

Chapitre 5 : instruments de musique

Un xylophone d'enfant (Bac 2002)

Les instruments de musique correctement accordés produisent des notes (do5, ré5,..., la7, si7) dont les fréquences sont définies très rigoureusement, à savoir :

Not e	Fréquenc e (Hz)	Not e	Fréquenc e (Hz)	not e	Fréquenc e (Hz)
do5	1046	do6	2093	do7	4186
ré5	1175	ré6	2350	ré7	4699
mi5	1318	mi6	2637	mi7	5274
fa5	1397	fa6	2794	fa7	5588
sol5	1568	sol6	3136	sol7	6272
la5	1760	la6	3520	la7	7040
si5	1976	si6	3951	si7	7902

Un xylophone d'enfant est composé de 8 tubes métalliques creux (notés a, b,..., g, h), tous identiques mais de longueurs différentes. Lorsqu'on frappe sur l'un de ces tubes avec un petit marteau, il vibre, ce qui produit un son bref d'une durée d'environ 2



secondes.

On place devant le xylophone un microphone qui transforme le son en tension électrique. En reliant le microphone à une interface d'acquisition, on cherche à tracer le graphe de la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée et à en déduire la période du son.

1. Obtention de l'enregistrement.

Comme pour un oscilloscope, qu'il est nécessaire de régler, il faut paramétrer l'interface d'acquisition afin d'obtenir un enregistrement exploitable. On peut régler deux paramètres de la voie d'acquisition : la

durée d'acquisition (c'est à dire la durée de l'enregistrement) et la sensibilité verticale (ou calibre de la voie). L'expérimentateur fait plusieurs essais avec le tube a en utilisant un dispositif permettant de frapper les tubes d'une façon que l'on considérera identique à chaque fois. Il obtient les enregistrements I, II et III donnés dans l'annexe à rendre avec la copie représentant la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée.

Q1

a) Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement I et l'enregistrement II ?

b) Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement II et l'enregistrement III ?

2. Modélisation de la tension.

L'expérimentateur décide de conserver l'enregistrement II. Pendant la durée d'acquisition de cet enregistrement, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale de la forme :

$$u(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \Phi\right)$$

Un logiciel de traitement permet de déterminer les valeurs de U_m , T et Φ . Pour le tube a, il propose : $(U_m)_a = 83 \text{ mV}$, $T = 4,75 \times 10^{-4} \text{ SI}$, $\Phi_a = -1,74 \text{ rad}$.

Q2

a) Le choix d'une fonction sinusoïdale comme modèle convient-il pour les deux autres enregistrements I et III ? Justifier sans calcul.

b) Que représente la grandeur $(U_m)_a$? Que représente la grandeur T_a ? Quelle est son unité ?

c) Donner la relation entre T_a et la fréquence f_a de la tension électrique.

d) En déduire la valeur de la fréquence f_a et celle de la période T_a de la tension électrique u_a .

3. La vibration du tube.

On admettra que la fréquence de la vibration du tube est la même que celle du son et que celle de la tension électrique enregistrée.

Q3

a) Observation globale du phénomène. Le tube vibre quand il est frappé avec un marteau. Le son produit s'atténue et n'est plus audible au bout de 2 secondes. Décrire par une phrase ce qui se passe pour le tube en choisissant les termes adaptés dans la liste suivante: oscillations ; mécaniques ,

électriques, libres, entretenues; forcées; amorties; non amorties; critiques.

b) Étude restreinte à la durée d'acquisition. On rappelle que pendant la durée d'acquisition de l'enregistrement, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale. Quelle est la fréquence du son émis par le tube a ? À quelle note cela correspond-t-il ?

c) L'expérimentateur a utilisé une interface d'acquisition. Il aurait pu utiliser un oscilloscope à mémoire. Pourquoi n'a-t-il pas utilisé un oscilloscope classique ?

4. Variation de la période du son en fonction de la longueur du tube.

Q4

On réalise la même expérience pour les 7 autres tubes. Pendant les acquisitions, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale comme dans l'enregistrement II de la question 2. Grâce à la valeur de donnée par le logiciel, on en déduit la période T et la fréquence f du son émis par chaque tube. On obtient le tableau de mesures suivant:

	Tube b	Tube c	Tube d	Tube e	Tube f	Tube g	Tube h
l(cm)	17,3	16,3	15,4	14,8	14,0	13,2	12,8
T(ms)	0,430	0,381	0,340	0,317	0,286	0,253	0,238
f(kHz)	2,32	2,63	2,94	3,15	3,50	3,95	4,20

a) On donne l'enregistrement IV de l'annexe. En le comparant aux autres enregistrements, justifier qu'il s'agit de l'enregistrement du son d'un tube différent du tube a.

b) Sans la mettre en oeuvre, décrire la méthode qui permettrait de montrer, à partir des valeurs du tableau précédent, que la période T du son n'est pas proportionnelle à la longueur du tube.

Q5

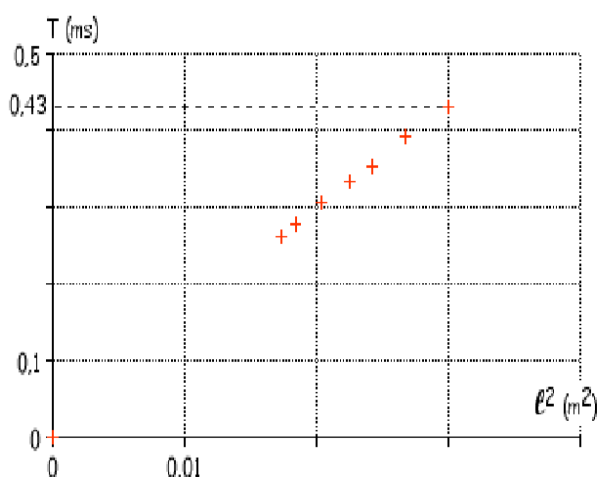
On a tracé le graphe représentant T en fonction de l^2 .
a) À partir du graphique, justifier que l'on peut considérer que la période T est proportionnelle à l^2 .

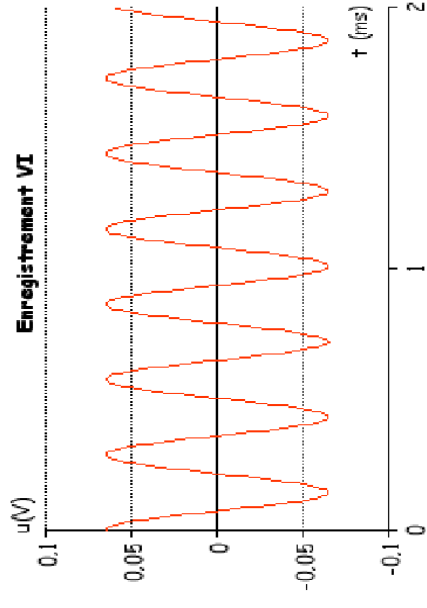
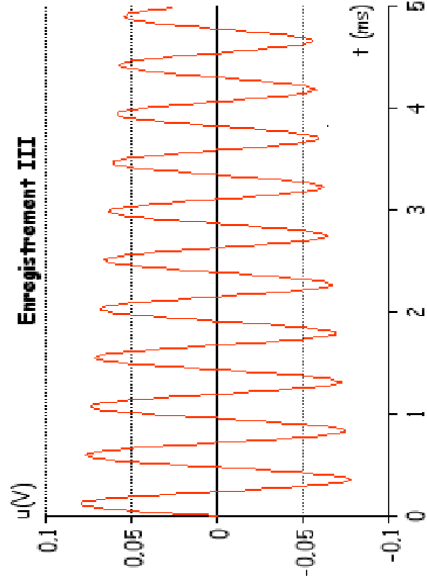
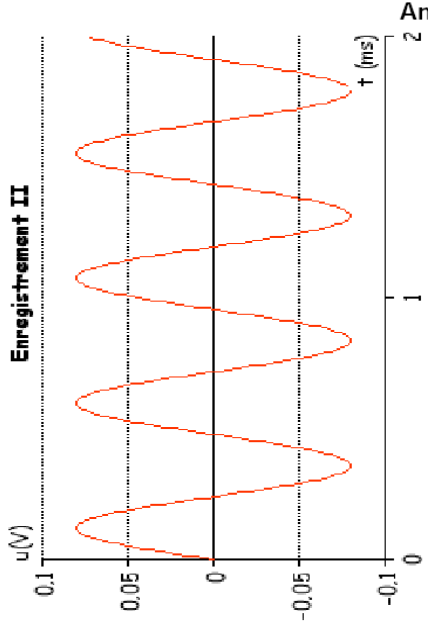
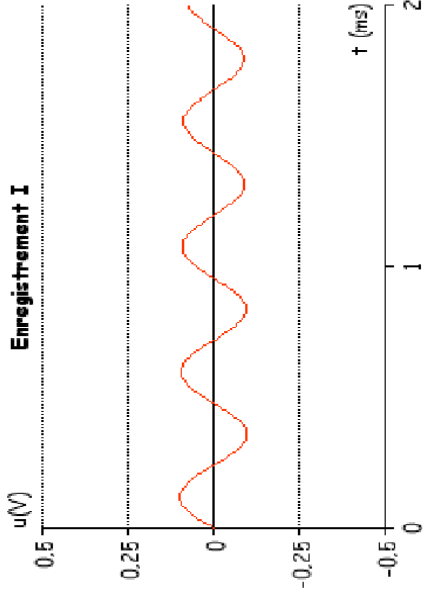
b) En déduire la relation numérique entre T et l^2 en précisant les unités.

c) Lorsque la fréquence expérimentale du son émis par un tube est très différente de la fréquence de la note attendue pour ce tube, le tube est mal accordé. L'expérimentateur constate que l'un des tubes est mal accordé. Indiquer lequel.

d) Pour accorder ce tube, faut-il augmenter ou diminuer sa longueur, tous les autres paramètres restant constants ? Justifier la réponse.

Remarque : on notera, bien entendu, le caractère particulièrement simplificateur de la modélisation pour l'étude de la vibration et du son émis par chaque tube.





Annexe