

1

Son pur, son composé

Le son

Le son musical est un phénomène périodique. Il s'agit de la propagation dans un milieu matériel (solide, liquide ou gaz) d'une succession de compressions et de détentes.

Son pur, son composé

L'enregistrement issu d'un son est un signal périodique.

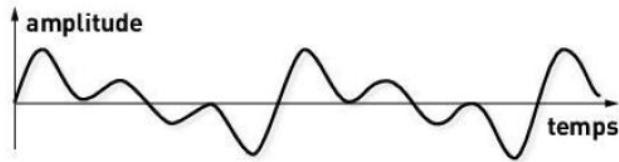
Dans le cas d'un **son pur**, le motif élémentaire est de forme sinusoïdale (Fig. 1).

Dans le cas d'un **son composé**, le motif élémentaire est différent. Il dépend de l'instrument utilisé.

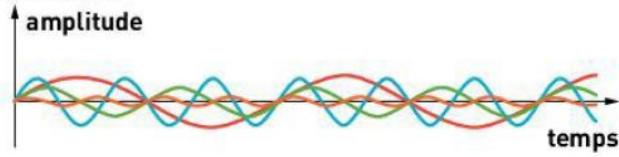
Analyse spectrale

L'analyse spectrale consiste à décomposer un signal périodique en une somme de signaux sinusoïdaux.

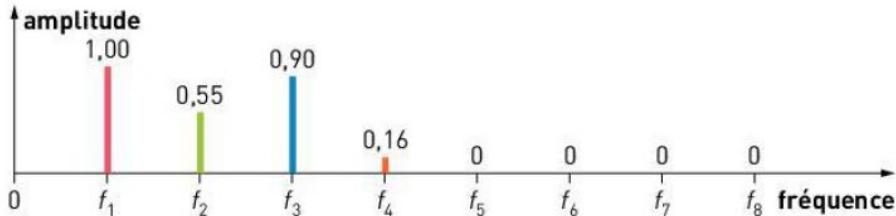
Exemple :



Décomposition du signal :



Spectre en fréquence du signal :



Le spectre d'un son composé présente plusieurs pics (Fig. 2). La fréquence du premier pic est appelée **fréquence fondamentale**. Elle correspond à la hauteur de la note jouée. Il s'agit du nombre de motifs élémentaires qui se répètent en une seconde.

Les autres fréquences qui apparaissent sont appelées **harmoniques** et sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale.

Le spectre d'un son pur ne comporte qu'un seul pic.

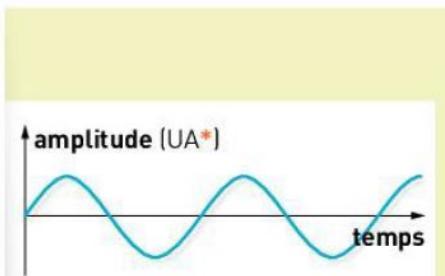


Fig. 1 : Représentation graphique d'une sinusoïde.

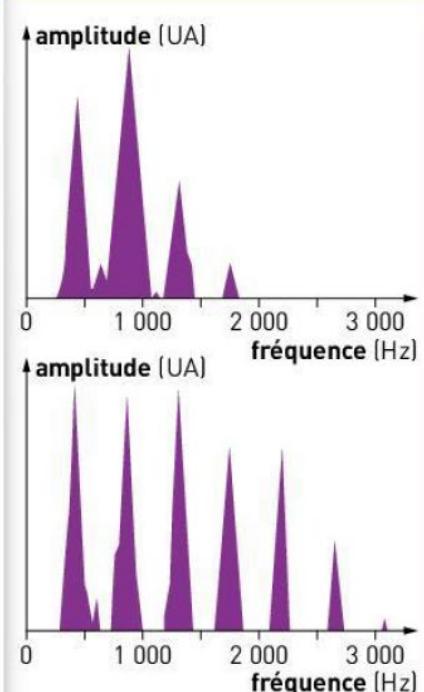
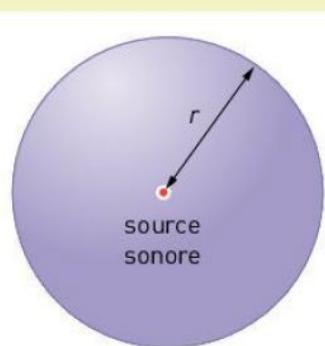


Fig. 2 : Spectres en fréquences de la même note jouée par deux instruments différents.



2

Niveau d'intensité sonore

Intensité sonore

La puissance d'un son produit par une source s'exprime en watt (W). Cela représente l'énergie fournie au phénomène à chaque instant.

Le son se propage dans toutes les directions de l'espace. La puissance donnée à l'onde au départ se répartit donc sur une surface de plus en plus grande (Fig. 3).

Fig. 3 : Dans un milieu homogène, la puissance du son produit par une source ponctuelle se répartit sur une sphère.

L'intensité sonore I est la puissance par unité de surface transportée par l'onde sonore. Elle s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$. Plus on s'éloigne de la source, plus I diminue.

► Niveau d'intensité sonore

Les valeurs des intensités sonores s'étalent sur une grande échelle d'ordres de grandeur. Le **niveau d'intensité sonore** L permet d'utiliser une échelle plus petite et plus proche des sensations auditives.

$$\text{niveau d'intensité sonore (en dB)} \longrightarrow L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \begin{array}{l} \text{intensité sonore (en } \text{W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} \\ \text{intensité sonore du seuil d'audibilité : } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{array}$$

Le seuil d'audibilité correspond, pour une fréquence sonore donnée, à la plus petite intensité sonore perçue par une oreille humaine. Pour une fréquence de 1 000 Hz, ce seuil est de $1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, ce qui correspond à un niveau d'intensité sonore de 0 dB.

Repère

« $\log x$ » est une fonction mathématique qui correspond à la réciproque de la fonction 10^x .

Toutes les calculatrices scientifiques possèdent une touche qui permet de la calculer.

3 Les notes produites par les instruments

► La vibration d'une corde

Lorsque l'on pince la corde d'une guitare ou que l'on frappe la corde d'un piano, elle se met à vibrer. Cette vibration engendre un son composé.

La fréquence du son composé produit par une corde dépend de plusieurs paramètres :

- la longueur de la corde : plus elle est importante, plus le son est grave ;
- la tension de la corde : plus elle est intense, plus le son est aigu ;
- la masse linéique (masse d'un mètre de corde) : plus elle est grande, plus le son est grave.

La vibration de la corde peut se décomposer en une somme de vibrations plus simples appelées modes de vibration. Les fréquences de ces modes correspondent aux harmoniques du signal sonore. Le premier mode vibre à la fréquence fondamentale.

► Cas des instruments à vent

Un phénomène analogue est observé dans les instruments à vent.

Dans un instrument à vent, le son est produit par la vibration de l'air dans un tuyau.

Pour visualiser



Harmoniques sur une corde de guitare

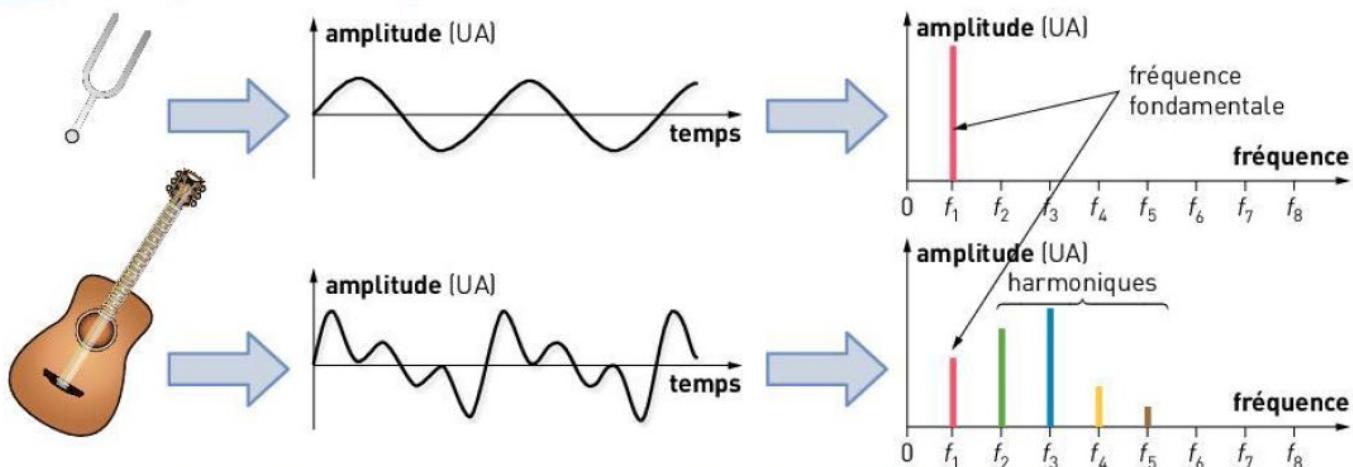
Une vidéo pour comprendre la décomposition du son d'une corde vibrante en harmoniques et le lien entre la hauteur du son et la longueur de la corde.

Le vocabulaire à retenir

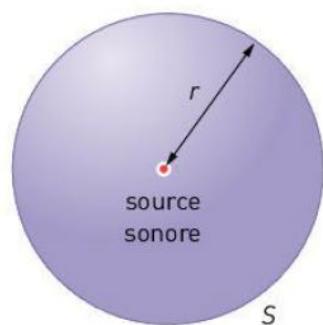
- **Fréquence fondamentale** : fréquence définissant la hauteur d'un son. C'est le nombre de motifs élémentaires présents dans le signal en une seconde.
- **Harmoniques** : fréquences obtenues par décomposition d'un son composé joué par un instrument de musique. Elles représentent des fonctions sinusoïdales de fréquences multiples de la fréquence fondamentale. Il peut y avoir des harmoniques d'amplitude nulle.

- **Intensité sonore** : puissance sonore par unité de surface en un point de l'espace.
- **Niveau d'intensité sonore** : se calcule à partir de l'intensité sonore et produit une échelle plus proche des sensations auditives.
- **Son pur** : son constitué d'une seule harmonique. Le motif élémentaire est donc de forme sinusoïdale.
- **Son composé** : son constitué de plusieurs harmoniques.

1 Son pur, son composé



2 Niveau d'intensité sonore



$$I = \frac{P}{S}$$

intensité sonore ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

puissance sonore délivrée par la source (W)

surface de la sphère (W)

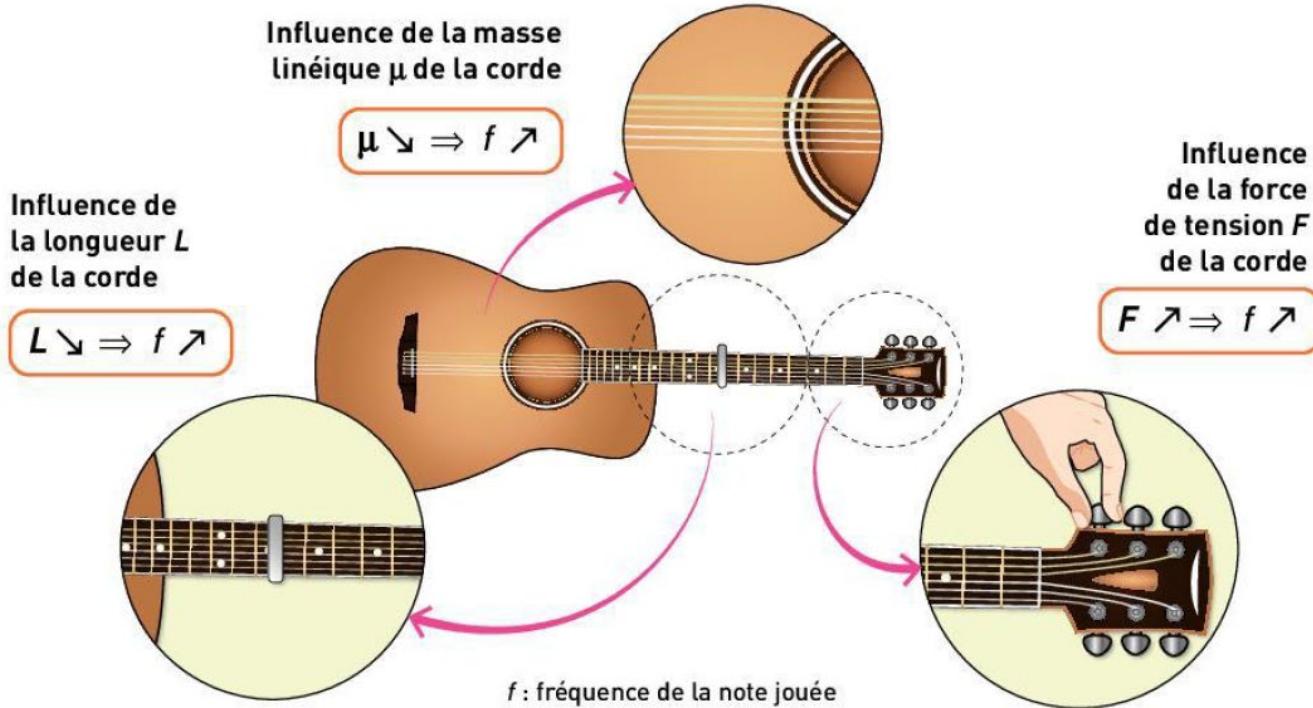
$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

niveau sonore (dB)

intensité sonore ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

intensité sonore du seuil d'audibilité : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

3 Les notes produites par les instruments



Exercices

2 Questions à choix multiple

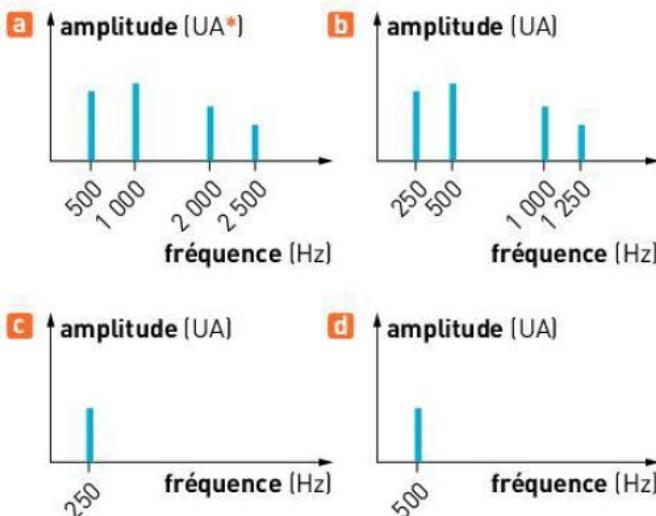
Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses.

	1	2	3
A - Le motif élémentaire d'un son pur est :	non périodique.	de forme sinusoïdale.	la somme de sinusoïdes.
B - Le spectre d'un son pur :	ne comporte qu'un seul pic.	est une représentation de l'amplitude en fonction du temps.	comporte plusieurs pics.
C - L'intensité sonore :	s'exprime en dB.	s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.	rend compte des sensations auditives humaines.
D - Le niveau d'intensité sonore :	s'exprime en dB.	s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.	rend compte des sensations auditives humaines.
E - La fréquence fondamentale d'une corde vibrante :	augmente avec sa longueur.	diminue avec sa longueur.	ne dépend pas de sa longueur.
F - Dans un instrument à vent :	il n'y a qu'une seule harmonique pour chaque son.	la fréquence de l'onde dépend de la longueur de la colonne d'air.	l'onde traverse le tube et la vibration se crée à l'extérieur de l'instrument.
G - Lorsqu'on augmente la puissance de la source sonore :	l'intensité sonore augmente de façon plus importante que le niveau d'intensité sonore.	l'intensité sonore augmente de façon équivalente au niveau d'intensité sonore.	l'intensité sonore augmente de façon moins importante que le niveau d'intensité sonore.

3 Identifier des spectres

Une guitare joue une note de fréquence 500 Hz.

Parmi les spectres en fréquence proposés, quel est celui qui correspond à la note jouée ?



4 Calculer un niveau d'intensité sonore

Un appareil de mesure relève une intensité sonore de $3,2 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ pour un écouteur de smartphone.

$$\text{Donnée : } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

1. Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant (en dB).
2. La puissance fournie est maintenant divisée par deux. Le niveau d'intensité sonore est-il divisé par deux également ? Justifier.

5 Prévoir l'influence des caractéristiques d'une corde

Un élève s'est fabriqué son propre instrument à cordes. Cependant, l'une de ses cordes est un peu plus épaisse que ce qu'il avait prévu.

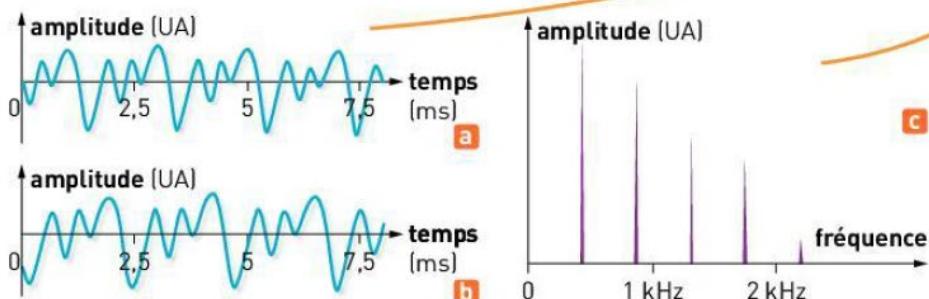
1. Quelle sera la conséquence au niveau du son produit par cette corde ?
2. Comment compensera-t-il ce problème lorsqu'il installera cette corde sur son instrument ?

6

Vérification d'un accordage

Un élève dispose de deux violons. En frottant la même corde sur chacun des instruments, la note produite est différente. Il en déduit qu'au moins l'un des deux n'est pas accordé. Afin de vérifier cela, il décide d'enregistrer les sons des violons (a et b). Il dispose, sur son ordinateur, du spectre en fréquence d'une guitare accordée jouant la note en question (c).

1. Donner la relation entre fréquence et période d'un signal périodique.
2. Déterminer lequel des deux violons est accordé.
3. Déterminer l'allure du spectre en fréquence du signal sonore produit par le violon.



les clés de l'énoncé

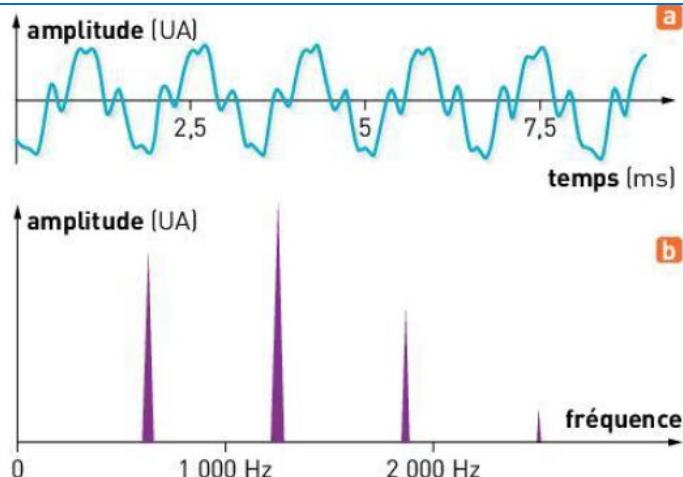
- Les enregistrements des signaux sonores permettent d'observer plusieurs périodes, ce qui permet une plus grande précision dans la mesure d'une période.
- Il existe une relation entre les fréquences des harmoniques permettant de déterminer plus précisément celle du fondamental.

7

Fabrication d'une flûte de pan

Aurélien veut fabriquer une flûte de pan. Lors de la fabrication de l'un des tubes, il enregistre le signal émis lorsqu'il souffle dans le tube (a) et le compare au spectre du même son émis par un piano (b).

1. Donner la relation entre la fréquence et la période d'un signal sonore.
2. Déterminer si le tube d'Aurélien est bien accordé à la note voulue.
3. Déterminer si le spectre en fréquence du signal sonore émis par celui-ci sera identique ou pas à celui du piano.



9

Niveaux sonores

Un saxophoniste joue une note avec un niveau d'intensité sonore de 78,0 dB. Le guitariste joue la même note avec un niveau d'intensité sonore de 80,0 dB.

Indiquer la bonne réponse parmi les propositions suivantes.

Lorsque les deux musiciens jouent ensemble, le niveau d'intensité sonore est de :

- a. 80,0 dB car c'est la guitare qui joue le plus fort ;
- b. 79,0 dB car on doit faire la moyenne des deux ;
- c. 82,1 dB car le niveau sonore augmente un peu lorsque les deux instruments jouent ensemble ;
- d. 158 dB car on doit faire la somme des deux niveaux d'intensité sonore pour obtenir le niveau d'intensité sonore total.



10 Son pur ou son composé ?

Des signaux sonores sont enregistrés. Leurs représentations graphiques sont données ci-dessous (**a** et **b**). 1 cm correspond à 2 ms.

Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. Déterminer la période puis la fréquence de chacun des signaux.

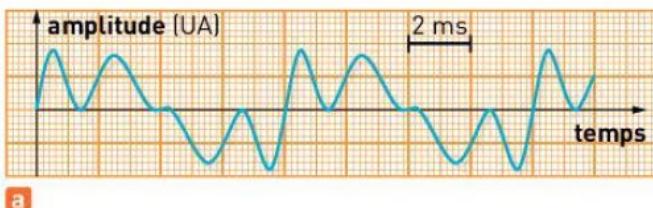
2. S'agit-il de sons purs ou de sons composés ? Justifier.

3. a. L'un des deux sons est joué par un violon. Lequel ? Justifier.

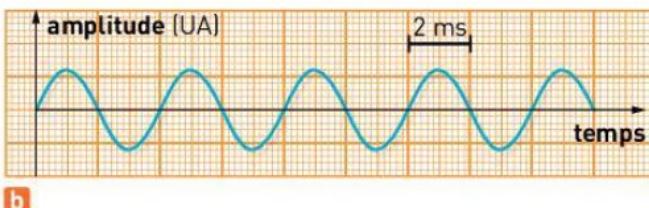
b. Si une guitare jouait la même note que le violon, quels seraient les points communs et les différences entre les deux signaux ?

4. On donne 4 spectres différents (**c** à **f**). L'échelle sur le papier millimétré est la même pour les quatre spectres. Retrouver ceux qui correspondent aux signaux sonores représentés en **a** et **b**. Justifier.

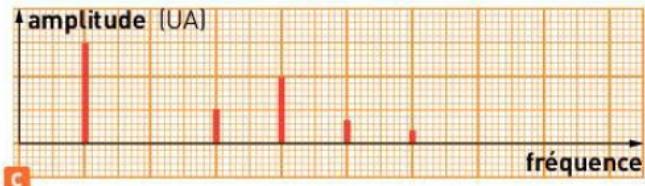
5. L'intensité sonore du signal **b** est de $4,5 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant.



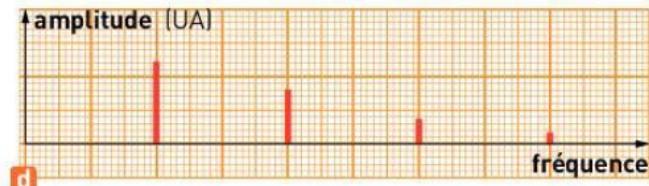
a



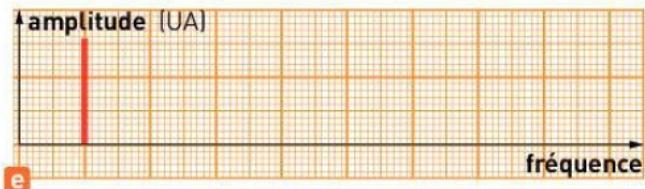
b



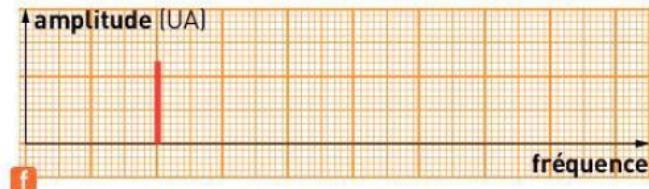
c



d



e



f