

Thème : Ondes et signaux

Chapitre : Émission et perception d'un son

Objectifs :

- Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance.
- Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.
- Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Mesurer la vitesse d'un signal sonore.
- Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle.
- Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.
- Mesurer la période d'un signal sonore périodique.
- Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.
- Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons.
- Relier qualitativement la fréquence à la hauteur d'un son audible.
- Relier qualitativement intensité sonore et niveau d'intensité sonore.
- Exploiter une échelle de niveau d'intensité sonore et citer les dangers inhérents à l'exposition sonore.
- Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.

Sommaire

1. Rappels du collège	2	4. Activité 2 : Période et fréquence d'un signal sonore	6
2. Cours	3	5. Activité 3 : Célérité des ultrasons dans l'air	7
2.1 L'émission et la propagation d'un signal sonore	3	6. Activité 4 : Un peu timbré!	9
2.2 La perception du son	4	7. Exercices	13
3. Activité 1 : L'air, un milieu matériel	5		

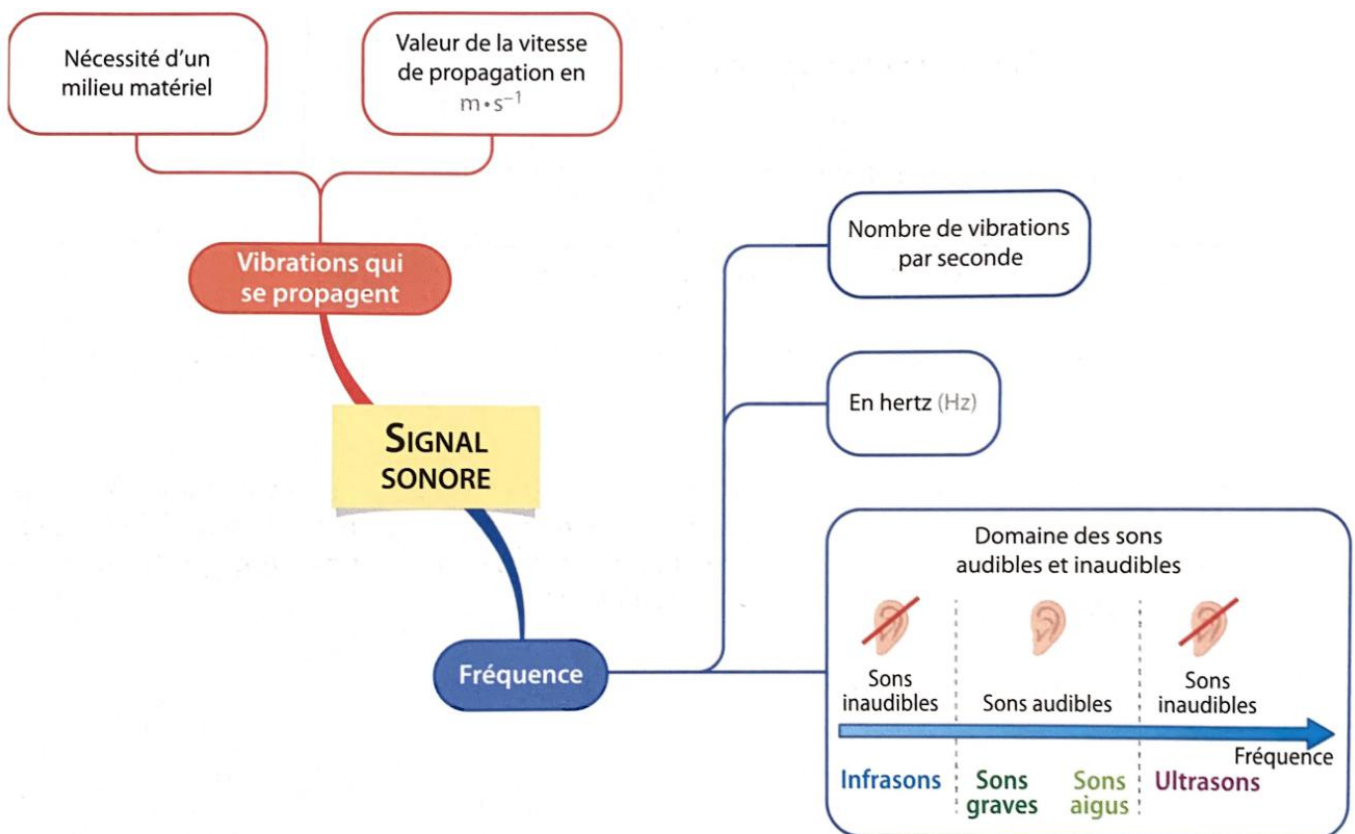
1. Rappels du collègue

Quizz

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	A	B	C
1. Dans l'air, un signal sonore :	se propage instantanément.	se propage avec une vitesse de valeur connue.	ne se propage pas.
2. La fréquence d'un signal sonore s'exprime :	en seconde (s).	en mètre par seconde ($m \cdot s^{-1}$).	en hertz (Hz).
3. L'oreille humaine est capable d'entendre :	les sons.	les infrasons.	les ultrasons.
4. Un signal sonore se propage :	dans l'air.	dans l'eau.	dans le vide.
5. Les fréquences de deux sons sont $f_1 = 440$ Hz et $f_2 = 880$ Hz. Le son 2 est :	plus aigu que le son 1.	plus grave que le son 1.	aussi aigu que le son 1.

Rappels



2. Cours

2.1 L'émission et la propagation d'un signal sonore

a) Émission d'un signal sonore

Que se passe-t-il lorsque un objet est mis en vibration ? Comment amplifier ce signal ?

.....

.....

b) Propagation d'un signal sonore

De quoi a besoin un signal sonore pour se propager ?

.....

.....

.....

Quelle est la valeur de la vitesse du son dans l'air à température ambiante ?

.....

	Faucon pèlerin en piqué	Avion de ligne	Son dans l'air	Son dans l'eau liquide	Concorde 2 (projet d'avion supersonique)	Son dans l'acier solide	Lumière dans l'air et dans le vide
Valeur approchée de la vitesse ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	50	250	345	1 500	1 530	5 000	$3,00 \times 10^8$
$\frac{v}{v_{\text{son air}}}$	$1,4 \times 10^{-1}$	$7,2 \times 10^{-1}$	1	4,3	4,4	$1,4 \times 10^1$	$8,7 \times 10^5$

c) Caractéristiques d'un signal sonore périodique

Qu'est-ce qu'un signal périodique ?

.....

Quelles sont les grandeurs qui caractérisent un signal sonore périodique ?

.....

.....

.....

.....

Quelle est la relation qui relie ces deux grandeurs ?

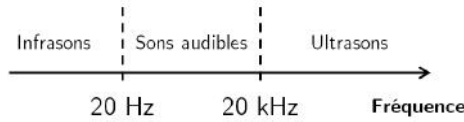
.....

2.2 La perception du son

a) Domaines de fréquences

À quelles fréquences l'oreille humaine peut entendre les signaux sonores ?

.....



b) Hauteur et timbre

Qu'est-ce qui caractérise la hauteur d'un son ?

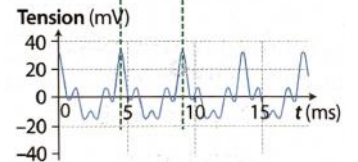
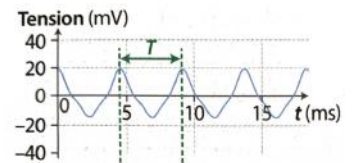
.....

.....

Qu'est-ce qui caractérise le timbre d'un son ?

.....

.....



> Ces deux signaux sonores ont la même période, donc la même fréquence et donc la même hauteur. Ils n'ont pas la même forme et donc pas le même timbre.

c) Intensité et niveau d'intensité sonore

Comment peut-on définir l'intensité sonore ?

.....

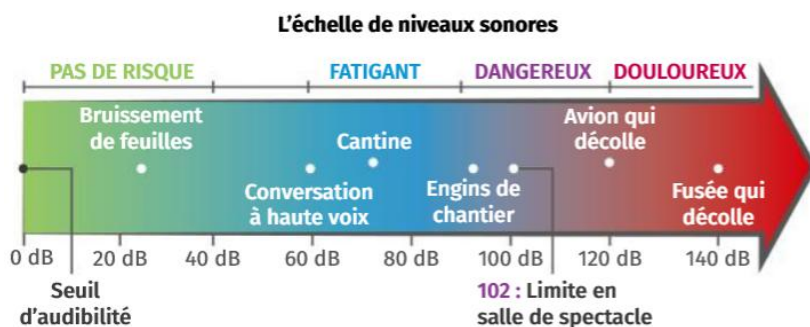
Une grandeur liée à la sensibilité de l'oreille humaine et plus facile à manipuler est le **niveau d'intensité sonore** *L*. Il s'exprime en décibel (dB) et se mesure avec un sonomètre.

L'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore varient dans le **même sens**.

d) Exposition sonore

L'**exposition sonore** tient compte du **niveau d'intensité sonore** et de la **durée d'exposition** auxquels l'oreille est soumise.

Une exposition sonore trop élevée peut avoir des **conséquences irréversibles**, comme une surdité partielle, voire totale.



3. Activité 1 : L'air, un milieu matériel

Objectif :

- Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.

Un son ne se déplace pas comme un objet, il n'est pas localisable en un point précis. Certaines conditions sont nécessaires pour sa propagation dans l'espace.

Quel est le rôle joué par les milieux matériels dans la propagation de l'onde sonore ?

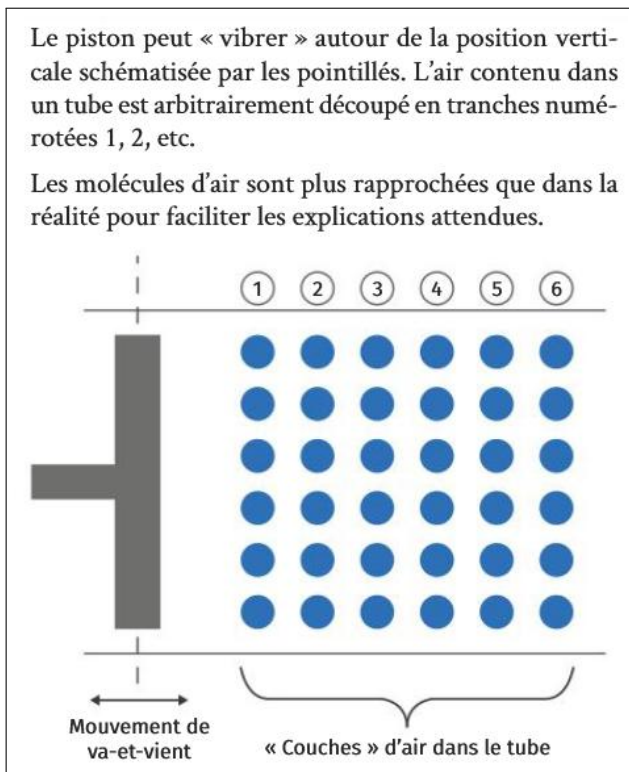


FIGURE 1 – Modélisation de l'air par des couches au voisinage d'un piston

L'élasticité d'un matériau est sa capacité à retrouver sa forme d'origine après avoir été momentanément déformé.

La plupart des matériaux sont élastiques, quel que soit leur état physique, au moins pour de petites déformations.



Corde en vibration.

FIGURE 2 – L'élasticité des matériaux

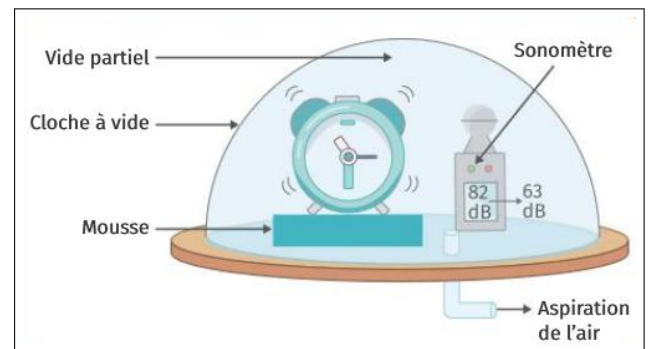


FIGURE 3 – L'expérience de la cloche vide

1. (Figure 1) On fait « vibrer » le piston autour d'une position verticale d'équilibre. Que signifie « vibrer » pour ce piston ?
2. (Figure 1) Que se passe-t-il pour les molécules qui se trouvent dans la tranche 1 lorsque le piston se déplace vers la droite ?
3. (Figure 1) Qu'arrive-t-il ensuite aux molécules de la tranche 2 voisine ? Puis celles de la tranche 3 ?
4. (Figure 2) L'air étant un matériau élastique, que se passe-t-il lorsque le piston revient vers la gauche ?
5. (Figure 3 et vidéo suivante : <https://youtu.be/Xy6fIDGPerc>) Sous vide partiel, le son d'un réveil est très atténué. **Expliquer** quelle en est la raison.

