

EXERCICES T3C1 – 2nd

Exercice n°1 : compléter le texte

En choisissant dans la liste ci-dessous, complétez le texte en ajoutant les mots qui conviennent :
caisse/résonance/purs/complexes/perturbation/harmoniques/fondamental/basse/élevée/220 Hz/330 Hz/440 Hz/550 Hz/660 Hz/40 kHz/20 kHz/20 Hz/audible/durée/inaudible/longueur d'onde/ouverte/fermée/hauteur/timbre/vide/eau/sol/vitesse/basse/élevée/période/fréquence/amplification/rapport/diminue/augmente/sinusoidale/progressive/périodique/dB/T/τ/f/λ/W.m⁻²/avec/sans/vibrations/oscilloscope/période/(V/div)/(s/div)/horizontale/verticale/minimal/maximal/

Un signal sonore ne peut pas se propager dans le **vide**.

Les **vibrations** d'une corde de guitare sont à l'origine de l'émission d'un signal sonore.

L'utilisation d'une **caisse de résonance** permet d'augmenter l'intensité d'un signal sonore.

La vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air se définit comme le **rapport** de la distance d parcourue par ce signal par sa **durée** Δt de propagation.

On peut visualiser des tensions grâce à un **oscilloscope** en réglant la sensibilité verticale en **V/div** et la sensibilité **horizontale** en **s/div** par exemple.

La fréquence d'un signal périodique se détermine à partir de **sa période**. Si la période augmente, la fréquence **diminue** et inversement.

L'oreille humaine est sensible à des ondes sonores dont la fréquence est comprise entre environ **20 Hz** et **20 kHz**. Plus la fréquence d'un son est **élevée**, plus il est aigu.

Un signal sonore de fréquence $f = 1\ 000\ \text{Hz}$ est un son **audible** par un être humain.

Un ultrason a une fréquence supérieure à **20 kHz**.

La **hauteur** d'un son est la propriété liée à la fréquence de ce signal sonore.

Deux sons de même hauteur et de même intensité peuvent donner des sensations auditives différentes en raison de leur **timbre** due à la présence **d'harmoniques** et de son évolution dans le temps.

Un son complexe de fréquence $f = 220\ \text{Hz}$ est la superposition de sons **purs** ou sinusoïdaux de fréquences : **$f_1 = 220\ \text{Hz}$, $f_2 = 440\ \text{Hz}$, $f_3 = 660\ \text{Hz}$** etc. Le son de fréquence f_1 est appelé **fondamental** et les autres fréquences s'appellent **harmoniques**.

L'intensité sonore se mesure en **$W.m^{-2}$** , et le seuil d'audibilité correspond au niveau d'intensité sonore **minimale** d'audition.

Exercice n°2 : répondre par vrai ou faux

- | | |
|---|-------------|
| 1) Une onde mécanique transporte de la matière. | FAUX |
| 2) La célérité d'une onde s'exprime en $m.s$ ou en $km.h$. | FAUX |
| 3) La vitesse de propagation d'une onde dépend de sa fréquence. | FAUX |
| 4) La période est proportionnelle à la fréquence. | FAUX |
| 5) Une tension alternative sinusoïdale est périodique. | VRAI |
| 6) La valeur maximale U_{max} d'une tension sinusoïdale se mesure avec un fréquencemètre. | FAUX |
| 7) La fréquence d'une tension alternative est le nombre de périodes par seconde. | VRAI |
| 8) Un son périodique de fréquence $f = 120\ \text{Hz}$ a une période $T = 120\ \text{s}$. | FAUX |
| 9) Plus un son est fort, plus le niveau sonore augmente. | VRAI |
| 10) Un son complexe ne peut pas être périodique. | FAUX |
| 11) Si une machine produit $80\ \text{dB}$, alors 2 machines identiques produisent $83\ \text{dB}$. | VRAI |
| 12) Des boules Quies $35\ \text{dB}$ ramène un bruit de $120\ \text{dB}$ à $85\ \text{dB}$. | VRAI |

Exercice n°3 : QCM

A chaque question peuvent correspondre aucune, une seule ou plusieurs propositions correctes.

- 1) La vitesse de propagation du son dans l'air est :
 - a) **très petite par rapport à celle de la lumière.**
 - ~~b) très grande par rapport à celle de la lumière.~~
 - ~~c) proche de la valeur de la vitesse d'un train à grande vitesse.~~
- 2) L'unité SI de la fréquence d'un signal sonore périodique est :
 - a) **le hertz (Hz).**
 - ~~b) la seconde (s).~~
 - ~~c) le mètre par seconde ($m \cdot s^{-1}$).~~
- 3) La période d'un signal sonore périodique de fréquence $f = 100 \text{ Hz}$ est :
 - a) **$T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ s}$.**
 - ~~b) $T = 1,00 \times 10^2 \text{ s}$.~~
 - ~~c) $T = 1,00 \times 10^{-2} \text{ Hz}$.~~
- 4) La fréquence d'un signal sonore périodique de période $T = 1,0 \text{ ms}$ est :
 - ~~a) $f = 1,0 \times 10^{-3} \text{ Hz}$.~~
 - ~~b) $f = 1,0 \text{ Hz}$.~~
 - c) **$f = 1,0 \times 10^3 \text{ Hz}$.**
- 5) En grattant une corde de guitare à vide devant un smartphone, une application affiche exactement cinq période du signal périodique pour une durée totale de 60 ms . La période du signal sonore est :
 - a) **$T = 12 \text{ ms}$.**
 - ~~b) $T = 60 \text{ ms}$.~~
 - ~~c) $T = 83 \text{ Hz}$.~~
- 6) La fréquence d'un infrason est :
 - a) **plus petite que la fréquence d'un son audible.**
 - ~~b) plus grande que la fréquence d'un son audible.~~
 - ~~c) plus grande que la fréquence d'un ultrason.~~
- 7) La fréquence d'un son est liée :
 - ~~a) au timbre.~~
 - b) **à la hauteur.**
 - ~~c) à l'amplitude.~~
- 8) Deux instruments de musique différents jouent deux sons de même hauteur, de même intensité sonore et de timbres différents. Les deux signaux obtenus ont :
 - ~~a) une période différente.~~
 - ~~b) une fréquence différente.~~
 - c) **une forme différente.**
- 9) Un signal sonore de fréquence $f = 880 \text{ Hz}$ est :
 - ~~a) plus aigu qu'un signal sonore de fréquence $1\,000 \text{ Hz}$.~~
 - b) **plus grave qu'un signal sonore de fréquence $1\,000 \text{ Hz}$.**
 - ~~c) de même hauteur qu'un signal sonore de fréquence $1\,000 \text{ Hz}$.~~
- 10) L'unité SI du niveau d'intensité sonore est :
 - a) **le décibel (dB).**
 - ~~b) le watt par mètre carré ($W \cdot m^{-2}$).~~
 - ~~c) le watt (W).~~
- 11) Une exposition à un signal sonore de niveau d'intensité sonore égal à 40 dB :
 - a) **ne présente aucun risque.**
 - ~~b) présente un risque même en cas d'exposition courte.~~
 - ~~c) peut présenter des risques en cas d'exposition prolongée et répétée.~~

Données : conversion de vitesse : $v(m.s^{-1}) = \frac{v(km.h^{-1})}{3,6}$
formulaire : $v = \frac{d}{\Delta t}$;

Exercice n°4 : utiliser une formule *

1) Déterminer une valeur de vitesse

Un signal sonore se propage sur une distance $d = 5,0$ m pendant une durée $\Delta t = 3,0$ ms.
Déterminer la vitesse de propagation v de ce signal avec 2 chiffres significatifs.

On sait que : $v = \frac{d}{\Delta t}$.

On en déduit ici :

$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{\Delta t} \\ v &= \frac{5,0}{3,0 \times 10^{-3}} \\ v &\approx 1\,700 \text{ m.s}^{-1} \end{aligned}$$

La vitesse de propagation de ce signal est $v \approx 1\,700 \text{ m.s}^{-1}$.

2) Déterminer une distance de propagation

Un signal sonore de vitesse de propagation $v = 7\,700 \text{ m.s}^{-1}$ se propage pendant une durée $\Delta t = 10$ ms.

Déterminer la distance d parcourue par ce signal avec 2 chiffres significatifs.

On sait que : $v = \frac{d}{\Delta t}$.

On en déduit ici :

$$\begin{aligned} d &= v \times \Delta t \\ d &= 7\,700 \times 10 \times 10^{-3} \\ d &= 77 \text{ m} \end{aligned}$$

La durée de propagation du signal sonore est $d = 77$ m.

3) Déterminer une durée de propagation

Un signal sonore se propage dans l'air sur une distance $d = 1,00$ km.

Déterminer la durée de propagation Δt avec 3 chiffres significatifs.

On sait que : $v = \frac{d}{\Delta t}$.

On en déduit ici :

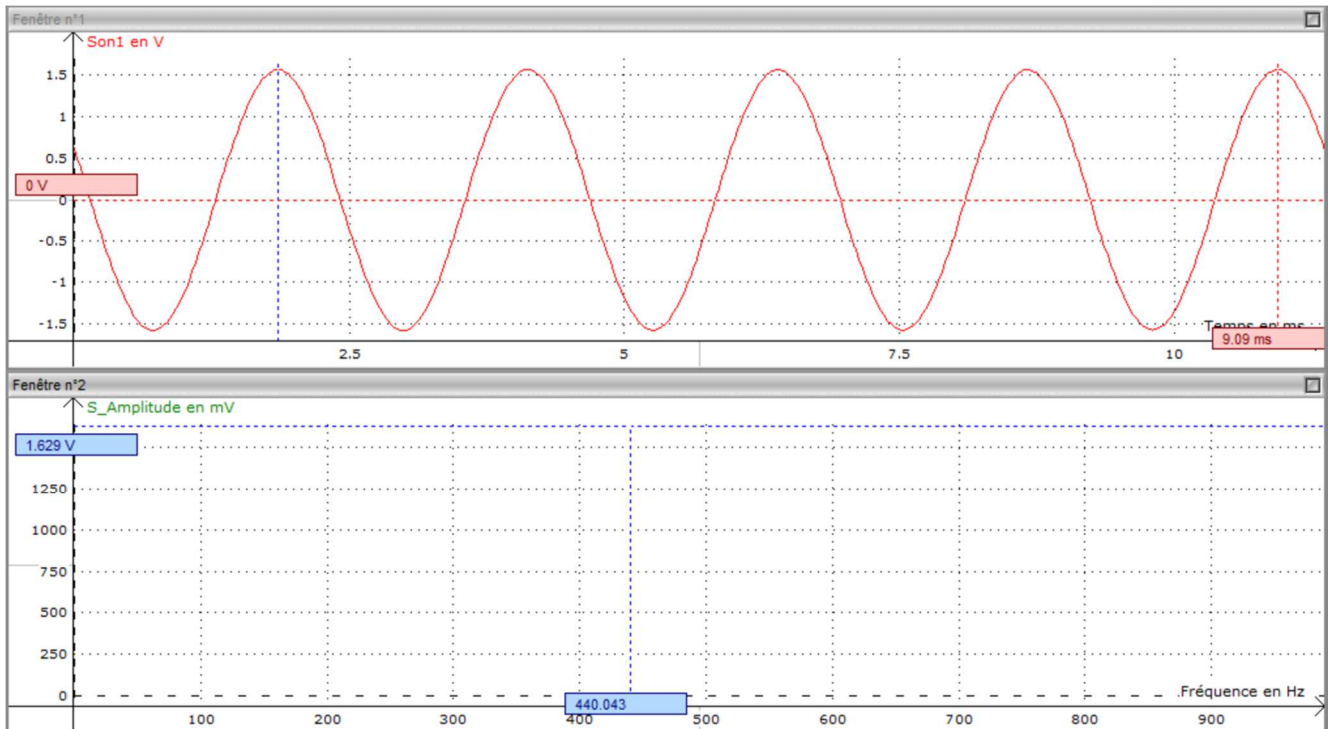
$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{d}{v} \\ \Delta t &= \frac{1,00 \times 10^3}{340} \\ \Delta t &= 2,94 \text{ s} \end{aligned}$$

La durée de propagation du signal sonore est $\Delta t = 2,94$ s.

Exercice n°5 : étude d'instruments de musique *

1) Etude d'un diapason

On donne ci-dessous l'acquisition du signal sonore d'un diapason par le logiciel Latispro, ainsi que l'amplitude en fréquence :



a) Déterminer la période temporelle T_d du diapason.

Par lecture graphique, on a : $T_d = \frac{9,09 \times 10^{-3}}{4} \approx 2,27 \times 10^{-3} \text{ s}$.

b) En déduire la fréquence f_d .

On en déduit : $f_d = \frac{1}{T_d} = \frac{1}{2,27 \times 10^{-3}} \approx 441 \text{ Hz}$.

(A l'aide du spectre en fréquence, on lit : $f_d = 440 \text{ Hz}$, la_3 par diapason).

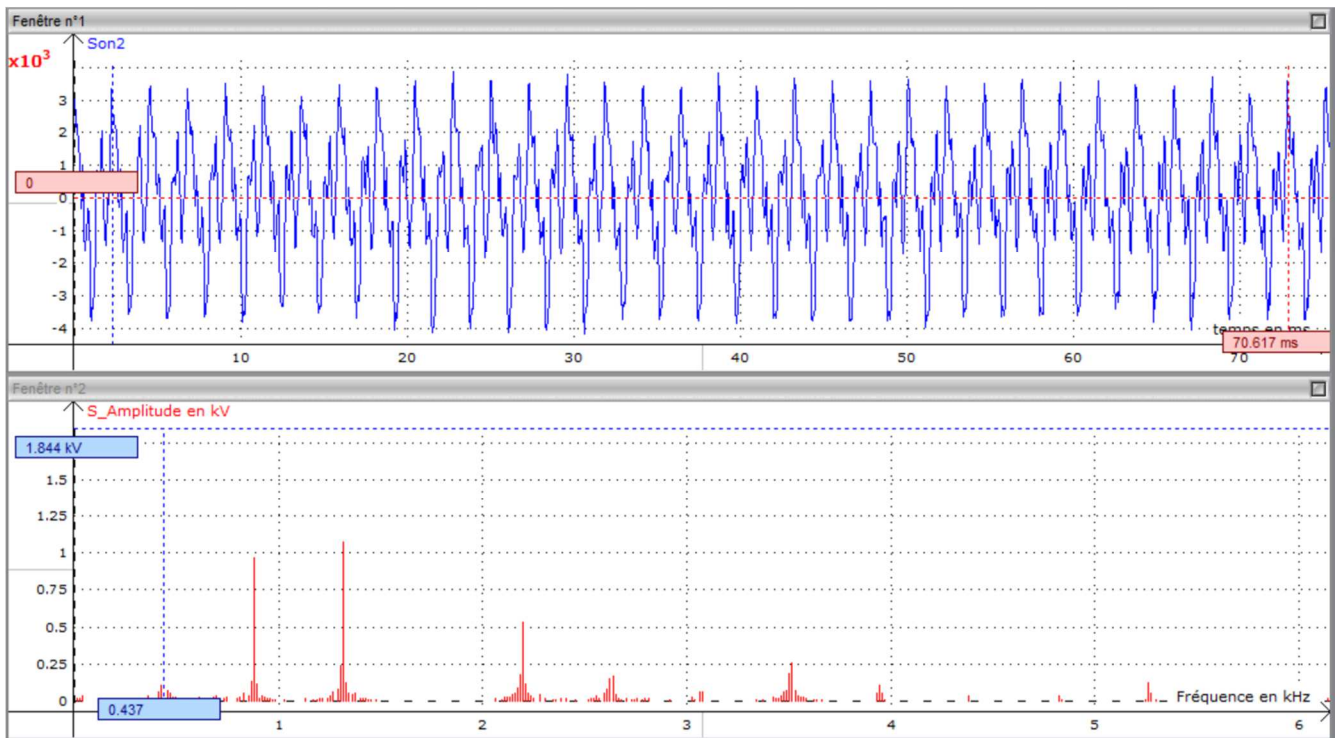
c) Le signal sonore issu d'un diapason est-il un son pur ou un son complexe ? Justifier.

Le signal sonore issu d'un diapason est un son pur.

En effet, on observe un signal sinusoïdal pour $u(t)$, ce qui se confirme dans le spectre en fréquence par la présence d'un seul pic.

2) Etude d'un son

On donne ci-dessous l'acquisition d'un signal sonore par le logiciel Latis-pro, ainsi que l'amplitude en fréquence :



a) Déterminer la période temporelle T_s du saxophone.

Par lecture graphique, on a : $T_s = \frac{70,617 \times 10^{-3}}{31} \approx 2,28 \times 10^{-3} \text{ s}$.

b) En déduire la fréquence f_s .

On en déduit : $f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{2,28 \times 10^{-3}} \approx 439 \text{ Hz}$.

(A l'aide du spectre en fréquence, on lit : $f_s = 437 \text{ Hz}$, la_3 par saxophone).

c) Le signal sonore issu d'un saxophone est-il un son pur ou un son complexe ? Justifier.

Le signal sonore issu d'un saxophone est un son complexe.

En effet, on n'observe pas un signal sinusoïdal pour $u(t)$, ce qui se confirme dans le spectre en fréquence par la présence de plusieurs pics, les harmoniques.

d) Déterminer la fréquence du 1^{er} et du 2^e harmonique.

Par définition, les harmoniques sont toutes des multiples du fondamental.

Ainsi, la fréquence f_n d'une harmonique de rang n est : $f_n = n \times f_1$.

Le fondamental est $f_d = 439 \text{ Hz}$, on en déduit :

$$- f_1 = 1 \times f_1 = 1 \times 439 = 439 \text{ Hz} ;$$

$$- f_2 = 2 \times f_1 = 2 \times 439 = 878 \text{ Hz}.$$

e) Quelle serait la fréquence du 4^e harmonique s'il était présent dans le spectre en amplitude ?

La fréquence du 4^e harmonique s'il était présent dans le spectre en amplitude serait $f_4 = 4 \times f_1 = 4 \times 439 = 1\,756 \text{ Hz}$.

f) Ce diapason pourrait-il accorder cet instrument de musique ? Justifier.

En prenant en compte des arrondis et des erreurs de pointage/lecture graphique, on peut dire que ce diapason peut accorder ce saxophone car la fréquence du diapason est aussi présente dans l'une des fréquences harmoniques du saxophone.

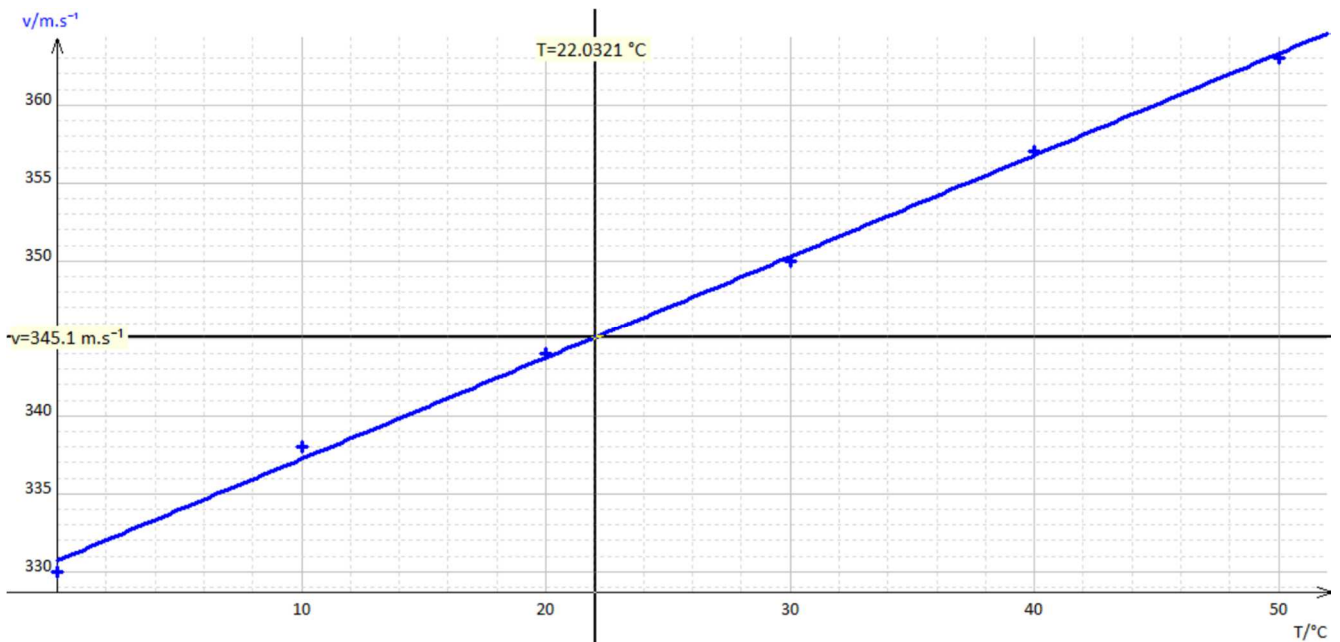
Exercice n°6 : propagation du son et température de l'air *

On a mesuré la valeur de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air en fonction de la température T :

Vitesse ($m \cdot s^{-1}$)	330	338	344	350	357	363
Température ($^{\circ}C$)	0	10	20	30	40	50

1) Tracer la courbe donnant la valeur de la vitesse de propagation du signal en fonction de la température.

On obtient :



2) Comment évolue la valeur de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air en fonction de la température.

A partir de la représentation graphique, on remarque que la valeur de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air augmente avec la température.

3) Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air à la température $T = 22^{\circ}C$.

Graphiquement, on lit : $v(T = 22^{\circ}C) = 345 m \cdot s^{-1}$.

4) Modéliser l'évolution de la valeur de la vitesse du son dans l'air en fonction de la température par l'équation d'une droite affine $v(T) = a \times T + b$.

Déterminer les valeurs de a et de b par cette modélisation.

Après modélisation, on obtient :

- $a = 0,651 m \cdot s^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;
- $b = 331 m \cdot s^{-1}$.

5) Estimer alors la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air à $T = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ puis à $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La modélisation ci-dessus nous a permis d'établir une relation entre v et T , telle que :
 $v(T) = 0,651 \times T + 331$.

On peut alors estimer la valeur de la vitesse de propagation en fonction de la température, soit :

- $v(-5\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,651 \times (-5) + 331 \approx 328\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- $v(100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,651 \times (100) + 331 \approx 396\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

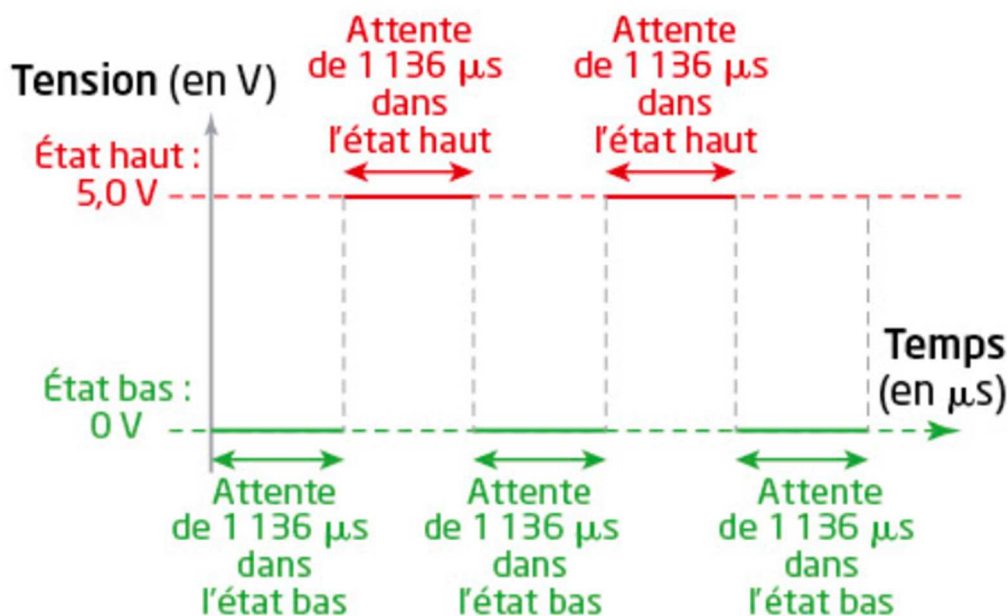
Exercice n°7 : Alarme Arduino

On réalise un montage reliant une carte à microcontrôleur à un haut-parleur.

Le code source du programme utilisé (« sketch ») est ci-contre :

```
1 void setup() {
2   pinMode(3, OUTPUT); // sortie sur le Pin 3
3
4 }
5
6 void loop() {
7   digitalWrite(3, 0); // état bas sur le Pin 3
8   delayMicroseconds(1136); // attente de 1136 microsecondes
9   digitalWrite(3, 1); // état haut sur le Pin 3
10  delayMicroseconds(1136); // attente de 1136 microsecondes
11 }
```

Sur la sortie numérique 3 utilisée (« Pin 3 »), l'évolution temporelle du signal électrique émis est schématisée ci-contre :



1) *Le signal produit est-il périodique ? Justifier.*

Bien que non sinusoïdal, ce signal est périodique.

On reconnaît un motif élémentaire composé d'une attente dans l'état haut et d'une attente dans l'état bas se répétant tous les $1\,136 \times 10^{-6} + 1\,136 \times 10^{-6} = 2\,272 \times 10^{-6}$ s.

2) *Déterminer la période puis la fréquence de vibration du haut-parleur.*

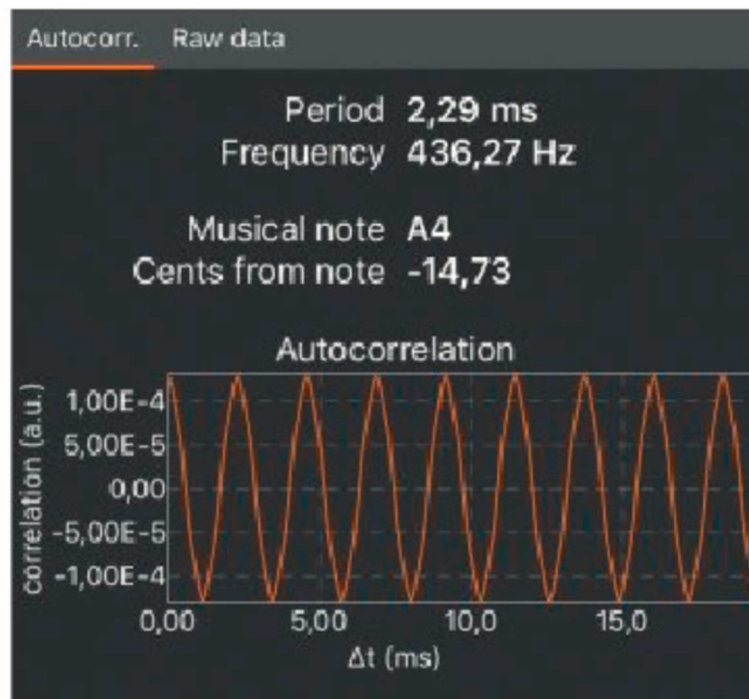
La période de ce motif élémentaire est $1\,136 \times 10^{-6} + 1\,136 \times 10^{-6} = 2\,272 \times 10^{-6}$ s.

A l'aide de l'évolution temporelle du signal électrique, on a mesuré $T = 2\,272 \times 10^{-6}$ s.

On en déduit : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\,272 \times 10^{-6}} \approx 440$ Hz.

3) *En utilisant un smartphone et une application dédiée, un élève analyse le signal sonore émis par ce haut-parleur et réalise la capture d'écran ci-dessous :*

Sachant que l'incertitude-type de cette mesure de fréquence unique est égale à 5 Hz, les mesures réalisées vous semblent-elles compatibles ?



Sachant que l'incertitude-type de cette mesure de fréquence est égale à 5 Hz, on en déduit que toute fréquence comprise entre 431,27 Hz ($436,27 - 5$) et 441,27 Hz ($436,27 + 5$) est admissible.

On en conclut que les mesures réalisées semblent compatibles.

4) *Proposer une modification du code source du programme d'Arduino pour que le haut-parleur émette un signal sonore de fréquence 880 Hz.*

Afin d'émettre un signal de fréquence 880 Hz, autrement dit, de période $T' = \frac{1}{f} = \frac{1}{880} \approx 1\,136 \times 10^{-6}$ s, on pourrait diviser par 2 chaque durée dans l'état haut et dans l'état bas par exemple.

Cela reviendrait à remplacer les lignes 8 et 10 du code précédent par :

- ligne 8 : « `delayMicroseconds(568); // attente de 568 microsecondes` » ;
- ligne 10 : « `delayMicroseconds(568); // attente de 568 microsecondes` ».