

## DEVOIR DE SPÉCIALITÉ

### Questions diverses sur l'obtention de la fréquence du fondamental

#### Question 1

La longueur de la corde de piano correspondant au  $Mi_2$  est de 94,1 cm.

Sachant que la célérité des ondes transversales est de  $310 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  sur cette corde, déterminer la fréquence du mode fondamental.

#### Question 2

On réalise un enregistrement du son émis par l'une des cordes d'un violon frottée par un archet.

L'oscillogramme, relevé sur un numérique par l'intermédiaire d'un microphone, est donnée sur la figure 1.

On a disposé deux curseurs sur l'axe horizontal. L'intervalle de temps entre les deux positions des curseurs est affiché sur l'oscillogramme.

1. Déterminer la période  $T$  du signal. En déduire la fréquence  $f_1$  du mode fondamental.
2. Est-ce un son pur ?

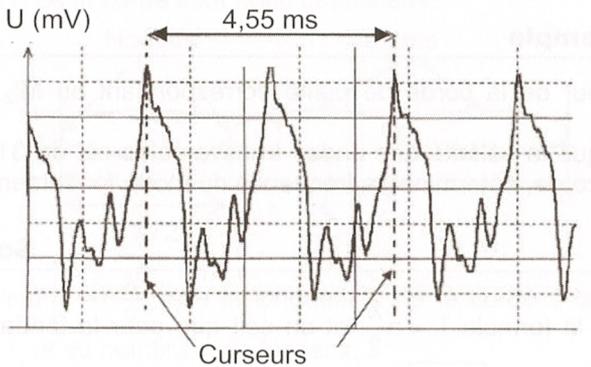


figure 1

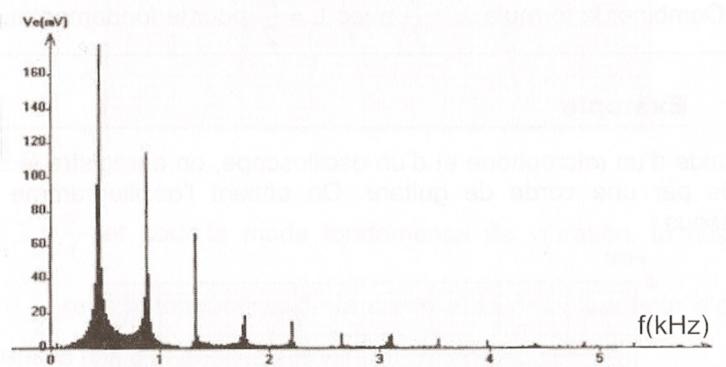


figure 2

#### Question 3

Un oscilloscope numérique permet de calculer et d'afficher le spectre du son émis par un instrument à corde, soit l'amplitude  $V_e$  en fonction de la fréquence  $f$ .

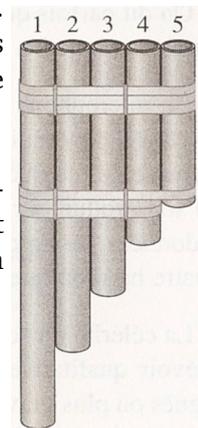
À partir de la figure 2, déterminer graphiquement la fréquence du mode fondamental. Est-ce un son pur ?

### Quelques propriétés de la flûte de Pan

La flûte de Pan est très certainement l'un des instruments les plus faciles à fabriquer. Il suffit de quelques bouts de roseau bien évidés, d'un peu de bougie et d'un bon couteau. Cette flûte consiste en une série de tuyaux de longueurs différentes qui sont maintenus ensemble par des ligatures. Une extrémité de chaque tuyau est à l'air libre, l'autre (le fond) est fermée.

Une fois construite, cette flûte doit jouer les notes  $do_3$ ,  $mi_3$ ,  $sol_3$ ,  $do_4$  et  $mi_4$ .

Les deux premières notes sont à l'octave respectivement des notes  $do_3$  et  $mi_3$ , c'est-à-dire qu'il y a une octave entre  $do_3$  et  $do_4$  (idem pour  $mi_3$  et  $mi_4$ ), la note  $do_4$  étant plus aiguë que  $do_3$  (idem pour  $mi_4$  plus aiguë que  $mi_3$ ). Une recherche documentaire a permis de connaître les fréquences des trois premières notes :



