Exercice III - Clarinettiste voyageur (5 points)

La clarinette est un instrument de musique à vent de la famille des bois. On peut légèrement modifier sa longueur en emboîtant plus au moins profondément les différents éléments la constituant.

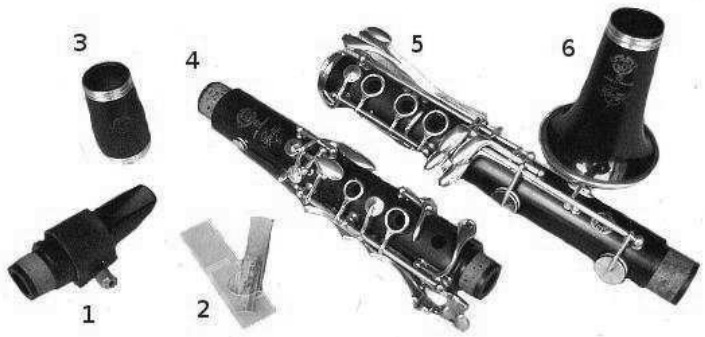
Document 1

Description de la clarinette *(source : wikipedia)*



1 *: bec et ligature ;* ***2*** *: anche et son étui;* ***3*** *: barillet ;*

4 *: corps du haut (main gauche) ;* ***5*** *: corps du bas (main droite) ;* ***6*** *: pavillon*



Document 2

Fréquence d'accord

En France, les musiciens ont l'habitude de s'accorder sur la note « la » de fréquence 442 Hz. Aux États-Unis, l'accord se fait sur la note « la » de fréquence 440 Hz.

Document 3

Acoustique musicale

Un son pur est une vibration sonore sinusoïdale tandis qu'un son complexe est une vibration sonore périodique non sinusoïdale. Les instruments de musique produisent des ondes sonores complexes décomposables en une somme de sons sinusoïdaux. Un son complexe de fréquence f est la superposition d'un son sinusoïdal de même fréquence f (le fondamental) et de sons sinusoïdaux de fréquences multiples de f (les harmoniques).

Document 4

Modélisation d'une clarinette par un tuyau sonore

On peut modéliser une clarinette par une colonne d'air cylindrique, de longueur L, ouverte à une extrémité et fermée à l'autre. La vibration de l'anche engendre la vibration de l'air à l'intérieur de la clarinette selon les fréquences propres données par la relation :

$$f = (2n - 1)\frac{v}{4L}$$

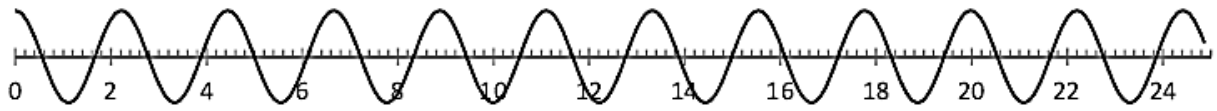
où L est la longueur en mètre de la colonne d'air, n un entier supérieur ou égal à 1 et v *la célérité du son dans l'air :* $v = 340\ m.s^{-1}$ *à 20°C.*

La fréquence fondamentale correspond à n = 1.

1. Florent est un clarinettiste qui souhaite savoir si son instrument est bien accordé. N'ayant pas d'accordeur à sa disposition, il décide de s'enregistrer et de traiter l'information avec un logiciel de traitement du son.

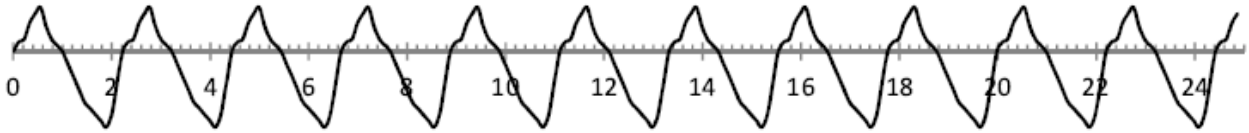
1.1. Parmi les deux **enregistrements a** et **b** ci-dessous, lequel correspond à celui de la clarinette de Florent. Justifier votre réponse.

Enregistrement a



temps (ms)

Enregistrement b



temps (ms)

1.2. La clarinette de Florent est-elle bien accordée pour jouer dans un orchestre français ?

2. Quelle est la longueur L de la colonne d'air mise en mouvement dans la clarinette lorsqu'elle est accordée pour la France ?

