

ACTIVITÉ 6

1. Les fréquences pour lesquelles l'émission sonore est intense sont données par l'expérience.
2. Les fréquences du son émis par la colonne sont les mêmes que celles de l'excitateur.
3. Le long du tuyau, l'amplitude de la vibration n'est pas constante : elle est maximale en certains points équidistants et nulle en d'autres points situés au milieu des précédents.
4. Plus le tuyau est long, plus le son est grave.
 - Cette expérience toujours bruyante peut l'être un peu moins, si l'on s'oblige à choisir une intensité sonore faible du haut-parleur, en faisant percevoir les résonances qui sont très sonores. On peut également la rendre plus agréable, même pour des oreilles non musiciennes, en choisissant une fréquence correspondant à une note reconnaissable. En prenant le la_4 ($f = 880$ Hz) la longueur d'onde vaut 38,6 cm et on obtient des résonances pour des longueurs de colonne d'air multiples d'une vingtaine de centimètres, faciles à obtenir avec le tuyau cylindrique qui a pu être utilisé dans le tronc commun lors de l'étude de la chute de billes dans les liquides.
 - Pour les petits grains légers à placer dans le plateau suspendu, des graines de gazon conviennent bien.

CORRIGÉS DES EXERCICES

1. 1. a. Les instruments sont classés en instruments à cordes, instruments à vent, instruments à percussion.
 - b. Instruments à cordes : guitare ou violon ; instruments à vent : clarinette ou flûte ; instruments à percussion : cymbale ou tambour.
2. a. Pour produire un son, un instrument de musique doit vibrer et émettre.
 - b.

CORRIGÉS DES EXERCICES		
guitare	cordes	caisse et air contenu
flûte	sifflet	tuyau et air contenu
tambour	membrane	caisse et air contenu

2. 1. a. Non la fréquence du fondamental de l'oscillation libre est indépendante du mode d'excitation.
 - b. La fréquence fondamentale est aussi appelée *premier harmonique*.
 - c. Selon le mode d'excitation, le nombre d'harmoniques change.
 - d. On observe l'oscillation libre par stroboscopie ou enregistrement vidéo visionné au ralenti, et on mesure sa fréquence par stroboscopie ou à l'aide d'un photodétecteur relié à un oscilloscope.
 2. a. Ce sont les régimes stables d'oscillation avec une grande amplitude (résonance).
 - b. On reconnaît les modes propres grâce à la présence d'un nombre entier k de fuseaux stables et à la grande amplitude de vibration.
 - c. On soumet la corde à une excitation dont on modifie la fréquence pour rechercher celle pour laquelle la corde a une grande amplitude d'oscillation.
- Remarque* : dans ce cas et même sans caisse de résonance, la résonance du matériau du support de l'expérience suffit à rendre le son audible... à condition que le « bruit de fond » ne soit pas trop intense !

3. Schéma a : mode propre fondamental ; schéma b : mode propre 3^e harmonique.

4. 1. Pour mettre en évidence les modes propres de vibration d'une colonne d'air, on utilise la colonne d'air formée au-dessus du liquide contenu dans un long tube vertical et dont on peut faire varier le niveau. On place un haut-parleur alimenté par un G.B.F. au-dessus de l'ouverture de la colonne ; on fait varier la fréquence d'émission du haut-parleur et on repère celle qui provoque l'émission d'un son très intense par le tuyau. On introduit alors un plateau contenant des grains légers dans la colonne afin de visualiser la valeur de l'amplitude tout au long de la colonne.

2. a. Les modes propres de vibration dépendent de la longueur de la colonne.

b. Le tuyau étant ouvert aux deux extrémités, il y a un ventre de vibration à chaque extrémité ; les fréquences propres sont multiples de la fréquence du fondamental.

5. 1. Aucune proposition exacte.

2. a ; b ; d.

3. a.

4. a ; b ; c.

6. 1. a. Les branches d'un diapason en oscillation libre sont animées d'une vibration transversale et sinusoïdale.

b. Le diapason produit une onde transversale et sinusoïdale sur la corde.

c. Le zéro à droite de la virgule est le dernier chiffre significatif ; la fréquence est donc mesurée au 1/10 Hz.

2. a. La corde vibre selon son mode propre 3^e harmonique.

b. Pour que la vibration de la corde puisse produire un son intense, il faut la faire vibrer sur un support en contact avec une planche ou une caisse de résonance.

3. a.



b. Il y a quatre nœuds d'amplitude (O, A, B, C) et trois ventres situés aux trois milieux des segments inter-nœuds.

c. La corde doit être éclairée exactement dans la même position après un nombre entier d'oscillations ; il faut donc que la fréquence des éclairs soit $f_e = \frac{50}{k}$.

d. $f_e = 100$ Hz, car la corde doit être éclairée exactement deux fois par période.

7. 1. a. La force de Laplace est la force électromagnétique qui s'exerce sur un conducteur parcouru par un courant et placé au voisinage d'un aimant ; elle est perpendiculaire au plan formé par le fil et le champ magnétique et vaut $F = B \cdot i \cdot l \cdot \sin \alpha$. Si le courant est sinusoïdal, la force sera sinusoïdale.

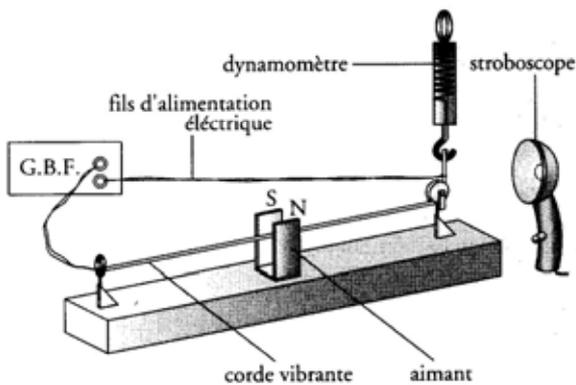
b. Les modes propres de vibration d'une corde correspondent aux diverses fréquences de résonance de la corde en oscillation forcée ; la corde vibre alors avec une grande amplitude en formant un nombre entier de fuseaux stables.

2. a. ① : corde ; ② : aimant ; ③ : contrôleur ; ④ : G.B.F. ; ⑤ : dynamomètre ; ⑥ : oscilloscope ; ⑦ : optocoupleur.

b. ■ Tendre le fil sur la caisse et l'alimenter par l'amplificateur branché sur le G.B.F. Placer un aimant au voisinage et observer la vibration de la corde pour plusieurs fréquences du courant.

■ Repérer les fréquences pour lesquelles la corde vibre avec une amplitude importante et noter alors la valeur de la fréquence et le nombre de fuseaux de la corde.

c.



d. Si la corde était magnétique, elle serait attirée constamment par l'aimant et ne vibrerait donc pas.

3. a. Fréquence de vibration de la corde : $f = 25 \text{ Hz}$; c'est la plus grande fréquence des éclairs montrant la corde dans une seule position fixe.

b. La corde est éclairée deux fois par période alors qu'elle passe dans les deux mêmes positions.

c. Éclairer la corde vibrante à l'aide d'un stroboscope et rechercher la plus grande fréquence des éclairs donnant une seule image apparente fixe.

4. a. ■ Éclairer le photocapteur par la lumière du jour (ou celle de sa source si c'est une fourche) et relier sa sortie à une entrée verticale de l'oscilloscope ; observer l'amplitude du signal capteur éclairé et régler le calibre vertical.

■ Faire vibrer la corde devant le capteur éclairé et régler la base de temps pour observer plusieurs créneaux de tension.

■ Mesurer la période des créneaux et en déduire la valeur de la période de vibration, et donc la fréquence.

b. La période de la tension est : $T_t = 4 \times 5 = 20 \text{ ms} = 0,02 \text{ s}$; la période de vibration T_v est la moitié puisque la corde passe deux fois par période par le même point, donc

$$T_v = 0,04 \text{ s, d'où la fréquence } f = \frac{1}{T_v} = 25 \text{ Hz.}$$

8. 1. a. L'orgue.

b. Le vibreur est la « bouche » (trou) au voisinage du biseau et l'émetteur est le tuyau lui-même et l'air qu'il contient.

2. a. Il y a un ventre de vibration à chaque extrémité car il y a une ouverture (contact avec l'air ambiant pouvant vibrer librement) à chaque extrémité.

b. La distance entre deux nœuds de vibration est constante et elle est la même qu'entre deux ventres.

3. a. Le mode fondamental est le mode correspondant à la fréquence minimale à laquelle l'instrument entre en résonance ; la colonne d'air ne présente qu'un seul nœud et deux ventres.

b. Les harmoniques sont toutes les fréquences de vibration pour lesquelles l'instrument entre en résonance ; les fréquences correspondantes sont des multiples de celle du 1^{er} harmonique ou fondamental.

4. Il apparaît un nœud à l'extrémité supérieure.

9. 1. a. Le son perçu est plus intense lorsque le diapason est en contact avec la caisse.

b. L'air de la caisse entre en résonance et vibre donc avec une amplitude plus grande.

2. a. Lorsque l'ouverture est obturée, on n'entend pratiquement plus rien.

b. La vibration de l'air intérieur ne peut plus se transmettre à l'air extérieur : il n'y a donc pas d'onde sonore qui se propage hors de la caisse sauf celle, faible, engendrée par la vibration de très faible amplitude du bois de la caisse.

3. a. Fondamental ou 1^{er} harmonique ; c'est la fréquence perçue en observant les oscillations libres.

b. Les modes propres sont les modes pour lesquels le résonateur vibre avec une grande amplitude lorsqu'il est en oscillations forcées.

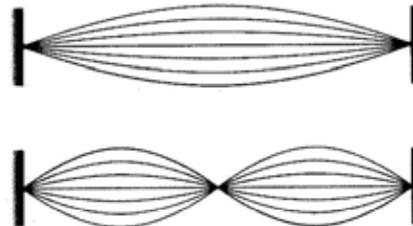
c. On présente, devant l'ouverture de la caisse, un haut-parleur alimenté par un G.B.F. et on émet un son de faible intensité et de fréquence donnée. On recherche alors les fréquences d'excitation pour lesquelles le son émis par la caisse est plus intense : les fréquences obtenues sont les modes propres de la colonne d'air de la caisse.

d. Une colonne ouverte en résonance présente un nœud de vibration au fond et un ventre à l'ouverture lorsqu'elle vibre selon le mode fondamental ; elle présente donc deux nœuds et deux ventres lorsqu'elle vibre selon son 2^e harmonique (un nœud au fond et un ventre à l'ouverture).

10. 1. Le manche maintient les cordes tendues (la longueur de la partie vibrante pouvant être modifiée) ; les cordes sont l'excitateur des oscillations forcées de la caisse (et de l'air qu'elle contient), qui constitue le résonateur-émetteur d'une onde sonore intense.

2. a. La fréquence propre des vibrations distingue les différentes cordes (donc la note émise).

b.



La corde présente un fuseau dans le premier cas, deux fuseaux dans le second. Il doit y avoir un nœud à chaque extrémité de la corde tendue.

3. a. La résonance est le phénomène qui se produit au cours d'oscillations forcées d'un système (résonateur) lorsque l'excitateur vibre à la fréquence égale à la fréquence propre du résonateur ; l'amplitude des oscillations du résonateur est alors maximale.

b. La caisse en bois et l'air qu'elle contient constituent le résonateur.

c. Le système caisse-air doit être fortement amorti pour que la résonance soit floue et puisse se produire pour un large éventail de fréquences d'excitation.

11. 1. a. L'émission sonore est due aux vibrations mécaniques des branches du diapason.

b. La boîte constitue le résonateur. On observe un ventre de vibration à l'extrémité ouverte de la boîte et un nœud de vibration à l'extrémité fermée.

c. On agit sur la tension de la corde.

2. a. Période $T = 8,9 \text{ ms}$ (en prenant les quatre dernières périodes), soit une fréquence $f = \frac{1}{8,9} = 112 \text{ Hz}$.

Remarque : la mesure faite sur l'oscilloscope et transférée à l'ordinateur a donné une fréquence de 111 Hz. La valeur devrait être de 100 Hz.

b. En un seul fuseau, la corde vibre à la fréquence du fondamental.

c. En vibrations forcées, la corde peut vibrer à la fréquence des harmoniques $f' = k \cdot f$ avec k entier.

d. La caisse et l'air qu'elle contient sont le résonateur qui amplifie le son. La rosace permet l'émission de cette vibration sonore.

e. La corde ayant plusieurs modes de vibration, elle se met à vibrer à l'harmonique 2, soit $f = 224$ Hz.

3. a. La fréquence augmente quand la tension croît.

b. La représentation de f^2 en fonction de F_T traduit une évolution linéaire : $f^2 = A^2 \cdot F_T$ soit $f = A \sqrt{F_T}$. Il est possible de

déterminer le coefficient $A = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{170}} = \sqrt{118}$.

4. A. a. La fréquence augmente quand la longueur diminue.

b. Si f est inversement proportionnelle à L , cela se traduit par une relation du type $f = \frac{k}{L}$. On peut aussi écrire que le

produit $f \cdot L = k$ est constant. On peut compléter le tableau :

L(m)	0,652	0,590	0,500	0,420	0,350	0,300
f (Hz)	110	122	143	172	204	239
f.L	71,72	71,98	71,5	72,24	71,4	71,7

On en déduit que $f = \frac{71,7}{L}$.

Position du doigt	non appuyé	B	C	D	non indiquée sur le doc. 1	
	la	si	do	ré	fa	la
Note	la	si	do	ré	fa	la
f (Hz)	110	123,4	130,8	146,3	174,6	220,0
L (mm)	652	585	553	496	420	336
f.L (L en m)	71,77	72,19	72,33	72,56	73,33	73,92

On constate que le produit $f \cdot L$ augmente. Il faut remarquer qu'il s'agit là de longueurs mesurées sur l'instrument.

b. Quand on appuie sur la corde, on tend à l'allonger et sa tension augmente. Prenons le cas du la_2 : on s'attend à trouver une longueur de corde moitié moindre que pour le

la , soit $\frac{652}{2} = 326$ mm.

Le fait d'augmenter la tension augmente la fréquence (voir la réponse 3.a.) : il faut donc compenser en augmentant la longueur de corde afin de diminuer la fréquence.

La longueur adaptée est de 336 mm.