteur  $e^{-jkL_a} + e^{-jk \frac{\Delta L}{2}}$  où

$$\Delta L = L_b - L_a$$

il vient :

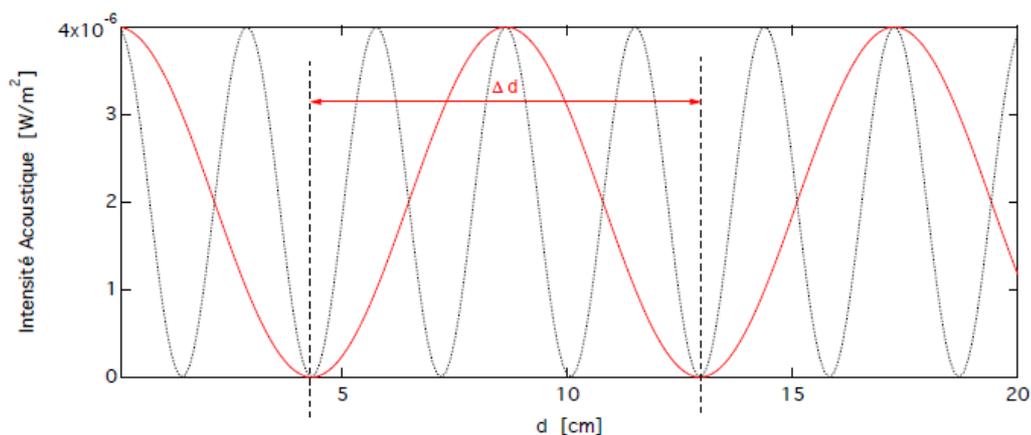
$$P_{tot} = 2\cos\left(k\frac{\Delta L}{2}\right)P_0e^{j\omega t}e^{-jk\left(L_a+\frac{\Delta L}{2}\right)}$$

ou encore :

$$P_{tot} = 2\cos(kd)P_0e^{j\omega t}e^{-jk(L_a+d)}$$

On constate donc que :

- L'amplitude de la pression totale au niveau du micro est modulée par le terme :  $2\cos(kd)P_0$
- En fonction de la différence de chemin entre (a) et (b), la pression acoustique sur le micro peut donc être nulle, ou maximale.



Le graphe ci-dessus montre un exemple d'intensité acoustique qui pourrait être mesurée à l'aide du micro.

La position  $d$  des minima d'intensité acoustique est donc donnée par la relation :

$$kd = \frac{\pi}{2} + n\pi \text{ } n \text{ étant un entier.}$$

Soit, comme  $k = \frac{\omega}{c}$ , pour une fréquence  $f$  fixée, la mesure de la différence  $\Delta d$  entre deux minima consécutifs est donné par la relation :

$$\frac{\omega}{c}\Delta d = \pi$$

soit

$$c = 2f\Delta d$$

## 2 Partie expérimentale



### 1. Précautions à prendre

Respecter les consignes suivantes :



Ne jamais dépasser 2000 mV sur le générateur de fréquences afin de ne pas détruire le haut-parleur.



Ne pas dépasser une fréquence de 6000 Hz.

### 2. 2.1 Mesure de la pression acoustique

#### 2.1. Introduction

Le montage est photographié sur la figure suivante :



Un générateur de fonction alimente le haut-parleur situé en (1).

Le micro est relié à un multimètre numérique capable de mesurer également la fréquence.

Le tube peut être translaté par pas de 1cm (côté droit).

Vous disposez également d'un pied à coulisse pour effectuer des mesures précises.

[cf. Présentation du matériel]

### 2.2. 2.1.1 Calculs préliminaires

1. Montrer que la différence de position  $\Delta d$  entre deux minima consécutifs est exactement la moitié de la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde acoustique:

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2}$$

### 2.3. 2.1.2 Mesures

#### a) Fréquence du générateur basse fréquence 3 kHz

- 1 - Fixer la fréquence du générateur à 3000 Hz et vérifier que l'onde générée est bien sinusoïdale.

Mesurer la tension générée par le micro.

- 2 - Mesurer la température de la pièce.

- 3 - Faire varier la longueur du chemin ( $b$ ) et mesurer précisément avec le pied à coulisse la valeur de  $d$ .

