

Sons et ultrasons

Propagation des ondes

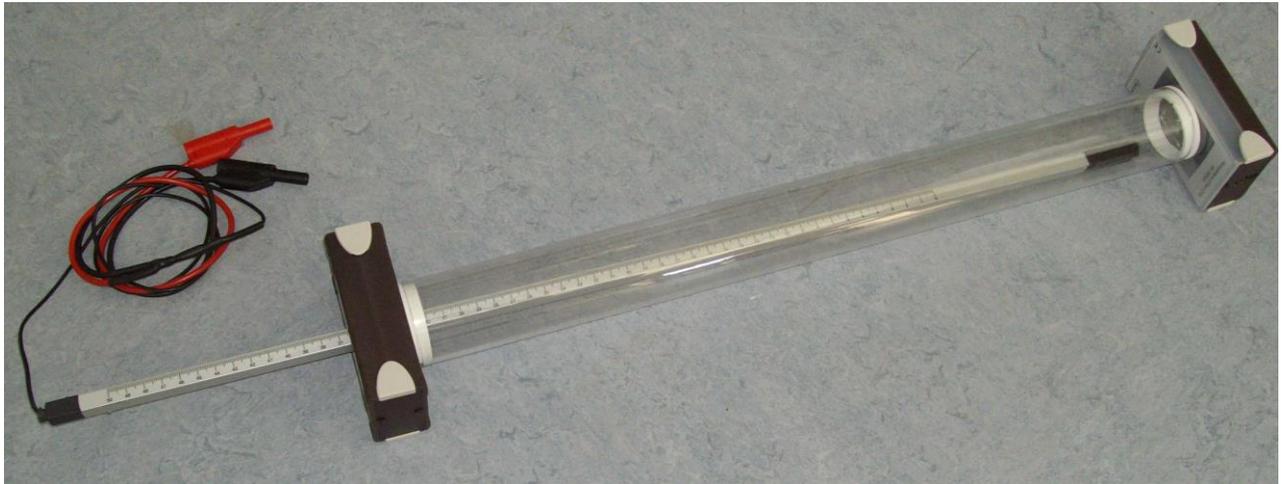
Réf :
222 012

Français – p 1

Banc étude des ondes sonores

Version : 7109

1. Description



Le tuyau sonore utilisé est constitué d'un tube transparent en plexiglas maintenu aux deux extrémités par 2 boîtiers support.

Un haut-parleur est fixé sur l'une des extrémités du tube. Ce haut-parleur s'alimente avec un générateur de fonctions (non fourni).

Sur l'autre extrémité coulisse un microphone à électret de 8 mm de diamètre monté sur une tige de section carrée et munie d'un index, mobile selon l'axe du tuyau sonore. Le déplacement de la tige s'effectue manuellement en tirant ou en enfonçant la tige (une butée empêche la sortie de la tige hors du boîtier de commande).

Une règle graduée de 500 mm est sérigraphiée sur le dessus de la tige pour repérer la position du micro dans le tube. La lecture de la position se fait directement sur la tige graduée à l'extérieur du boîtier.

Un boîtier indépendant contient le dispositif électronique qui assure la polarisation du microphone à électret. Une sérigraphie permet d'identifier comment connecter à ce boîtier le microphone et son alimentation.

Matériel complémentaire conseillé (non fourni) :

- Générateur de fonctions
- Alimentation 6 V (quelques mA suffisent).
- Console d'ExAO avec logiciel ou oscilloscope
- Jeu de cordons électriques et adaptateurs BNC/banane.

2. Objectifs

Le banc étude des ondes sonores est conçu pour étudier les états vibratoires de l'air contenu dans un tuyau lorsque des ondes sonores y sont produites.

L'appareil permet de détecter les nœuds et les ventres de pression créés par un haut-parleur dans une colonne d'air avec un micro à électret.

3. Bornes de branchement du boîtier d'alimentation du microphone

Le microphone à électret doit être alimenté et polarisé. Le boîtier fourni avec le tube joue ce rôle. Le branchement doit être réalisé comme explicité ci-dessous : à gauche, l'entrée microphone et son alimentation ; à droite, la sortie à connecter sur l'oscilloscope pour visualiser le signal capté.



4. Utilisation

- Alimenter le boîtier avec l'alimentation 6 V (non fournie) et le haut-parleur avec un générateur de fonctions (non fourni).
- Régler la fréquence sonore souhaitée du haut-parleur à l'aide du générateur de fonctions. Attention : ne pas régler le son du haut-parleur trop fort pour ne pas saturer le signal et conserver une forme sinusoïdale pour l'onde sonore.
- Brancher le générateur de fonctions sur la première voie de l'oscilloscope afin de visualiser le signal d'entrée.
- Prélever le signal capté par microphone et le visualiser sur la 2nde voie de l'oscilloscope
- Régler les paramètres d'affichage des 2 courbes.
- Déplacer manuellement le micro sur toute la longueur du tube.
- Réaliser le relevé manuel de la tension maximum (enveloppe) en fonction de la position du micro de 0 à 500 mm pour réaliser une acquisition complète.
- Relier la masse de l'appareil de mesure et de l'alimentation 6V pour éviter le bruit 50Hz.

5. Caractéristiques techniques

Haut-parleur	8 Ω / 2 W
Alimentation haut-parleur	10 V maxi
Microphone	Type électret
Distance micro haut-parleur	Réglable de 0 à 500 mm
Alimentation boîtier	Alimentation 6 V, non fournie
Connexions	Douilles de sécurité \varnothing 4 mm
Dimensions totales	780 x 105 x 65 mm
Dimensions tube (intérieur)	\varnothing 45 mm x L 500 mm

6. Étude théorique d'un tuyau sonore

Une onde sonore est produite à l'extrémité gauche du tuyau par un haut-parleur alimenté par un GBF (non fourni). Elle se propage dans le milieu élastique de l'air et se réfléchit sur l'extrémité du tuyau.

La superposition des deux ondes, l'onde incidente et "onde réfléchie, donne naissance à un état vibratoire : l'air du tuyau est soumis à une succession de compressions et d'extensions des tranches d'air constituant l'espace du tube.

Pour des valeurs particulières de la fréquence de l'onde sonore, de la longueur du tuyau et de la vitesse du son dans l'air, la vibration à l'intérieur du tuyau se présente sous la forme **d'ondes stationnaires**.

Description de l'état vibratoire

Dans les états vibratoires observés, on distingue des points immobiles, appelés **nœuds de déplacement** et des points de vibration maximale, appelés **ventres de déplacement**.

Les ventres de déplacement correspondent à des pressions constantes (ou à des variations de pression nulles) : ce sont des **nœuds de pression**. Inversement, les nœuds de déplacement coïncident avec des zones de variation de pression maximale ou **ventres de pression**.

Le microphone à électret, capteur d'exploration de l'état vibratoire du tuyau, est sensible à la pression de l'air : **il permet donc de détecter les nœuds Np et les ventres Vp de pression** (ainsi que les états intermédiaires).

Au niveau du haut-parleur (source sonore) : la membrane du haut-parleur vibre et constitue une région de déplacement maximal (**ventre de déplacement**). C'est donc un **nœud de pression Np**.

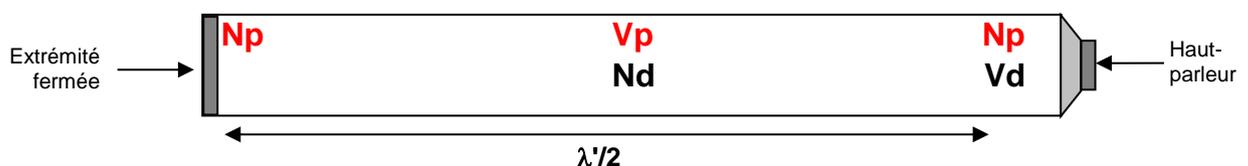
Le cas de l'autre extrémité dépend de son état :

- Si **l'extrémité est ouverte** : la pression y est constante (c'est la pression atmosphérique) et on a donc un nœud de pression Np et un ventre de déplacement (Vd).
- Si **l'extrémité est fermée** (c'est notre cas ici), le déplacement de l'air y est nul, par conséquent, on y trouve un ventre de pression Vp et un nœud de déplacement (Nd).

Conditions d'existence des ondes stationnaires :

Pour des conditions particulières, les nœuds de pression (N) ont des valeurs quasi nulles et les ventres de pression (Vp) prennent une amplitude maximale. Ce phénomène correspond à un état de résonance de l'air du tuyau avec la membrane vibrante du haut-parleur.

Dans notre cas de figure, le tuyau est fermé. L'état le plus simple correspond à l'existence d'un ventre de pression à chaque extrémité fermée. Schématiquement, on a la répartition suivante :



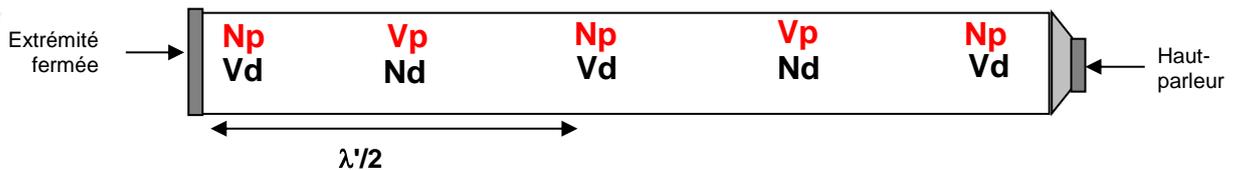
$$L = \lambda / 2 \text{ et } \lambda = C / F$$

$$\text{D'où : } F = C / 2L$$

Avec $L=0.5$ et $C = 340$ m/s on obtient :

$$\mathbf{F1 = 340 \text{ Hz}}$$

D'autres modes de vibration sont cependant possibles. Le suivant correspond à l'état stationnaire :



Cette fois, la nouvelle longueur est $L = 2 * \lambda/2$

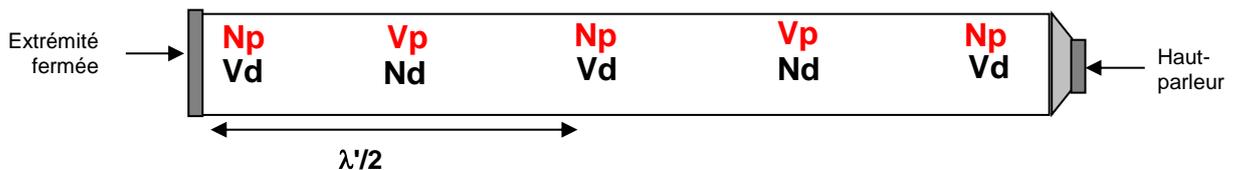
D'où $F2 = 2 * F1$

7. Résultats expérimentaux

L'étude réalisée est une vérification des résultats théoriques du paragraphe précédent.

L'exemple le plus simple n'est pas accessible expérimentalement car le haut-parleur rend difficilement la fréquence correspondante $N = 340$ Hz.

On choisit donc l'état stationnaire suivant obtenu lorsque le GBF est réglé sur 680 Hz. Il est possible, selon le GBF utilisé que cette fréquence soit également difficilement exploitable. Dans ce cas, il faut passer à l'état stationnaire suivant ($k=3$; $N=1020$ Hz).



Le schéma du tube ci-dessus représente la répartition des nœuds et ventres de pression dans le tuyau sonore. Elle correspond bien à la répartition théorique.

