

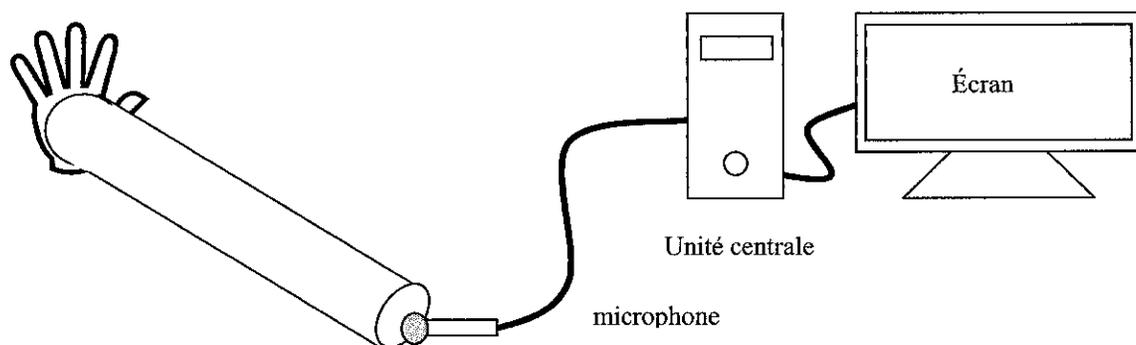
### EXERCICE 3 : Bon ou mauvais tuyau ? ( 4 points )

Le plomb est un métal mou, malléable, peu oxydable, et utilisé très tôt pour de nombreuses applications, telles que les conduites d'eau.

On connaît à présent sa toxicité et tout particulièrement son effet inhibiteur de certaines enzymes qui provoque des troubles cérébraux chez les jeunes enfants.

L'eau de boisson dans les habitations vétustes où la tuyauterie est en plomb implique un niveau d'exposition dangereux.

- 3.1 Nommer un autre métal très toxique, autrefois utilisé dans les thermomètres et interdit désormais à la vente.
- 3.2 Si le tuyau est placé à proximité d'une conduite mal isolée de chauffage central, une forte augmentation des teneurs en plomb peut être observée. Quel facteur influant sur la solubilité d'une espèce chimique est ici mis en évidence ?
- 3.3 Le propriétaire d'une maison ancienne a décidé de remplacer les tuyaux en plomb de son installation par des tuyaux en PVC. Il ne résiste pas néanmoins au plaisir de faire quelques expériences d'acoustique avec quatre tuyaux en plomb cylindriques de même diamètre et de longueurs différentes. A l'aide de la carte son d'un ordinateur et d'un microphone, il enregistre le son émis par chacun d'eux lorsqu'il tape avec la main à l'une des extrémités du tuyau, l'autre extrémité étant ouverte.



Parmi les propositions suivantes, cocher celles qui sont exactes ?

- Dans l'expérience menée, la colonne d'air :
  - A) vibre librement.
  - B) est soumise à une excitation forcée.
- Au cours de cette expérience :
  - C) différents modes propres sont excités simultanément.
  - D) seul le mode fondamental est excité.
- L'onde sonore se propageant dans l'air est :
  - E) transversale.
  - F) longitudinale.
- Pour chacun des quatre tuyaux, la hauteur de la note est :
  - G) différente.
  - H) identique.

**3.4** Le propriétaire poursuit ses investigations en utilisant cette fois quatre tuyaux en P.V.C, de diamètre identique mais de longueurs différentes. Il renouvelle l'expérience menée à la question 3.3.

A partir des oscillogrammes et des spectres du document « résultats expérimentaux » (pages 9/12, 10/12, 11/12) indiquer en justifiant, la hauteur des notes émises par les tuyaux 1, 2, 3 et 4.

Reporter vos réponses dans le tableau : **annexe n° 3 à rendre avec votre copie.**

**3.5** Le propriétaire se propose alors de retrouver la célérité  $v$  des ondes sonores à la température et à la pression de son habitation ; il se souvient d'un résultat remarquable :

Pour **le premier harmonique** repéré dans le spectre après le fondamental, la longueur d'onde  $\lambda$  est liée à la longueur  $L$  du tuyau par la relation :  $\lambda = \frac{4}{3} \cdot L$

**3.5.1** Rappeler la relation liant  $v$ ,  $\lambda$  et  $F$  où  $F$  est la fréquence du premier harmonique.

**3.5.2** A partir de l'étude du spectre du tuyau 3 (document « résultats expérimentaux »), donner la relation liant la fréquence  $F$  du premier harmonique à celle  $F_0$  du fondamental.

**3.5.3** Sachant que cette dernière relation est vérifiée pour chaque tube, en déduire la relation liant  $L$  et  $F_0$ .

Représenter  $L$  en fonction de  $\frac{1}{F_0}$  **sur une feuille de papier millimétré, à rendre avec votre copie.**

**Choix des échelles :**

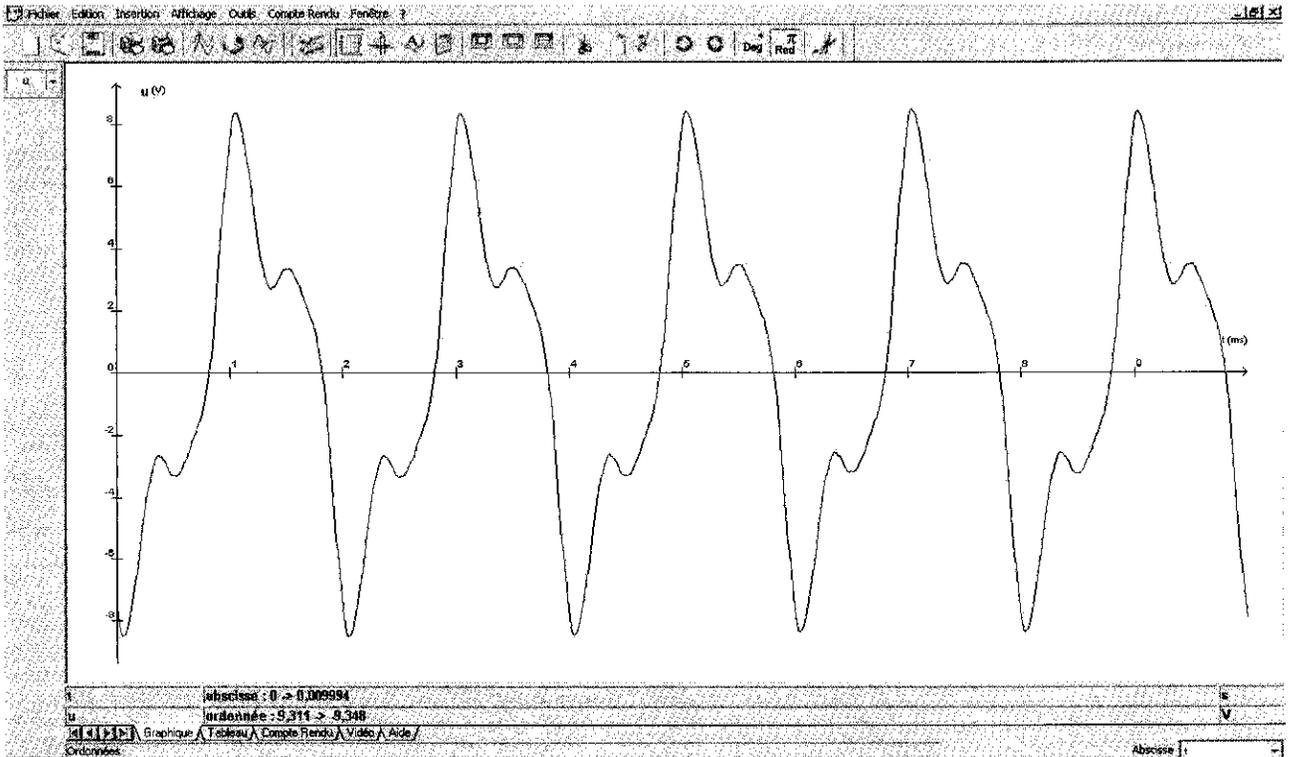
Echelle des abscisses : 1cm représente  $1,0 \cdot 10^{-3}$  s

Echelle des ordonnées : 1cm représente 0,10 m

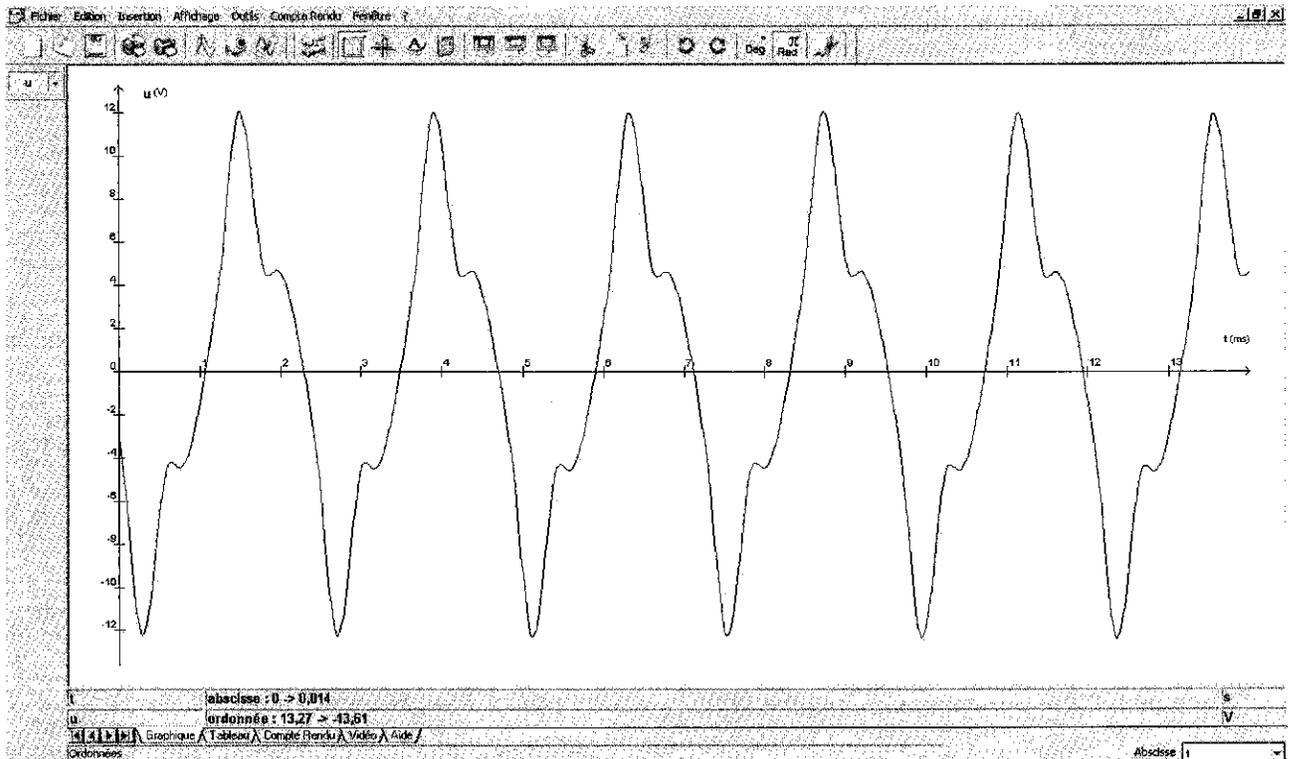
**3.5.4** Exploiter le graphique obtenu pour déterminer la valeur numérique de la célérité  $v$  des ondes sonores à la température et la pression de son habitation.

Justifier la méthode utilisée.

**DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3**

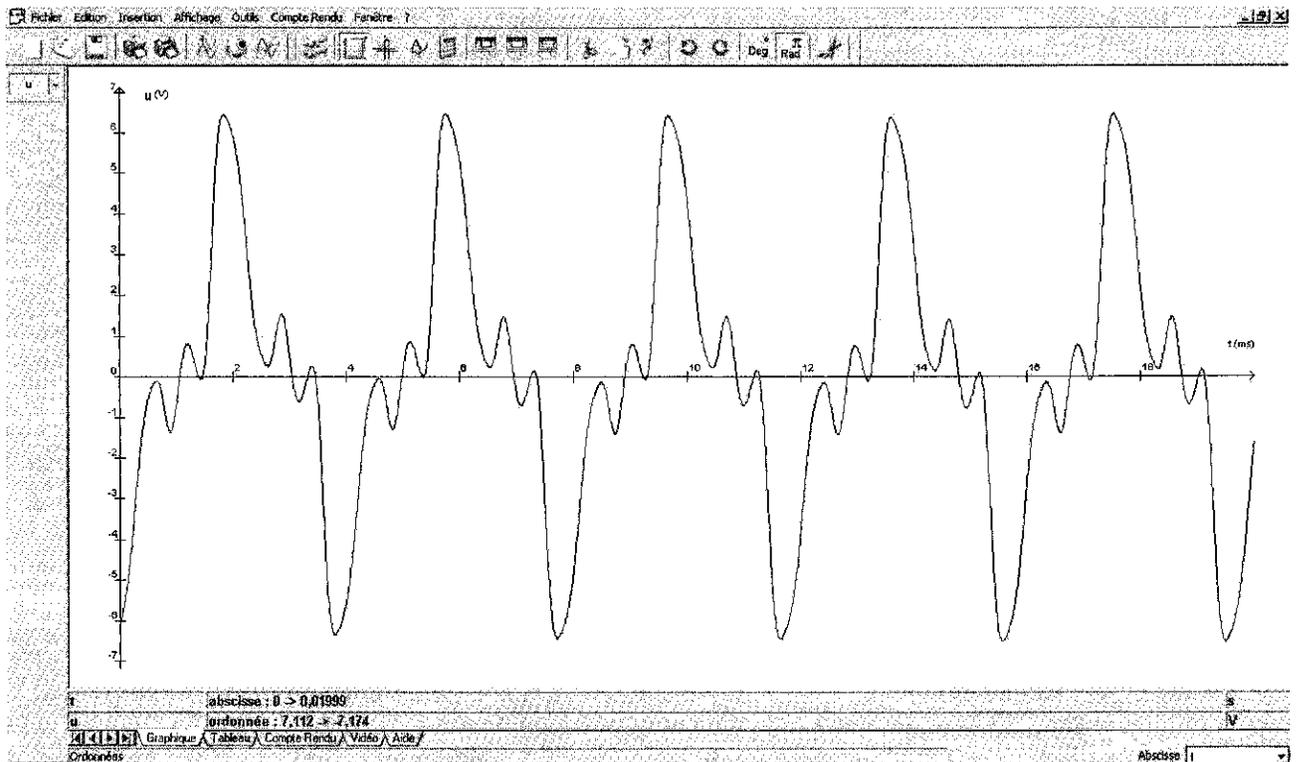


**TUYAU 1** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 1 ms)

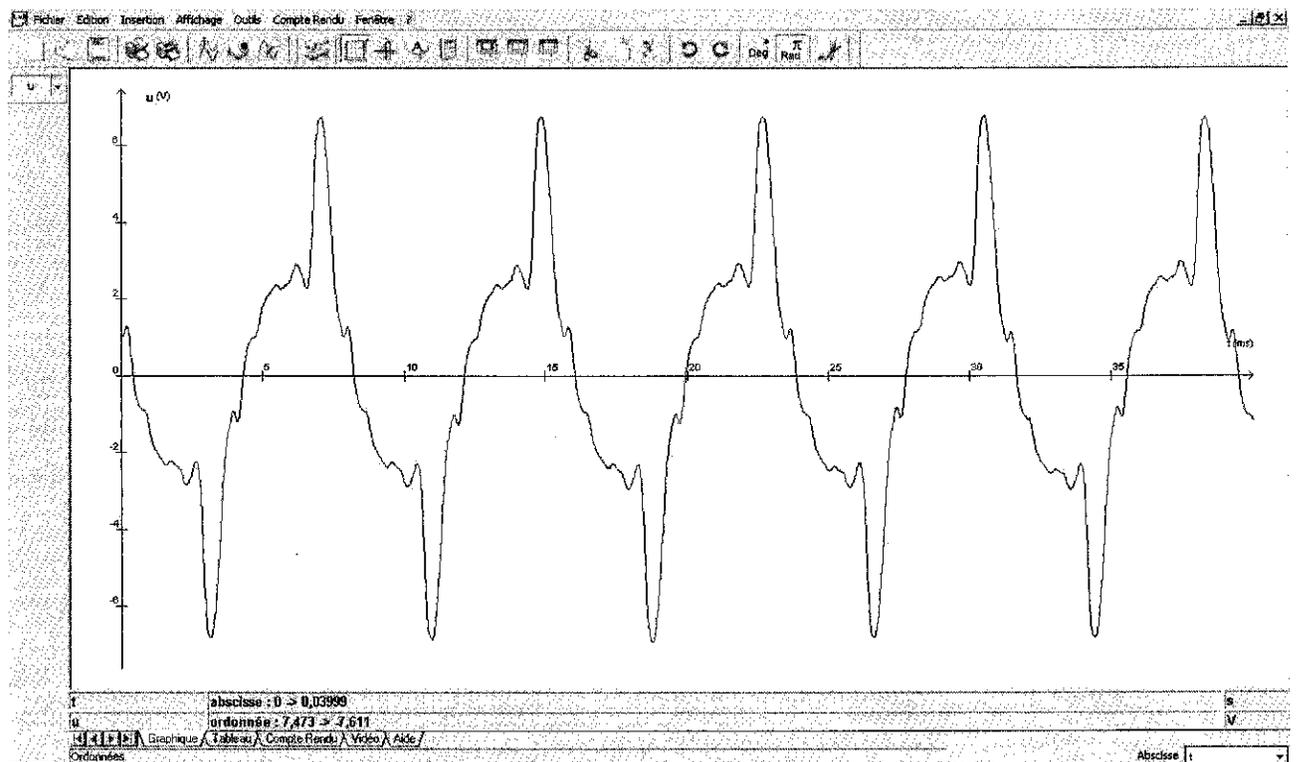


**TUYAU 2** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 1 ms)

## DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3

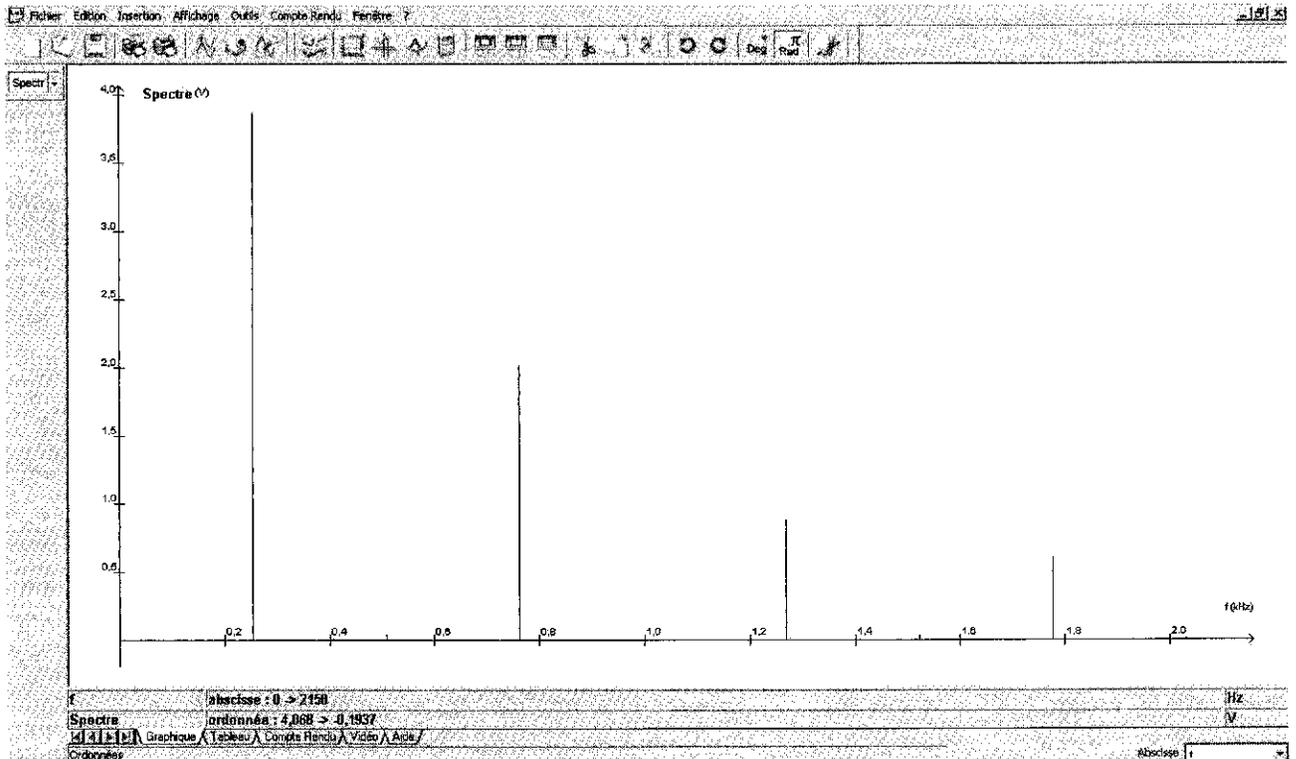


**TUYAU 3** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 2 ms)

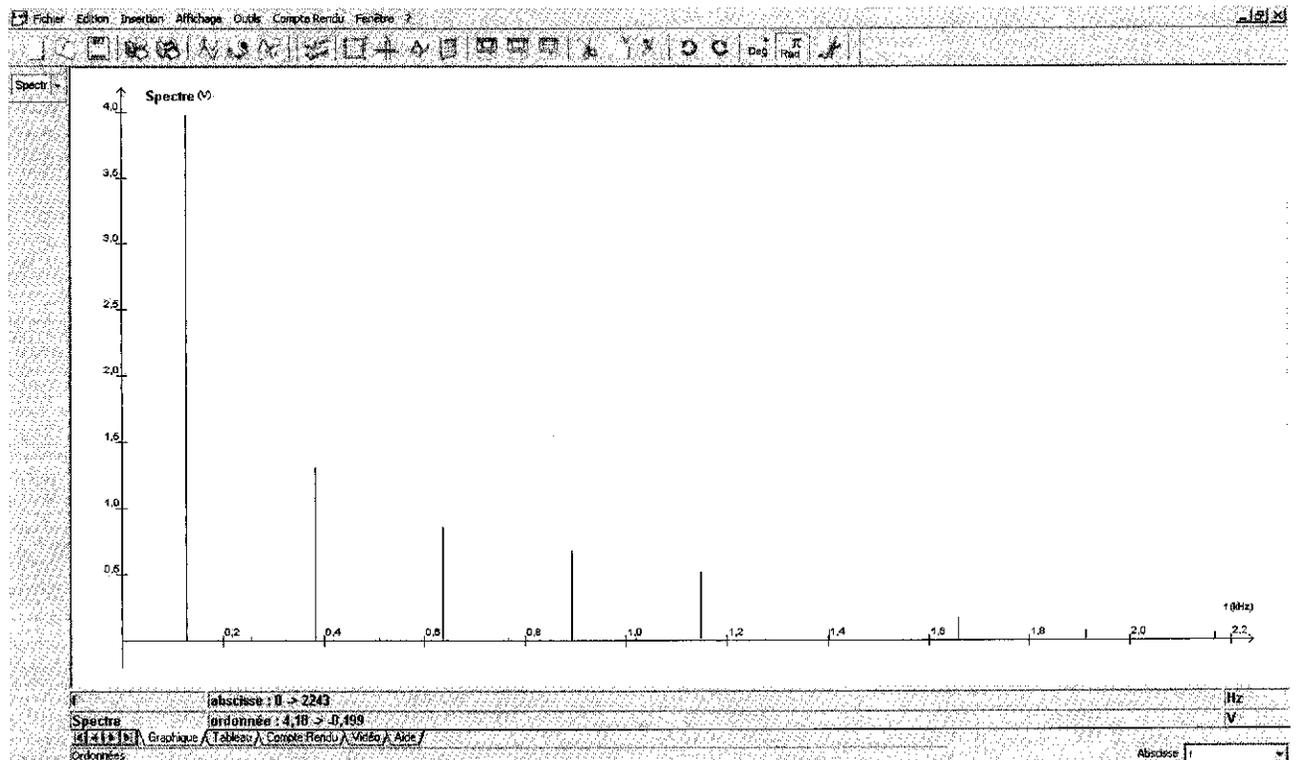


**TUYAU 4** oscillogramme (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 5 ms)

## DOCUMENT : Résultats expérimentaux – Exercice 3



**TUYAU 3** spectre (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 0,2 kHz)



**TUYAU 4** spectre (les graduations portées sur l'axe des abscisses sont séparées par 0,2 kHz)

## Document réponse à rendre avec votre copie

### EXERCICE 3 : Bon ou mauvais tuyau ?

#### Annexe n° 3 : Question 3.4

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
L (cm)	16,6	22,1	33,2	66,4
$T_0 = \frac{1}{F_0}$ (s)				
$F_0$ (Hz)				

### EXERCICE III. AUTOUR DE L'OREILLE (4 points)

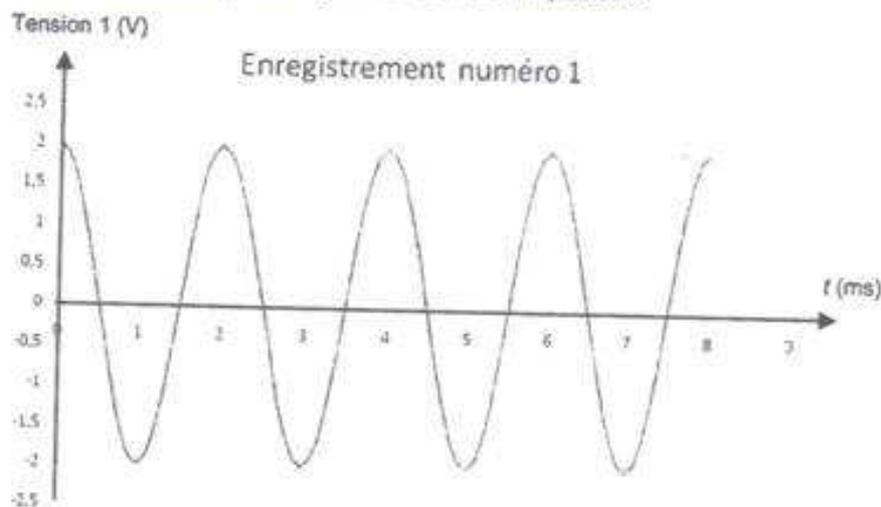
On se propose dans cet exercice de travailler sur le détecteur sonore que constitue l'oreille chez l'être humain. L'objectif étant de comprendre ses principales caractéristiques à travers des exemples simples.

#### 1. Quelques caractéristiques du son

L'oreille sert à détecter les sons. Pour le musicien, le son possède 4 qualités ou paramètres que sont la hauteur, l'intensité, le timbre et la durée. Dans toute la suite de l'exercice, on ne s'intéressera qu'aux trois premiers paramètres à savoir la hauteur, l'intensité et le timbre d'un son.

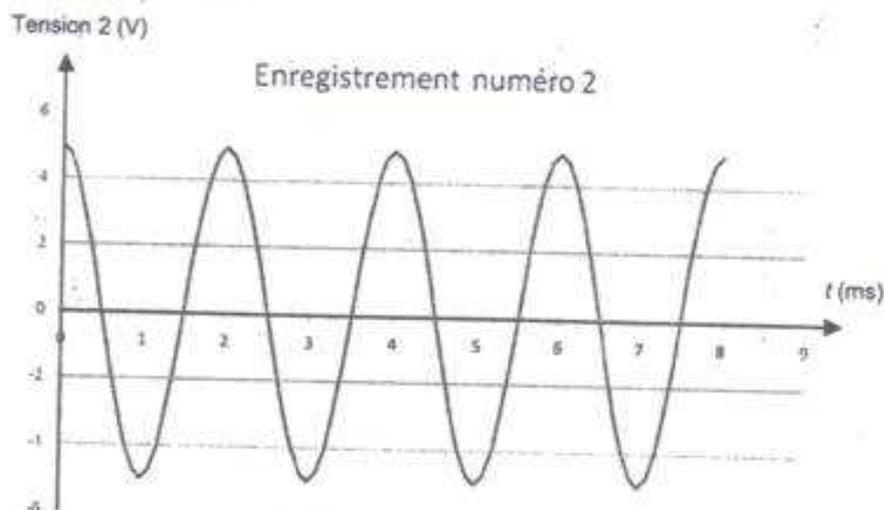
1.1. Donner la définition de la hauteur d'un son.

Le document qui suit présente l'enregistrement, à l'aide d'un logiciel d'acquisition adapté, du son produit par un haut-parleur alimenté par un générateur de fréquences.



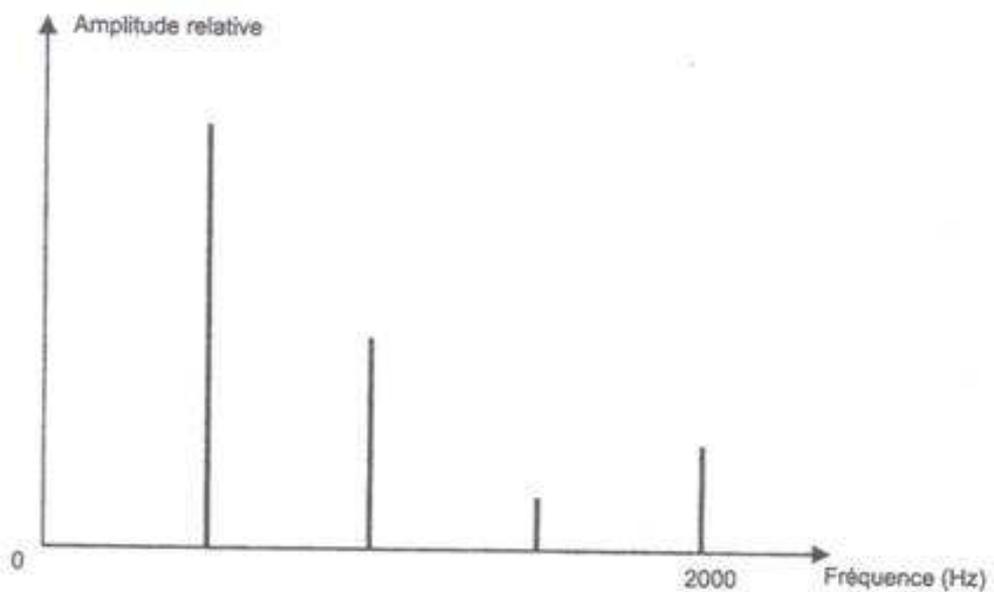
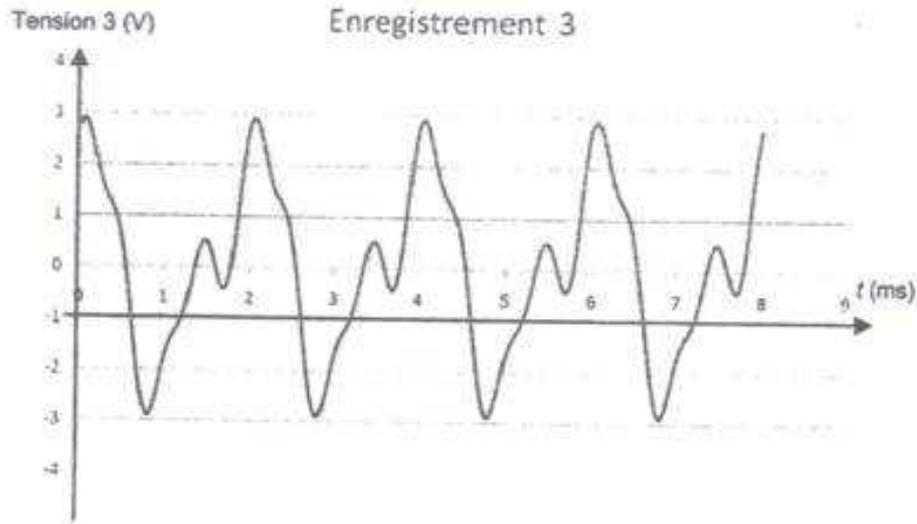
1.2. Déterminer la hauteur du son enregistré.

On effectue un autre enregistrement du son émis par le haut-parleur en modifiant un réglage au niveau du générateur de fréquences :



1.3. Quelle modification a effectué l'expérimentateur pour obtenir ce nouvel enregistrement. Quel paramètre du son, parmi les trois proposés par l'énoncé, a varié dans ce nouvel enregistrement ? Justifier votre réponse.

Le document suivant présente l'enregistrement du son produit par un synthétiseur et son analyse spectrale :



- 1.4. En utilisant cette analyse spectrale et en justifiant la démarche, montrer que la valeur de la hauteur du son émis lors de cet enregistrement est identique à celle des enregistrements 1 et 2.
- 1.5. Quelle différence présente le son de l'enregistrement 3 par rapport aux enregistrements 1 et 2 ? Quel paramètre du son est ainsi mis en évidence ? Justifier votre réponse.

## 2. Le détecteur oreille

### Intensité sonore et niveau sonore

On s'intéresse maintenant aux caractéristiques de l'oreille quant à ses capacités à discerner la hauteur de deux sons, ainsi que la différence de niveau sonore entre deux sons.

On rappelle que l'intensité d'un son noté  $I$  est caractérisée par son niveau sonore noté  $L$ . La relation qui relie ces deux paramètres est la suivante :

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

où  $I_0$  est une intensité de référence à savoir l'intensité minimale que peut détecter une oreille humaine normale. On donne :  $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ . Le niveau sonore  $L$  d'un son est donc en quelque sorte une comparaison par rapport à la référence  $I_0$ .

On considère un son dont le niveau sonore  $L = 50 \text{ dB}$ .

2.1. Montrer en utilisant la définition du niveau sonore que l'intensité  $I$  du son correspondant vaut  $I = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ W.m}^{-2}$ .

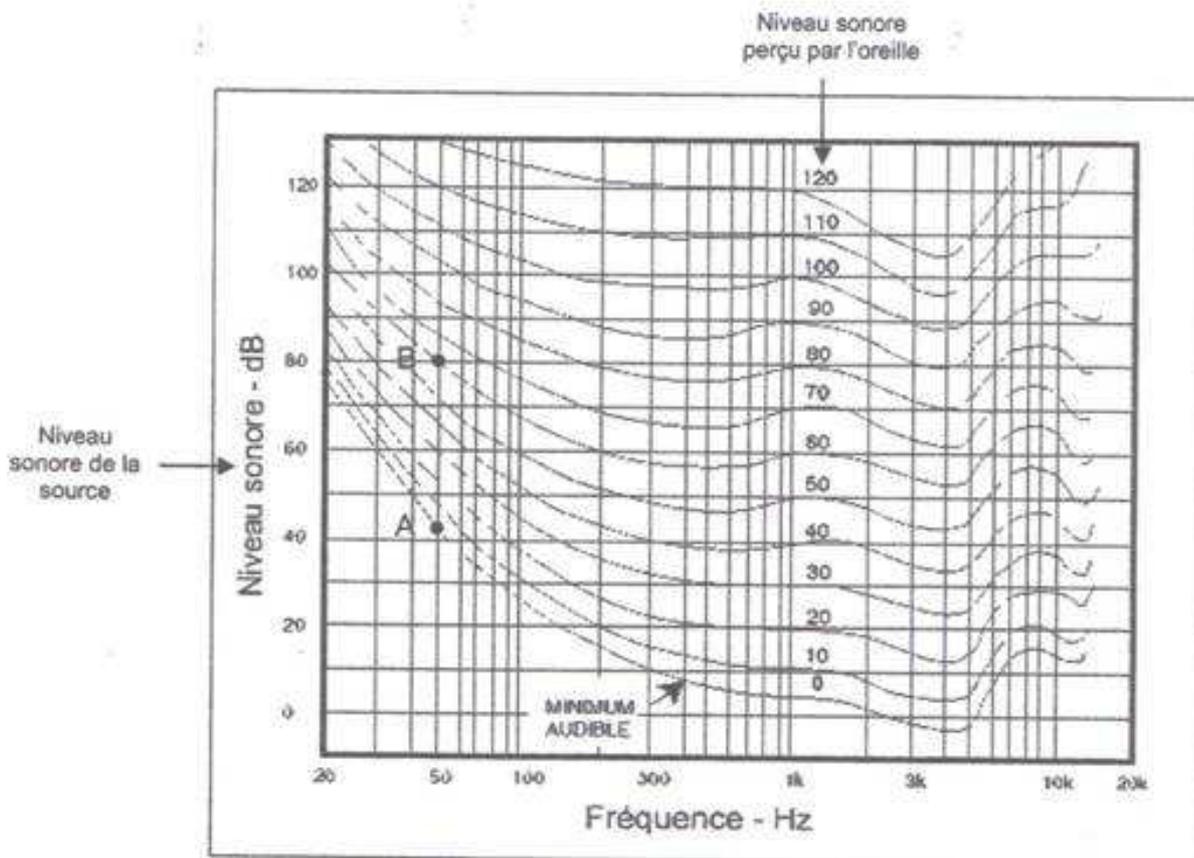
### Superposition de sources sonores

On considère maintenant une source sonore d'intensité sonore  $I_1$  et de niveau sonore  $L_1$ . Si l'on considère maintenant la superposition de deux sources sonores identiques à la précédente, il en résulte une intensité sonore  $I_2$  double de la précédente soit  $I_2 = 2I_1$ . On note  $L_2$  le niveau sonore résultant de la superposition de ces deux sources sonores identiques.

2.2. En utilisant la définition du niveau sonore, montrer que la relation entre les deux niveaux sonores  $L_1$  et  $L_2$  est :  $L_2 = L_1 + 3 \text{ dB}$

### 2.3. La sensibilité de l'oreille

La sensibilité de l'oreille, c'est-à-dire sa capacité à entendre, ne sera pas la même selon la hauteur du son parvenant à l'oreille de l'auditeur. D'autre part, un son émis par une source avec un certain niveau sonore ne sera pas perçu par l'oreille avec ce même niveau sonore. Ces différentes caractéristiques sont résumées dans le diagramme suivant appelé diagramme de Fletcher et Munson.



Ce diagramme montre des courbes d'isotonie (même niveau sonore perçu par l'oreille) en fonction de la hauteur du son. La courbe de niveau 0, nommée sur ce graphe « MINIMUM AUDIBLE », indique le niveau sonore minimal que doit posséder un son pour que celui-ci puisse être audible.

Si l'on considère par exemple un son de hauteur 50 Hz, l'oreille ne pourra le détecter que si son niveau sonore vaut environ 42 dB. (point A sur le diagramme)

De même, un son de niveau sonore 80 dB et de hauteur 50 Hz ne sera perçu au niveau de l'oreille qu'avec un niveau sonore de 60 dB. (point B sur le diagramme)

2.3.1. En analysant le diagramme de Fletcher et Munson, on constate à la lecture de l'axe des abscisses, que le domaine des fréquences audibles par l'oreille humaine se situe environ entre 20 Hz et 20 kHz. Où se situent ce qu'on appelle couramment les sons aigus ? Même question concernant les sons graves ?

2.3.2. Sur le diagramme joint en annexe 2 page 13 à rendre avec la copie, placer le point sur la courbe de niveau 0, qui permette de justifier que la sensibilité maximale de l'oreille se situe autour de 4000 Hz.

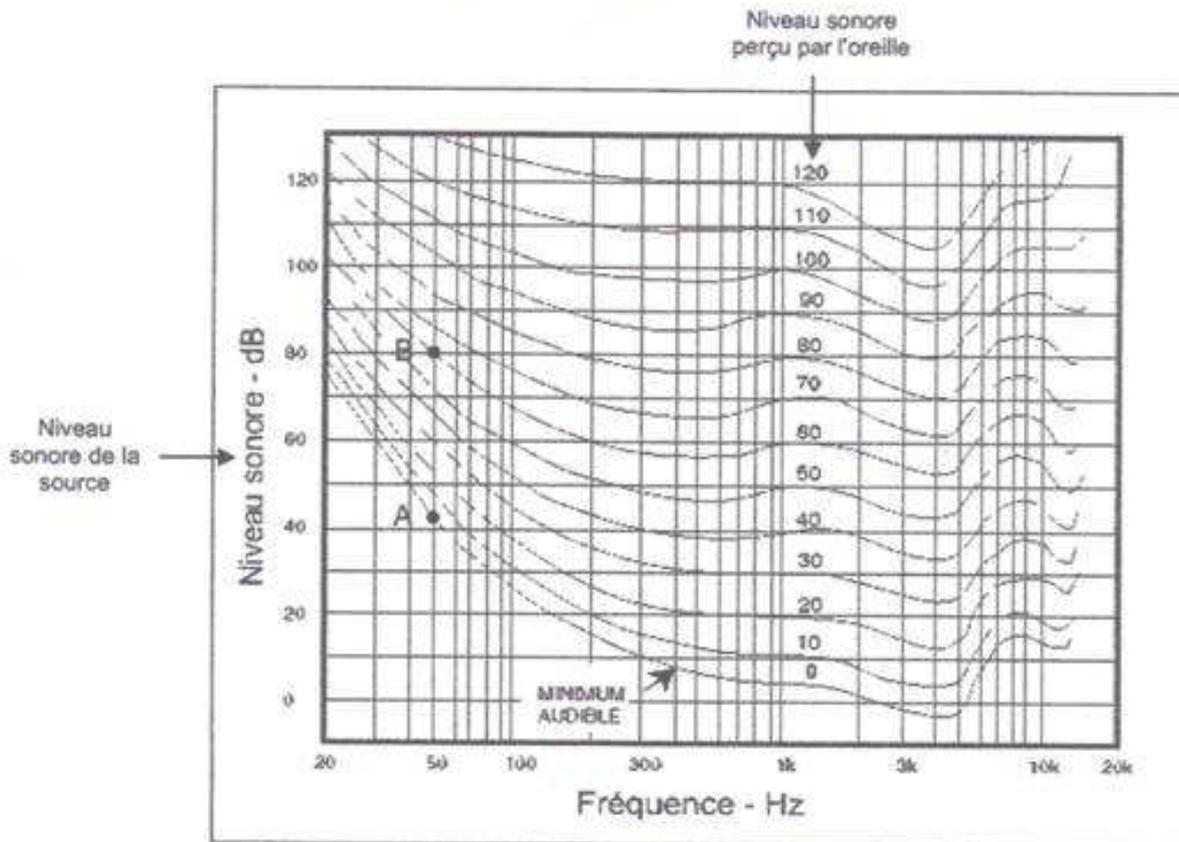
On considère deux sons de même niveau sonore 60 dB. L'un de fréquence 50 Hz et l'autre de fréquence 100 Hz.

2.3.3. En utilisant le diagramme de Fletcher et Munson, déterminer avec quel niveau sonore sera perçu chacun de ces sons par l'oreille. On montrera par un tracé sur le diagramme de Fletcher et Munson **joint en annexe 2 page 13**, les points représentatifs de ces deux sons.

2.3.4. Parmi ces deux sons, lequel sera perçu avec le plus d'intensité par l'oreille ?

Question 2.3.2. et 2.3.3.

Diagramme de *Fletcher et Munson*



### EXERCICE III. À PROPOS DU SON (4 points)

Cet exercice comporte 14 AFFIRMATIONS indépendantes concernant le son.

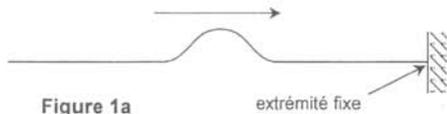
Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, répondre par VRAI ou FAUX, en justifiant le choix à l'aide de définitions, de schémas, de calculs...

SI L’AFFIRMATION EST FAUSSE, DONNER LA RÉPONSE JUSTE.

Les réponses fausses ne sont pas pénalisées par un retrait de point.

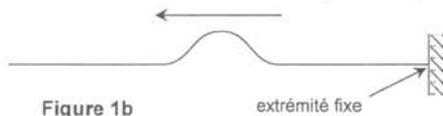
#### PARTIE A :

Une onde transversale se propage le long d'une corde dont l'extrémité est fixe (figure 1a).



#### AFFIRMATION 1

Après réflexion sur l'extrémité fixe de la corde, l'onde repart comme l'indique la figure 1b.



#### PARTIE B :

Une corde métallique est tendue entre deux points fixes A et B distants de  $AB = D = 40 \text{ cm}$  (figure 2).

On réalise une excitation sinusoïdale de la corde à l'aide d'un aimant et d'un GBF dont la fréquence est réglée sur 220 Hz.

On rappelle que la célérité d'une onde se propageant le long d'une corde tendue est donnée par la relation :  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$  dans le cas présent,  $\mu$  étant la masse linéique de la corde.

#### AFFIRMATION 2

Dans les conditions de l'expérience décrite sur la figure 2, le son émit par la corde est audible à grande distance.

#### AFFIRMATION 3

Le mode de vibration observé sur la figure 2 est le mode fondamental.

#### AFFIRMATION 4

Le point A est un ventre de vibration.

#### AFFIRMATION 5

Si on diminue la longueur de la corde en remontant le plateau percé B, on observe un seul fuseau d'amplitude plus grande.

#### AFFIRMATION 6

L'onde stationnaire observée sur la figure 2 a une longueur d'onde  $\lambda = 80 \text{ cm}$ .

#### AFFIRMATION 7

Sans changer la masse m, on peut observer deux fuseaux en réglant la fréquence du GBF sur 110 Hz.

#### AFFIRMATION 8

En réglant à nouveau la fréquence du générateur sur 220 Hz, on peut observer deux fuseaux en remplaçant la masse m par une masse  $m' = m/4$ .

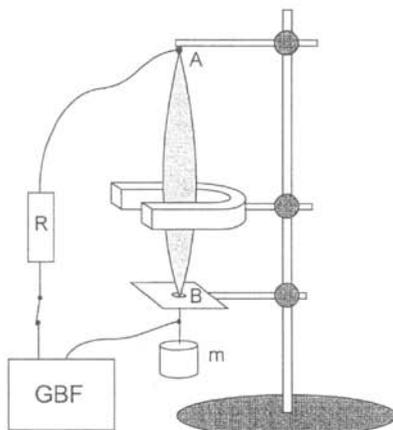


Figure 2

Le niveau sonore  $L$  est lié à l'intensité sonore  $I$  par la relation  $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$  dans laquelle  $I_0$  est une intensité sonore de référence ( $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

AFFIRMATION 9

À une intensité sonore  $I = 1,0 \times 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  correspond un niveau sonore  $L = 60 \text{ dBA}$ .

AFFIRMATION 10

Quand l'intensité sonore est doublée, le niveau sonore augmente de 3 dBA.

PARTIE C :

À l'aide d'un microphone et d'un dispositif d'acquisition de données relié à un ordinateur, on réalise les enregistrements de notes jouées par divers instruments puis on réalise les spectres de fréquences. Certains de ces enregistrements sont reproduits ci-dessous.

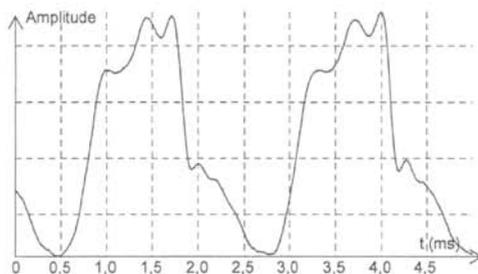


Figure 3

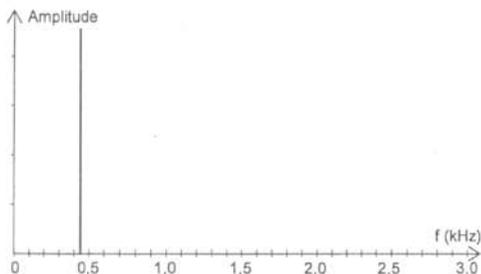


Figure 4

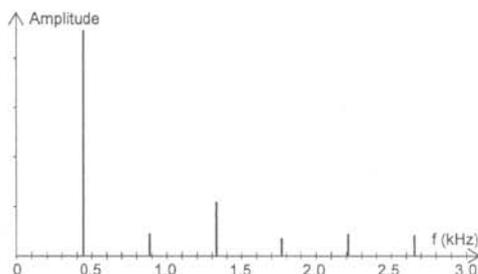


Figure 5

AFFIRMATION 11

Le son enregistré sur la figure 3 a pour fréquence du fondamental  $f = 4,4 \times 10^2 \text{ Hz}$ .

AFFIRMATION 12

Le spectre de la figure 4 correspond à l'enregistrement de la figure 3.

AFFIRMATION 13

Les spectres des figures 4 et 5 correspondent à des notes de même hauteur.

AFFIRMATION 14

Les spectres des figures 4 et 5 correspondent à des notes jouées par le même instrument.