[cf. tube de Quincke à 3 kHz]

Reporter les valeurs de tensions générées par le micro en fonction de  $d$  dans un tableau comme celui ci-dessous:

$d(cm)$	$U(mV)$
0	
0,5	
1	
1,5	
2	
....	

- 4 - Tracer la courbe représentant  $U$  en fonction de  $d$ .

- 5 - Pour chaque groupe de minima consécutifs, en déduire le  $\Delta d$  associé.

- 6 - Donner le  $\Delta d$  moyen, et en déduire la vitesse du son  $c$ .

- 7 - Comparer cette vitesse expérimentale à celle donnée par la relation :  $20,16\sqrt{T}$

Est-ce cohérent ?

- 8 - Refaire la même expérience pour  $f$  allant de 3500 jusqu'à 6000 Hz par pas de 500 Hz.

- 9 - Conclusions ?

#### b) Fréquence du générateur basse fréquence 3,5 kHz

[cf. tube de Quincke à 3,5 kHz]

#### c) Fréquence du générateur basse fréquence 4 kHz

[cf. tube de Quincke à 4 kHz]

d) Fréquence du générateur basse fréquence 4,5 kHz

[cf. tube de Quincke à 4,5 kHz]

e) Fréquence du générateur basse fréquence 5 kHz

[cf. tube de Quincke à 5 kHz]

f) Fréquence du générateur basse fréquence 5,5 kHz

[cf. tube de Quincke à 5,5 kHz]

g) Fréquence du générateur basse fréquence 6 kHz

[cf. tube de Quincke à 6 kHz]

### 3. 2.2 Mesure de la longueur d'onde en fonction de la fréquence

La longueur d'onde peut être estimée connaissant la variation de position  $\Delta d$  entre deux minima d'intensité acoustique :  $\lambda = 2 \Delta d$ .

On utilisera la valeur de  $c$  précédemment déterminée.

1. En fonction de la fréquence appliquée  $f_{gen}$ , déterminer la longueur d'onde associée  $\lambda$  grâce aux mesures effectuées dans la partie précédente.
2. Reporter ces mesures sur un graphique.
3. Tracer la courbe théorique  $\lambda = \frac{1}{f_{gen}}$ .

Conclusions ?

# Manipulation virtuelle

---



L'animation suivante vous permet de manipuler le tube de Quincke :

[cf. ]

Dans cette animation vous avez la possibilité:

- En cliquant sur le bouton « Démarrer » de lancer l'animation
- En cliquant sur le bouton « Arrêter » de stopper l'animation en l'état où elle est
- En agissant sur le curseur « fréquence » de faire varier la fréquence du générateur basse fréquence (relié au haut-parleur) entre 2000 et 6000 Hz par pas de 1 Hz
- En agissant sur le curseur « vitesse » de faire varier la vitesse de propagation de l'onde sonore (en supposant que l'on puisse remplacer l'air par un autre gaz) en unité arbitraire
- En agissant avec la souris sur le cercle rouge en gras de déplacer le tube coulissant droit d'une distance repérée par « $\Delta d=...$  » qui augmentera de ce fait le trajet de l'onde sonore dans le tube coulissant de droite de  $2 \Delta d$

L'onde sonore résultante recueillie par le microphone est visualisée sur l'écran d'un oscilloscope et son amplitude est mesurée par un multimètre en fonction voltmètre

L'objectif de cette animation est donc de mettre en évidence les effets d'interférences acoustiques (entre deux ondes) et de mesurer la vitesse du son dans l'air.

Accès direct :

<https://ggbm.at/jzfgpzau>

# Crédits

---



## **Auteurs :**

Yves Quiquempois professeur à l'IUT Université Lille

mel :yves.quiquempois@univ-lille1.fr

Natalia Correia maître de conférences à l'IUT Université Lille

mel :natalia.correia@univ-lille.fr

## **Conception technique :**

Eric Lutun

mel :Eric.Lutun@univ-lille1.fr

## **Réalisation :**

Jean-Marie Blondeau (DIP) réalisation du site et des animations, montage des vidéos

mel : jean-marie.blondeau@univ-lille.fr<sup>1</sup>

## **Gestion de projets**

Téodorina Tibar (DIP)

mel :teodorina.tibar@univ-lille.fr

## **Réalisation audio visuelle :**

DIP Université de Lille

<https://dip.univ-lille.fr/>



---

<sup>1</sup>jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr