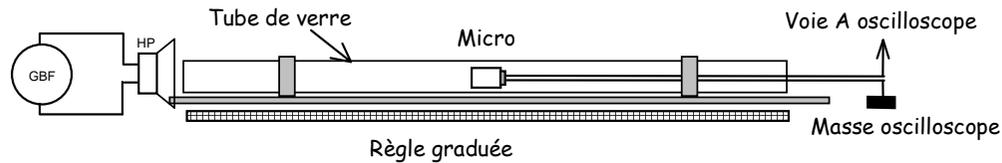


I. Mise en évidence des modes propres de vibration par excitation sinusoïdale.

## 1. Expérience



Le haut parleur est alimenté par le GBF qui délivre une tension sinusoïdale et est placé devant l'ouverture d'un tube en verre ouvert à ses deux extrémités.

- Placer le micro au centre du tube et chercher une fréquence  $f_1$  (entre 200 Hz et 300 Hz) qui permet d'obtenir un signal reçu par le micro d'amplitude la plus élevée possible (ventre de pression). Noter cette fréquence. Sans changer la fréquence déplacer le micro dans le tube et observer l'amplitude du signal reçu par celui-ci. Qu'observe-t-on à chaque extrémité ?
- Remettre le micro au centre du tube et augmenter la fréquence pour obtenir cette fois un signal d'amplitude la plus faible possible (nœud de pression). Noter cette fréquence  $f_2$  (entre 450 et 550 Hz). Sans changer la fréquence déplacer le micro dans le tube et rechercher les positions des nœuds et des ventres de pression.
- Micro au centre du tube augmenter la fréquence qui permet d'obtenir un signal reçu par le micro d'amplitude la plus élevée possible (ventre de pression). Noter cette fréquence  $f_3$  (entre 700 et 800 Hz) Sans changer la fréquence, déplacer le micro dans le tube et rechercher les positions des nœuds et des ventres de pression.

## 2. Observations.

Noter les observations précédentes en utilisant des schémas.

## 3. Interprétations.

Ventre de pression = nœud de vibration et nœud de pression = ventre de vibration

[http://www.walter-fendt.de/ph11f/stlwaves\\_f.htm](http://www.walter-fendt.de/ph11f/stlwaves_f.htm)

Tube ouvert des 2 côtés de longueur 0,70 m.

Une colonne d'air possède-t-elle des modes propres de vibration ?

Quelle relation peut-on écrire entre les différentes fréquences ?

## 4. Analogies avec la corde vibrante.

Sur ce site vous pouvez comparer les modes de vibration d'une corde et d'un tuyau sonore.

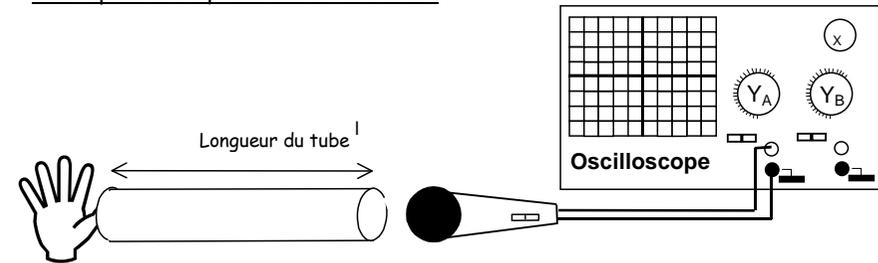
[http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/20342367/0/fiche\\_ressourcepedagogique/](http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/20342367/0/fiche_ressourcepedagogique/)

Le micro est un capteur sensible aux variations de pression. En le déplaçant à l'intérieur du tuyau on observe l'allure de l'oscillogramme de la pression.

Quelle ressemblance peut-on trouver entre tuyau sonore et corde vibrante ?

II. Étude de la fréquence des modes propres en fonction de la longueur de la colonne d'air.

## 1. Expérience qualitative au bureau.



On frappe avec la paume de la main un tuyau de longueur  $l$ , fermant ainsi une des extrémités. La fréquence  $f$  du son émis est analysée à l'oscilloscope à mémoire ou simplement à l'oreille.

En frappant une des extrémités du tuyau avec un doigt, ce qui permet de considérer que les deux extrémités restent ouvertes, on entend un son de fréquence  $f'$ .

## 2. Observations.

Si  $l$  augmente comment varie  $f$  ?

Existe-t-il une différence entre le son produit par la paume de la main ou par le doigt avec le même tuyau ?

## 3. Interprétations.

III. Applications aux instruments de musique.

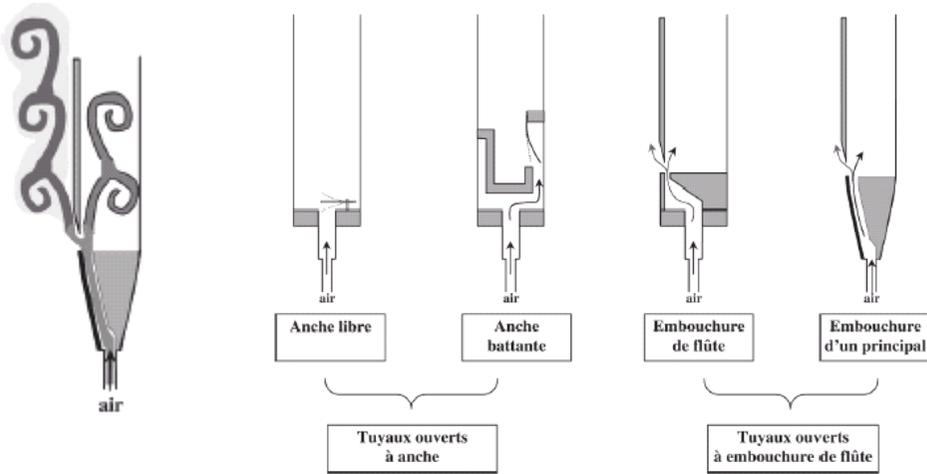
## 1. Excitation de la colonne d'air par une anche.

C'est la vibration de l'air occasionnée par une anche (petite languette en roseau pour le saxophone, ou les lèvres pour la trompette) qui fait le son. Le souffle du musicien n'est que l'énergie utilisée pour mettre en vibration l'anche = le système excitateur.

Le système excitateur est couplé avec un résonateur formé par la colonne d'air contenue par l'instrument. Les instruments à vent fonctionnent comme un tuyau ouvert à une seule extrémité (seule la flûte est un tuyau ouvert aux deux bouts).

## 2. Excitation de la colonne d'air par un biseau : exemple de l'orgue.

Dans le tuyau le passage de l'air, qui vient du pied, sort par la lumière et se brise sur la lèvres supérieure, va mettre en vibration la colonne d'air contenu dans le corps. Ainsi une onde sonore est créée. La hauteur du son dépend surtout de la longueur du corps du tuyau. Plus le tuyau est court, plus le son est aigu et vice versa.



Dans la *première famille (1)*, l'air, qui pénètre par le pied ou base du tube, fait vibrer une lame mince élastique métallique appelée *languette*. À son tour, celle-ci met en vibration l'air contenu dans le tuyau. Le système à anche battante est à l'origine de nombreux harmoniques et donc engendre un timbre aux riches sonorités.

Dans la *seconde famille (2)*, l'air vient frapper un *biseau* et s'écoule ensuite alternativement vers l'intérieur du tube et vers l'extérieur par une ouverture latérale appelée *lumière* : des tourbillons sont créés qui s'enroulent en sens inverse. Il en résulte une mise en oscillations de la colonne d'air du tuyau sonore. À noter que les variations de pression autour du biseau sont très faibles : il existe dans cette zone un *ventre de déplacements*.

#### IV. Analyse du son produit par l'orgue.

##### 1. Expérience.

Dans REGAVI ouvrir le fichier son : bourdon 16 pieds.wav.  
Analyser une petite partie du signal (200 ms environ au début de l'enregistrement).  
Exporter vers Regressi et faire le spectre de l'échantillon sonore.  
Faire de même avec le fichier : trompette 8 pieds.wav (au début également)

##### 2. Interprétations.

Quelle différence essentielle existe-il entre ces 2 sons ?  
En comparant avec les cordes vibrantes et les sons émis, quelle conclusion peut-on tirer également tirer pour les tuyaux sonores ?

#### Exemple d'évaluation des capacités expérimentales. (extrait)

<http://www.expressbac.fr/PSB2.pdf>

##### 1. Détermination des modes propres de vibration d'une colonne d'air

1.1 Effectuer les branchements nécessaires pour visualiser en voie 1 de l'oscilloscope la tension de sortie du GBF. Le régler de manière à ce que sa tension de sortie soit une tension sinusoïdale de fréquence 400 Hz et d'amplitude égale à 1 V. On devra observer sur l'écran deux périodes de la tension de sortie.

1.2 Disposer le haut-parleur à environ 1 cm d'une extrémité du tuyau n°1 de longueur  $L_1$ .

1.3 Alimenter le haut-parleur à l'aide du GBF.

1.4 Effectuer les branchements nécessaires pour visualiser en voie 2 de l'oscilloscope la tension aux bornes du microphone à électret. Le placer à l'intérieur du tuyau, au voisinage de son milieu.

1.5 Régler l'oscilloscope de façon à visualiser au mieux les deux tensions précédentes.

Appeler le professeur pour valider le montage et vérifier les réglages (appel 1)

1.6 Le microphone à électret étant toujours placé à l'intérieur du tuyau et au voisinage de son milieu, faire varier progressivement la fréquence du GBF. Rechercher les valeurs des quatre premières fréquences favorisées (amplitude maximale) par le tuyau sonore c'est à dire les fréquences des quatre premiers modes propres de vibration de la colonne d'air. Ne pas hésiter à changer la sensibilité de la voie 2 au cours de la manipulation. Ajuster éventuellement la position du microphone à électret. Compléter la feuille de réponses.

1.7 Régler le GBF à la fréquence  $f_1$ . Déplacer le microphone à électret à l'intérieur du tuyau, depuis l'orifice libre du tuyau vers l'orifice situé près du haut-parleur. Observer simultanément à l'oscilloscope l'évolution de la tension détectée par le microphone à électret.

##### 2. Détermination de la célérité du son dans l'air à la température ambiante

2.1 Régler le GBF à la fréquence  $f_4$ . À l'aide de l'oscilloscope, du feutre pour surface lisse et du mètre ruban, déterminer avec soin la longueur d'onde en déplaçant le microphone à électret. Appeler le professeur pour effectuer devant lui la manipulation demandée.

Appeler le professeur pour reproduire l'expérience devant lui (appel 2).

2.2 En déduire la célérité  $v$  du son dans l'air à la température ambiante. Compléter la feuille de réponses.

##### 3. Influence de la longueur de la colonne d'air sur la fréquence du mode fondamental

3.1 Pour le tuyau n°1 de longueur  $L_1$ , comparer la fréquence du mode fondamental  $f_{\text{cal}}$  calculée à partir de la formule  $f = \frac{n \cdot v}{2L}$  et la fréquence  $f_{\text{exp}}$  du mode fondamental déterminée expérimentalement à la question 1.6. Compléter la feuille de réponses.

3.2 Avec le tuyau n°2 de longueur  $L_2$ , proposer un protocole pour montrer expérimentalement l'influence de la longueur de la colonne d'air sur la fréquence du mode fondamental.