La courbe théorique de l'onde a pour fonction :

$$U_{th} = a \cdot \text{abs}(\sin(2 \cdot \pi \cdot d / \lambda + \varphi))$$

Avec les valeurs numériques, on obtient :

$$U_{th} = 0,617 \cdot \text{abs}(\sin 2 \cdot \pi \cdot d / 6,62 + 1,52)$$

- $\varphi = 1.52$, ce qui donne pour la fonction U : $0.617 \cdot \text{abs}(\cos 2 \cdot \pi \cdot d / 6,76)$
- $\lambda = 6.62$ dm donne la longueur d'onde $0,662$ m
- Pour déduire la vitesse du son à la température ambiante, on exprime v en fonction de la fréquence N et de la longueur d'onde λ .

Le résultat donne $v = 519 \times 0,662 = 343,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (la vitesse théorique du son à la température de l'expérience 25°C est $346 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; l'écart relatif atteint $0,7\%$).

Remarque : il est possible que les points expérimentaux soient quelque peu dispersés au niveau de l'extrémité fermée (entre l'abscisse 0 et l'abscisse $1,5$ cm). Ceci peut être dû à la nature de la matière qui tapisse l'intérieur du couvercle (mousse plastique adhésive), qui perturbe la réflexion de l'onde sonore.

Le minimum obtenu n'est pas nul (mais cependant très faible) et le minimum de pression légèrement au-delà des 5 dm d'abscisse : ce qui coïncide avec le fond du cône de la membrane du haut-parleur.

Remarques

La méthode qui consisterait à atteindre « à l'oreille » la valeur de la fréquence de résonance pour chacun des modes vibratoires possibles est assez aléatoire et trop difficile à mettre en œuvre pour des élèves. On peut cependant leur faire remarquer l'augmentation de l'intensité sonore perçue pour les fréquences de résonance, surtout pour les plus petites.

Pour réaliser une bonne acquisition, sans à-coups, il faut faire coulisser le tube porte microphone **très lentement et très régulièrement**. La translation doit durer environ 2 min (soit un déplacement de l'ordre de quelques mm par seconde au maximum). On peut soit pousser le tube à partir du microphone depuis l'abscisse 0, soit le tirer depuis l'abscisse extrême à droite.

Les résultats expérimentaux obtenus pour les fréquences théoriques sont parfois de mauvaise qualité : il est alors nécessaire d'ajuster la fréquence sonore utilisée pour obtenir les minima les plus faibles au niveau des nœuds de pression. En pratique, les valeurs théoriques mises en évidence conviennent bien. Il convient de tenir compte de la température pour calculer la vitesse du son selon l'expression :

$$v = v_0 \sqrt{1 + \frac{t}{T_0}} = 331 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

8. Service après-vente

La garantie est de 2 ans.

Pour tous réglages, contacter le **Support Technique** au **0 825 563 563**.

Le matériel doit être retourné dans nos ateliers et pour toutes les réparations ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN – S.A.V.
468 rue Jacques Monod
CS 21900
27019 EVREUX CEDEX France

0 825 563 563*

* 0,15 € TTC/min. à partir un téléphone fixe

Assistance technique en direct

Une équipe d'experts
à votre disposition
du lundi au vendredi
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge
immédiatement votre appel
pour vous apporter une réponse
adaptée à votre domaine
d'expérimentation :
Sciences de la Vie et de la Terre,
Physique, Chimie, Technologie.

Service gratuit*

0 825 563 563 choix n°3**

** Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.*

*** Numéro valable uniquement pour la France métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EFE, composez le +33 2 32 29 40 50.*

Aide en ligne
FAQ.jeulin.fr

Direct connection for technical support

A team of experts
at your disposal
from Monday to Friday
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request
immediatly to provide you
with the right answers regarding
your activity field : Biology, Physics,
Chemistry, Technology.

Free service*

+33 2 32 29 40 50**

** Call cost not included.*

*** Only for call from foreign countries.*



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France

Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - www.jeulin.fr - support@jeulin.fr

International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - www.jeulin.com - export@jeulin.fr

SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux