

TP4. Correction. LA FLUTE A BEC : SOUFFLER N'EST PAS JOUER ...

I. CARACTERISTIQUES D'UN SON MUSICAL

Question 1 :

1.1. Donner les 3 principales caractéristiques d'un son musical. Quelle grandeur physique correspondante.

Un son musical a trois caractéristiques :

- **la hauteur** : qualité qui distingue un son aigu d'un son grave. La hauteur d'un son est caractérisée par sa fréquence f_1 du fondamental.
- **le timbre**, est la qualité d'un son qui permet à l'oreille de distinguer 2 notes de même hauteur jouée par 2 instruments différents spectre ; le timbre est lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques. Cela contribue à rendre un son plus ou moins harmonieux.
- **son intensité**, traduisant un son plus ou moins fort, caractérisée par son intensité sonore (I en W/m^2) ou le niveau d'intensité sonore (L en dB)

1.2. Qu'est-ce qui différencie un son pur d'un son complexe ?

Un son pur est une vibration sinusoïdale parfaite, de fréquence f . Le spectre de fréquence ne contient qu'une seule raie spectrale dont la fréquence est celle du fondamental.

Ex : La note émise par un diapason est une vibration sinusoïdale de fréquence 440 Hz ; c'est un son pur.

Un son complexe, émis par une voix, un instrument, ..., est un signal **périodique** dont l'allure n'est pas sinusoïdale. Le son complexe présente plus ou moins d'harmoniques. Un son complexe peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_n multiples de f_1 .

1.3. Qu'est ce qui différencie un bruit d'un son musical ?

Un bruit ne possède pas de fréquence précise. La forme d'onde du son n'est pas périodique. C'est ce qui le différencie d'un son musical.

Le souffle émis par un poste de radio qui n'est pas accordé sur une station émettrice est un exemple de bruit blanc. Un bruit est fait de la superposition d'ondes de fréquences sans rapport entre elles, qu'on appelle des sons partiels. Le spectre d'un bruit blanc comporte toutes les fréquences ; il est dit continu.

1.4. Qu'appelle-t-on spectre d'un son musical ? Comment obtenir le spectre d'un son musical ?

On appelle spectre en fréquence, le diagramme représentant en abscisses la fréquence et en ordonnées les amplitudes de chaque harmonique.

Un son musical de fréquence f_1 est composé d'une somme de vibration sinusoïdale de fréquence $f_1, f_2 = 2f_1, f_3 = 3f_1$ etc ayant chacun une amplitude déterminée A_1, A_2, A_3 etc. La **décomposition d'un son musical** en ces **différentes harmoniques** est appelée **analyse de Fourier** ou **décomposition de Fourier**.

Joseph Fourier a montré que toute fonction périodique de période T est décomposable en une somme de fonctions sinusoïdales.

• Matériel

pour enregistrer un son et pour effectuer une analyse de Fourier du son ?



IV. MANIPULATION :

1) Analyse du problème et formulation d'un protocole expérimental

1.1. Analyse du problème :

- À partir des documents 1, 2, 3 et de la liste de matériel, on souhaite réaliser une expérience permettant de vérifier une des informations contenues dans les documents 2 ou 3 concernant la justesse ou la tenue d'une note produite par la flûte à bec.
- Pour les documents 2 et 3, identifier les effets possibles d'un mauvais contrôle du souffle sur la hauteur de la note produite et les conséquences sur la fréquence associée.

	Effet d'un mauvais contrôle du souffle sur la hauteur de la note	Conséquence de l'effet sur la fréquence de l'onde sonore associée à la note
Document 2	La hauteur de la note peut augmenter de plus d'un demi ton lorsque que l'on souffle faiblement à plus fortement.	La fréquence de l'onde sonore peut augmenter dans un rapport de plus de 1,06 soit une variation de plus de 6% (variation d'un demi-ton).
Document 3	Si on souffle trop fort dans la flûte alors la note produite se retrouve une octave plus haut que la note attendue.	Si on souffle trop fort dans la flûte alors la fréquence de l'onde sonore produite sera deux fois plus élevée que la fréquence attendue.

1.2. Formulation d'un protocole expérimental

- À partir de la liste de matériel, proposer un protocole expérimental pour réaliser une expérience permettant l'acquisition (ou l'enregistrement) de sons produits par la flûte et la vérification d'un seul des effets identifiés dans le tableau précédent.

Remarque : le protocole expérimental doit expliciter la façon dont on va utiliser le matériel et les logiciels, les mesures, ainsi que les éventuels calculs à effectuer pour vérifier l'effet retenu. Un schéma pourra également être proposé.

Protocole expérimental proposé :

1. Pour enregistrer le son, on utilise un **microphone** muni de prise jack (enregistrement stéréo). On le relie un amplificateur qui est **relié à l'interface** d'Eurosmart. Le logiciel de traitement est **Latis Pro**. Nous utiliserons l'outil «**Analyse de Fourier**». Le microphone est muni de prise jack (enregistrement stéréo).

- Souffler dans la flûte de manière régulière et modérément afin d'obtenir une note tenue et juste puis déclencher simultanément l'acquisition. Pour un son, on a 2 graphiques (car le micro est stéréo). On exploitera le plus beau des 2 graphiques.
 - Utiliser « l'outil réticule » pour mesurer la durée d'un maximum de périodes à l'écran.
 - En déduire la **valeur de la période du fondamental** puis **calculer la fréquence correspondante**.
 - On obtient le spectre en fréquences en utilisant l'analyse de Fourier avec Latis Pro
- Traitements → Calculs spécifiques → Analyse de Fourier. Glisser le nom de la courbe à analyser dans la fenêtre → Bouton « Calcul »**
- Comparer à la valeur attendue et conclure.

