

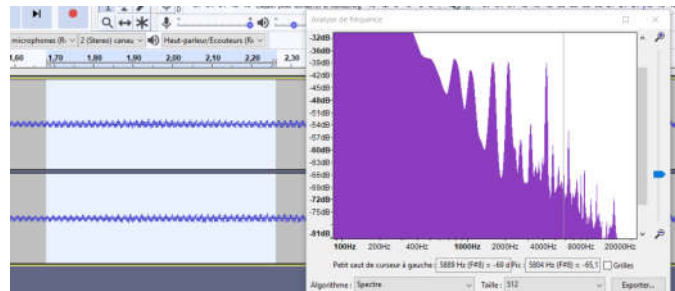
Analyse d'une note jouée à l'orgue

Introduction

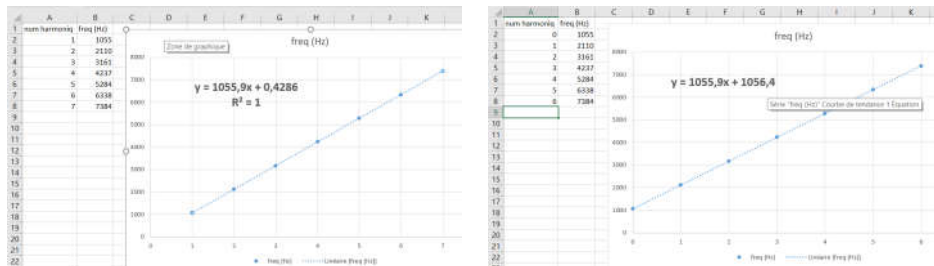
Lors de la présentation de l'orgue de la cathédrale Saint Etienne à Auxerre par Monsieur Paganon, professeur de musique au lycée Jacques Amyot, nous avons enregistré quelques sons pour essayer de retrouver par quel tuyau ceux-ci avaient pu être émis.

1 Analyse spectrale

Après conversion du fichier par le logiciel *Free M4a to MP3 Converter*, nous avons sélectionné une partie de l'enregistrement où il ne semble y avoir qu'une seule note jouée. On a alors tracé le spectre de ce son à l'aide du logiciel *Audacity*.



Après avoir relevé toutes les fréquences correspondant aux pics du spectre, nous avons repéré la série suivante (ci-dessous à gauche).



Une régression linéaire, de coefficient de corrélation $R^2 > 0,999$, confirme alors que ces fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale $f_1 \approx 1055$ Hz. Les fréquences f_n des harmoniques sont donc telles que $f_n = n f_1$ avec $n \in \mathbb{N}^*$, ce qui correspond à un tuyau ouvert aux deux extrémités comme nous avons pu le voir en cours de physique.

En effet si le tuyau n'était ouvert qu'à une extrémité, nous aurions $f_n = (2n + 1)f_0$ avec $n \in \mathbb{N}$, qu'on peut écrire sous la forme $f_n = 2f_0 n + f_0$. Or en traçant le graphe précédent (ci-dessus à droite), on obtient une incohérence : si l'ordonnée à l'origine est $f_0 \approx 1056$ Hz, alors le coefficient directeur devrait être 2×1056 ce qui n'est pas le cas.

2 Longueur du tuyau joué

Nous étudions donc un tuyau ouvert aux deux extrémités, dont le fondamental est $f_1 = 1056 \text{ Hz} = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{2L}$ avec $c \approx 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ la vitesse du son dans l'air à 15°C et L la longueur du tuyau. On obtient :

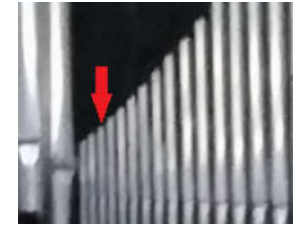
$$L = \frac{c}{2f_1} \approx \frac{340}{2 \times 1056} \approx 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

Nous sommes alors confrontés à un problème d'incertitude car, sur la photo ci-contre, la précision ne va pas être suffisante pour déterminer quel tuyau a une longueur de 16 cm. Essayons tout de même, sur l'image :

- le mètre a une longueur de 276 px
- le 3^{ème} « petit » tuyau a une longueur de 43 px

La taille réelle de ce tuyau est donc $\frac{43}{276} \approx 0,1558 \approx 16 \text{ cm}$.

L'image n'étant pas nette, il est difficile de mesurer où se trouve le biseau, mais en procédant de la même façon avec les deux tuyaux d'à côté on trouve 13 cm et 18 cm. Notre résultat semble donc juste.



Conclusions

La sortie « présentation de l'orgue de la Cathédrale St Etienne d'Auxerre » nous a permis de travailler « sur le terrain » diverses notions abordées en cours et en TP de physique. Nous avons notamment été confrontés aux problèmes suivants :

- L'orgue est un instrument riche et le spectre obtenu a été bien plus complexe à analyser que les tuyaux et cordes vibrantes que nous utilisons habituellement en séances de travaux pratiques.
- Travailler sur le terrain nécessite de s'adapter : l'éclairage étant faible, il a été très difficile de faire une photo nette des tuyaux et de la règle, d'où les difficultés à mesurer la longueur du tuyau.
- Les bruits environnants ont « pollué » la plupart de nos enregistrements : il aurait été plus simple de travailler sur un son grave (donc longueur plus grande donc plus facile à mesurer sur la photo), mais leurs spectres étaient inexploitable !
- La largeur des tuyaux est un paramètre qui a été passé sous silence lors de cette analyse, alors qu'il a un effet certain sur le son émis.