3. Florent se produit en concert aux États-Unis. Expliquer pourquoi et comment il doit modifier la géométrie de sa clarinette.

4. En attendant de prendre l'avion pour retourner en France, Florent lit un article sur « la physique de la clarinette ». Une phrase l'interpelle : « *La clarinette ne fournit que les harmoniques impairs* ».

Montrer que le modèle du tuyau sonore est en accord avec cette affirmation.

5. De retour en France, Florent emmène sa clarinette chez son luthier habituel pour effectuer un entretien. Dans la boutique, une nouvelle clarinette de fabrication française en matériau composite attire son attention. Le luthier lui explique les avantages de cette nouvelle technologie par rapport à une clarinette traditionnelle en ébène.

À l'aide des documents 5 à 9, faire une synthèse d'environ 15 lignes des différents arguments scientifiques (ou technologiques) et sociétaux que le luthier peut avancer.

Document 5

Définition d'un matériau composite

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles, mais ayant une forte capacité d'adhésion. Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés spécifiques que les éléments seuls ne possèdent pas. Cette technologie est le moyen d'améliorer sensiblement certaines caractéristiques (légèreté, rigidité à l'effort, etc.) et par conséquent elle trouve de nombreuses applications dans différents secteurs industriels.

Document 6

Clarinette en matériau composite

Il existe des clarinettes réalisées en matériau composite d'ébène reconstitué, issu du bois recyclé de la production des clarinettes traditionnelles. Le matériau composite permet de conserver 100 % des propriétés acoustiques des instruments de musique traditionnels en ébène avec l'assurance d'une fiabilité et d'une longévité incontestable puisqu'il ne peut pas se fendre par choc climatique, véritable facteur d'angoisse chez les clarinettistes.

Composition du matériau composite d'ébène reconstitué : 95 % de poudre d'ébène, 5 % de fibres de carbone et de résine époxy.

Document 7

L'ébène

L'ébène (nom féminin) est le nom donné au bois de cœur issu de plusieurs espèces d'arbres de la famille des Ebenaceae appartenant au genre Diospyros, appelés ébéniers, ainsi que certains arbres du genre Dalbergia. Ils se rencontrent dans les régions tropicales et sont connus depuis la plus haute Antiquité pour la couleur noire de leur bois.

Les caractéristiques principales de l'ébène sont sa couleur noire et sa densité élevée. C'est un bois travaillé en ébénisterie, sculpture, lutherie, marqueterie, coutellerie, et dans des jeux (échecs, dames...) sous forme de bois massif, en feuillets ou en placage scié.

L'ébène est également utilisée pour la conception d'instruments de musique tels la flûte à bec, la clarinette, le hautbois, la touche des instruments à cordes et certaines baguettes de tambour.

Document 8

Exploitation de l'ébène

Dans un lot de bois d'ébène, 50 % sont utilisés pour fabriquer les clarinettes professionnelles en ébène, 25 % pourront être utilisés pour fabriquer les clarinettes d'étude. Il y a approximativement 25 % de déchets.

L'exploitation de l'ébène africaine (Mozambique, Tanzanie...) devient de plus en plus problématique à cause de sa grande consommation. Aussi est-elle recherchée, vue sa rareté, dans des régions de plus en plus éloignées des centres, parfois difficilement accessibles et dont le terrain est quelquefois marécageux.

Notons qu'il est difficile de pourvoir au reboisement des forêts d'ébéniers (il ne s'agit pas de plantations) car l'arbre utilisé pour la fabrication des clarinettes doit avoir plus de cent ans d'âge. En 2005, 96% du bois exporté en provenance de la région du sud-est de la Tanzanie était abattu illégalement.

Document 9

Dureté comparée

La dureté Brinell est mesurée par la profondeur de l'empreinte laissée par une bille de 23 mm de diamètre, d'une masse de 1 kg, lâchée d'une hauteur de 50 cm. Ce test permet de mesurer la dureté du bois et sa résistance au poinçonnement. Plus l'indice est élevé, plus la dureté du bois est importante.

La dureté Brinell de l'ébène est 22,6 et celle du matériau composite d'ébène est 35, 6.