La méthode est la même pour le do4 et le do5. Souffler un peu plus fort pour faire octavier la flûte et obtenir ainsi le do5.

Question 2 : Evaluer la durée d'acquisition pour le Do4 et pour la note à l'octave Do5 pour avoir environ 5 périodes à l'écran.

• Calcul préalable pour paramétrer l'interface :

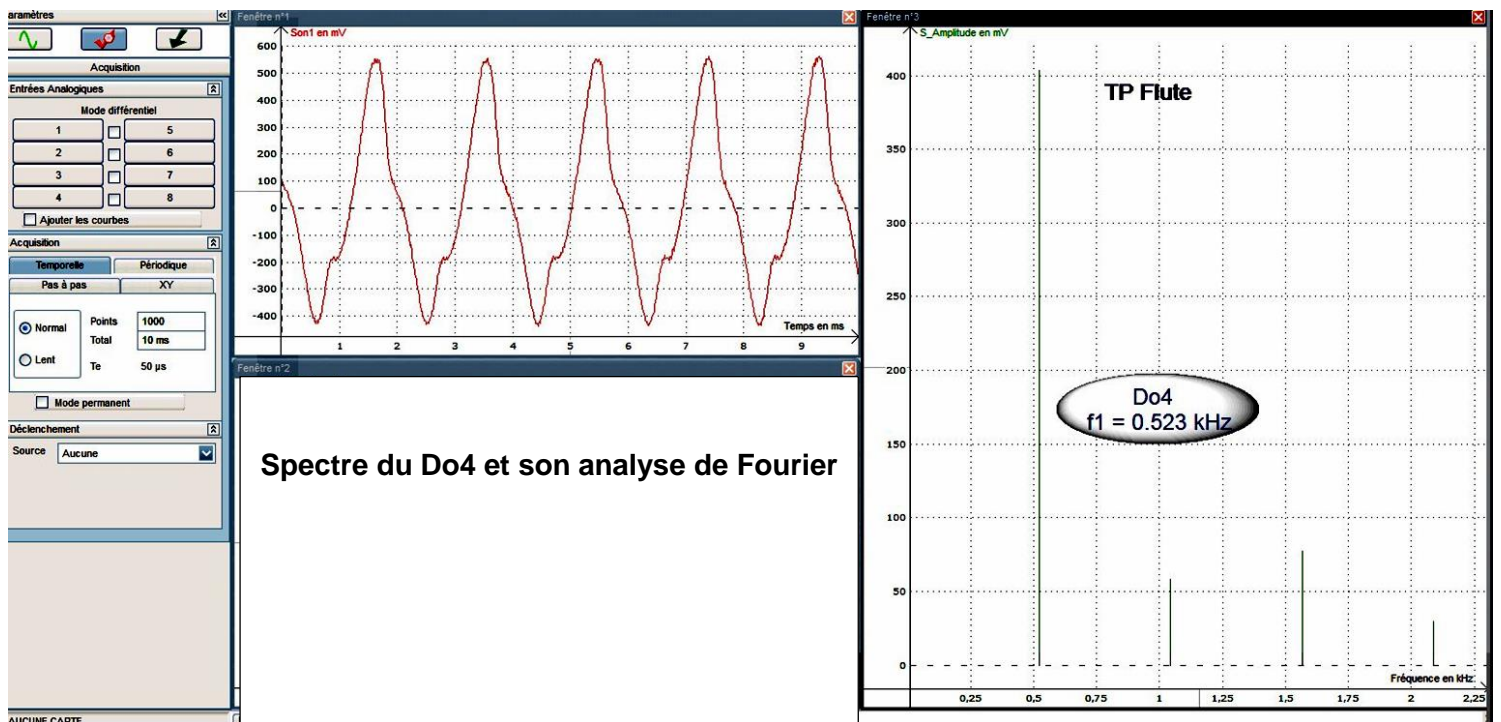
Pour le do4 : Donnée : $f(\text{do4}) = 523 \text{ Hz}$ donc période : $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{523} = 1,9 \times 10^{-3} \text{ s} \approx 2 \text{ ms}$. Période du do $\approx 1 \text{ ms}$ (car $f(\text{do4}) = 2 \times f(\text{do5})$).

Pour visualiser 5 périodes à l'écran, il est adéquat de prendre $2 * 5 = 10 \text{ ms}$. Donc durée totale : 10 ms. Prendre 1000 points par ex.

Pour le do5 : Donnée : $f(\text{do5}) = 2 \times f(\text{do4}) = 523 * 2 = 1043 \text{ Hz}$ donc période : $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1043} \approx 10^{-3} \text{ s} \approx 1 \text{ ms}$.

Pour visualiser 5 périodes à l'écran, il est adéquat de prendre $1 * 5 = 5 \text{ ms}$. Donc durée totale : 10 ms. Prendre aussi 1000 points par ex.

3) Résultats obtenus :



→ **Pour le do4 :** Valeur trouvée expérimentalement :
Fondamental à $f_1 = 523 \text{ Hz}$.
La valeur théorique a été trouvée.
Le souffle a été correct.

→ **Pour le do5 :** valeur trouvée expérimentalement :
 $f_{\text{exp}} = 1076 \text{ Hz}$.
Or la valeur théorique est : $f(\text{do4}) = 2 \times f(\text{do5}) = 2 \times 523 = 1046 \text{ Hz}$.

Ecart relatif :
 $\frac{|1076 - 1046|}{1046} \times 100 = 3\%$

La note jouée n'est pas tout à fait le do5, mais de fréquence légèrement plus faible.

Conclusion : Cela confirme le titre du TP : souffler n'est pas jouer...