notes	$do_3$	$mi_3$	$sol_3$
fréquences en hertz	262	328	393

- Rappeler la définition de deux sons à l'octave et déterminer les fréquences des deux notes  $do_4$  et  $mi_4$ .  
On rappelle que :
  - les sons sont produits par les vibrations des colonnes d'air contenues dans les tuyaux ;
  - la vitesse de propagation (célérité) des sons dans l'air est  $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
 Une étude plus fine montre qu'il y a toujours un nœud de vibration à une extrémité fermée d'un tuyau et un ventre de vibration à une extrémité ouverte.
- (a) Définir ce qu'on appelle nœud de vibration et ventre de vibration.  
(b) Dans quel type d'ondes peut-on observer des nœuds et des ventres de vibration ?
- On note  $\lambda$  la longueur d'onde du son de fréquence  $f$ .  
On rappelle qu'un nœud et un ventre consécutifs sont distants de  $\frac{\lambda}{4}$ .
  - Exprimer  $\lambda$  en fonction de  $f$  et des données du problème.
  - Montrer que le tuyau de la flûte de longueur  $L$  est accordé sur le son de longueur d'onde  $\lambda$  si  $L = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ , avec  $n$  un nombre positif ou nul.
  - On appelle mode chaque valeur de  $n$ .  
Qu'appelle-t-on mode fondamental ? Que vaut  $L$  dans ce cas ?
  - Déterminer la longueur de chacun des cinq tuyaux de la flûte de Pan dont le fondamental est accordé sur chacune des cinq notes  $do_3$ ,  $mi_3$ ,  $sol_3$ ,  $do_4$  et  $mi_4$ .
- On dit parfois que les seuls sons possibles pour une flûte de Pan sont les harmoniques impairs. Justifier cette affirmation.
- Un microphone enregistre le son produit par le tuyau n° 3. La tension-image de ce son est ensuite analysée par un ordinateur.  
Représenter ce que donnerait une analyse fréquentielle (ou spectre fréquentiel) du son produit par le tuyau n° 3 : en abscisses, les fréquences des modes et, en ordonnées, les amplitudes (arbitraires). Votre schéma devra comporter au moins quatre harmoniques.
- La célérité du son dans l'air augmente (faiblement) avec la température.  
prévoir qualitativement si les notes jouées vont être toutes légèrement plus aiguës ou plus graves quand la température augmente. on ne raisonnera que sur le mode fondamental de vibration et on négligera la dilatation des tuyaux.

## CHIMIE : du jus de citron dans la confiture

### DOCUMENT 1

« Une confiture doit être prise ; les fruits, cuits avec du sucre et parfois du citron, forment une pâte suffisamment épaisse.

C'est la pectine des fruits, longue chaîne moléculaire de la famille des glucides, qui est responsable de cette prise. Lors de la cuisson de la confiture, les fruits se disloquent, libérant la pectine qui passe dans le jus sucré. En refroidissant, les molécules de pectine forment un réseau en s'accrochant les unes aux autres par des liaisons appelées liaisons hydrogène. Celles-ci se font entre des fonctions dites acides et alcooliques qui jalonnent la molécule de pectine, fonctions qui doivent rester libres et intactes pour ne pas entraver la formation de ce réseau. Or l'eau, qui se lie volontiers à ces fonctions, risque de prendre la place. Ainsi du sucre qui capte l'eau en excès est ajouté. De plus, du jus de citron évite que les fonctions acides de la pectine ne se dissocient. »

Extrait du site : <http://www.espace-sciences.org>

### DOCUMENT 2

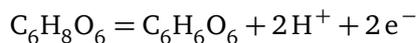
« Ajouté à un kilo de fruits, le jus de citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse. (...) Le jus de citron permet en outre d'éviter l'oxydation des fruits quand on les coupe et de leur conserver une belle couleur, notamment les fruits jaunes qui changent facilement de teinte. »

Extrait de : Larousse des confitures, éditions Larousse

### Données :

- La pectine est une longue molécule comportant des groupements acide  $-COOH$  et alcool. On la notera simplement en ne mettant en évidence qu'un groupement acide :  $RCOOH$ .

- Le jus de citron contient, entre autres acides, de l'acide citrique (à la concentration d'environ  $0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) et de l'acide ascorbique, à une concentration moindre.
- L'acide ascorbique, ou vitamine C, ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ), peut donner lieu à la demi-équation électronique suivante :



### I - Formation du gel

1. Le groupe d'atomes caractéristique de la fonction acide est  $-\text{COOH}$ .  
Quel est le groupe d'atomes caractéristique de la fonction alcool ?
2. (a) L'eau se « lie facilement à ces fonctions. » Écrire l'équation de la réaction de la pectine ( $\text{RCOOH}$ ) avec l'eau.  
(b) Le  $\text{pK}_A$  du couple  $\text{RCOOH}/\text{RCOO}^-$  est égal à 3,2. Placer, sans justifier, sur un axe de pH les domaines de prédominance des formes acide et basique de la pectine.  
(c) Utiliser ce diagramme pour commenter la phrase : « le jus d'un petit citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse. »

### II - Conservation des fruits

1. À partir des documents proposés, pourquoi peut-on dire que l'acide ascorbique est un antioxydant ?
2. Quel autre mot peut-on utiliser plutôt que « antioxydant » à propos de l'acide ascorbique ? Justifier.

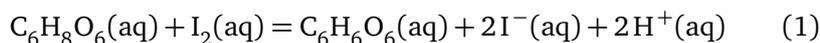
### III - Teneur en acide ascorbique d'un jus de citron

Un petit citron permet d'obtenir 6,2 mL de jus filtré. Ce jus est introduit dans une fiole jaugée de 100,0 mL que l'on complète avec de l'eau déminéralisée. On obtient 100,0 mL de solution S.

On prélève alors un volume  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  de solution S que l'on introduit dans un erlenmeyer. On ajoute un volume  $V_2 = 20,0 \text{ mL}$  de solution de diiode de concentration  $C_2 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

La couleur brune du mélange réactionnel s'éclaircit peu à peu, mais ne disparaît pas.

L'équation de la réaction totale qui se produit est :



1. (a) Que peut-on déduire de l'observation de l'évolution de la couleur du mélange réactionnel ?  
(b) Quel est l'inconvénient rencontré si on utilise la réaction (1) pour doser l'acide ascorbique ?  
L'excès de diiode est alors titré, en présence d'empois d'amidon, par une solution de thiosulfate de sodium de concentration  $C_3 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Il faut ajouter  $V_3 = 14,5 \text{ mL}$  de solution de thiosulfate de sodium pour obtenir la décoloration complète du milieu réactionnel.  
l'équation de la réaction qui se produit est :



2. Déterminer la quantité  $n$  de diiode ayant réagi avec les ions thiosulfate.
3. Déterminer la quantité  $n_1$  d'acide ascorbique initialement présente dans l'erlenmeyer.
4. Calculer la concentration de l'acide ascorbique dans le jus de citron testé.



CORRECTION

Questions diverses sur l'obtention de la fréquence du fondamental

Question 1

La corde forme, dans le cas du mode fondamental, un seul fuseau de longueur  $L = \frac{\lambda}{2}$ .

$$\text{Soit } L = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} \Rightarrow f = \frac{v}{2L} \Rightarrow f = 165 \text{ Hz.}$$

Question 2

1. Sur le diagramme la durée indiquée correspond à deux périodes donc  $T = 2,28 \text{ ms}$ . La fréquence est donc de  $f_1 = 440 \text{ Hz}$  ou  $0,44 \text{ kHz}$ .
2. Un son pur a pour représentation une sinusoïde, ce qui n'est pas le cas ici. C'est un son complexe.

Question 3

La fréquence du fondamental est fournie par la fréquence du premier harmonique.

$$\text{Nous avons } 70 \text{ mm pour } 5000 \text{ Hz et } 6 \text{ mm pour } f_1 \text{ soit } f_1 = \frac{5000 \times 6}{70} \Rightarrow f_1 = 430 \text{ Hz.}$$

La présence d'harmoniques montre qu'il ne s'agit pas d'un son pur.

Quelques propriétés de la flûte de Pan

1. Deux sons à l'octave ont des fréquences dans un rapport de 2.

$$\text{Fréquences des deux notes : } \frac{f(\text{do}_4)}{f(\text{do}_3)} = 2 \text{ et } \frac{f(\text{mi}_4)}{f(\text{mi}_3)} = 2 \text{ d'où } \text{do}_4 = 524 \text{ Hz et } \text{mi}_4 = 656 \text{ Hz.}$$

2. (a) Un nœud de vibration : la vibration en ce point a une amplitude nulle  
Un ventre de vibration : la vibration en ce point a une amplitude maximale.
- (b) Les ondes stationnaires présentent de type de comportement.

$$3. (a) \lambda = cT \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}.$$

- (b) Un tuyau comporte un nombre entier  $n$  de « fuseaux » soit une longueur de  $n \frac{\lambda}{2}$

et en plus un demi-fuseau (extrémité fermée, extrémité ouverte) soit une longueur de  $\frac{\lambda}{4}$ .

$$\text{d'où } L = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}.$$

- (c) On obtient le mode fondamental pour  $n = 0$  soit une longueur de  $L = \frac{\lambda}{4}$  ; c'est le mode correspondant à la plus petite fréquence ( $f_0$ ).

$$\text{La longueur est alors de } L = \frac{c}{4f_0}.$$

- (d) En application de la relation précédente, nous obtenons la longueur des tuyaux.

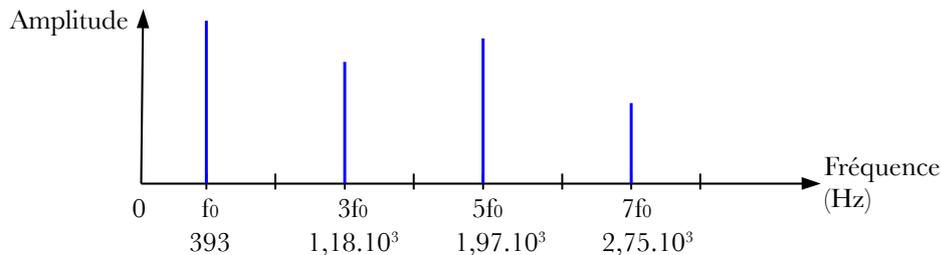
notes	do <sub>3</sub>	mi <sub>3</sub>	sol <sub>3</sub>	do <sub>4</sub>	mi <sub>4</sub>
fréquences en hertz	262	328	393	524	656
longueur en cm	32,4	25,9	21,6	16,2	13,0

4. Nous pouvons écrire la condition de résonance pour la longueur sous la forme  $L = (2n + 1)\frac{\lambda}{4}$

$$\begin{array}{l} \text{ce qui donne } n = 0 \quad L = \lambda/4 \quad f_0 = \frac{c}{4L} \\ n = 1 \quad L = 3\lambda/4 \quad f_1 = 3f \\ n = 2 \quad L = 5\lambda/4 \quad f_2 = 5f \end{array}$$

soit  $f_n = (2n + 1)f_0$  ce qui représente bien les multiples impairs de la fréquence du fondamental.

5. Spectre des harmoniques dans le cas d'une flûte de Pan.

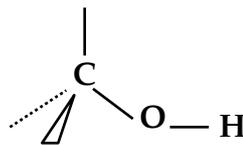


6. Si  $c$  augmente, alors  $f$  augmente donc le son se déplace vers les aigus.

## CHIMIE : du jus de citron dans la confiture

### I - Formation du gel

1. Le groupe d'atomes caractéristique de la fonction alcool est le groupe hydroxyle sur un atome de carbone tétraédrique.

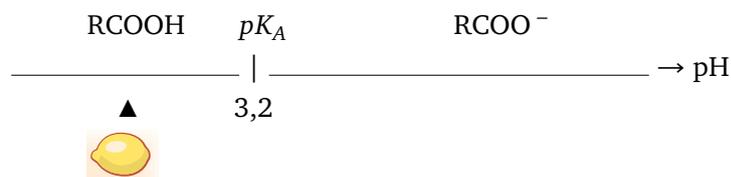


2. (a) *L'eau se « lie facilement à ces fonctions. »*

Équation de la réaction de la pectine (RCOOH) avec l'eau :



(b) diagramme



(c) « le jus d'un petit citron suffira à donner l'acidité nécessaire pour que la pectine réagisse. » Le jus de citron a un pH voisin de 2 ; donc inférieur au  $pK_A$  de la pectine, la forme prédominante est bien RCOOH.

### II - Conservation des fruits

Un jus de citron contient de l'acide ascorbique et de l'acide citrique.

1. L'acide citrique est responsable de l'acidité du jus de citron, l'acide ascorbique permet d'éviter l'oxydation des fruits : c'est un **antioxydant** ou antioxygène.

2. Il réagit avec l'oxygène et protège ainsi les fruits de l'oxydation. C'est donc un **réducteur**.

C'est le réducteur du couple rédox  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6/\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ .

### III - Teneur en acide ascorbique d'un jus de citron

- (a) Le mélange réactionnel *s'éclaircit peu à peu* indique que la réaction est lente.  
(b) Une réaction de dosage doit être unique, rapide et totale ; la réaction (1) ne peut pas convenir pour un dosage.
- À partir de l'équation :



À l'équivalence  $n(\text{présente}) = \frac{n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2}(\text{versée})$

$$n = \frac{14,5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3}}{2} \Rightarrow n = 3,625 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

- $n_{\text{dos}}(\text{ac.}) = n(\text{I}_2)$  avec  $n(\text{I}_2) = n_0(\text{I}_2) - n$   
 $n(\text{I}_2) = 20 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3} - 3,625 \times 10^{-5} \text{ mol}$   
 $n(\text{I}_2) = 4,0 \times 10^{-5} - 3,625 \times 10^{-5} \text{ mol}$   
 $n_{\text{dos}}(\text{ac.}) = 3,75 \times 10^{-6} \text{ mol}$

Le rapport des volumes est de 20,0 mL/100,0 mL cela donne  $n_1 = 5n_{\text{dos}}(\text{ac.})$

$$n_1 = 1,875 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

- Concentration de l'acide ascorbique dans le jus de citron testé.

$$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{citron}} = \frac{n_1}{V_{\text{citron}}} \Rightarrow [\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{citron}} = \frac{1,875 \times 10^{-5}}{6,2 \times 10^{-3}}$$

$$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{citron}} = 3,02 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$