Bilan : Pourquoi un milieu matériel est-il nécessaire dans la propagation du son ? Qu'est-ce qui se déplace à travers ce milieu ?

4. Activité 2 : Période et fréquence d'un signal sonore

Objectif :

- Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle.

En musique, on parle de fausse note lorsque la note jouée n'est pas celle attendue ou encore lorsqu'elle n'est pas jouée. Une note de musique est caractérisée par sa période et sa fréquence.

Comment mesurer la période T et calculer la fréquence f d'un signal sonore ?

Un capteur, par exemple un microphone, permet de convertir un signal sonore en un signal électrique appelé tension électrique. Cette tension a la même période que le signal sonore. L'analyse de la représentation temporelle du signal électrique permet donc d'étudier le signal sonore.

Trois signaux sonores sont émis. Ils ont pour fréquence :

a. $f = 8,0 \times 10^2$ Hz

b. $f = 4,0 \times 10^2$ Hz

c. $f = 2,0 \times 10^2$ Hz

Les signaux électriques obtenus lors de l'acquisition de ces trois signaux sonores sont représentés ci-contre.

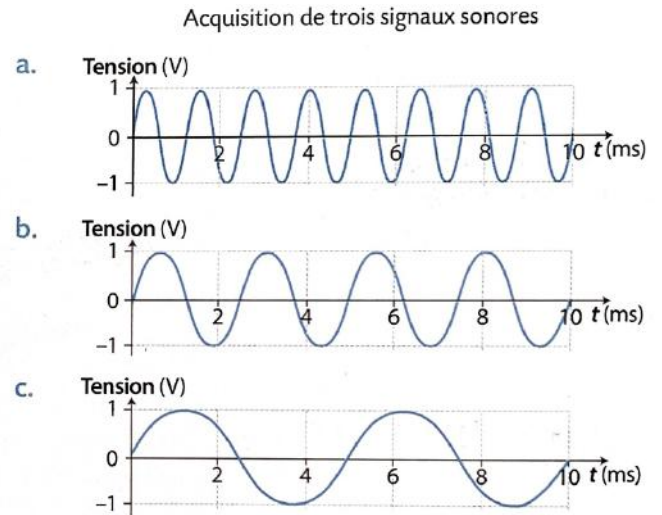


FIGURE 1 – Représentation temporelle d'un signal périodique

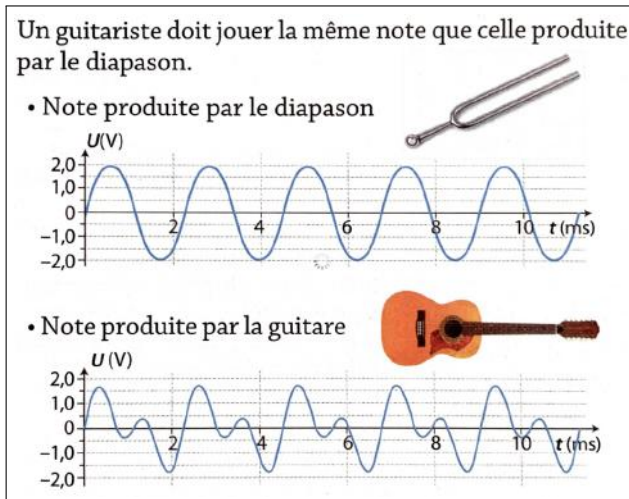


FIGURE 2 – Enregistrement de deux signaux sonores

- Un signal est **périodique** s'il se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps égaux.
- La **période** est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le signal se répète. Elle se note T et s'exprime en seconde (s).
- La **fréquence** est le nombre de répétitions du signal par seconde. Elle se note f et s'exprime en hertz (Hz).
La fréquence est l'inverse de la période :

$$f = \frac{1}{T}$$

FIGURE 3 – Complément scientifique

1. **Vérifier** la phrase écrite en *italique* dans la figure 1 à l'aide des trois acquisitions.
2. **Proposer** et **mettre en œuvre** un méthode permettant de déterminer la fréquence des notes afin de vérifier si le guitariste a joué une fausse note.

Bilan : Comment mesurer la période T et calculer la fréquence f d'un signal sonore ?

5. Activité 3 : Célérité des ultrasons dans l'air

Objectif :

- Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Mesurer la vitesse d'un signal sonore.
- Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.

On trouve de nombreuses cartes libre sur lesquelles se trouve un microcontrôleur capable d'analyser et de produire des signaux électriques. Le microcontrôleur peut être programmé grâce à un environnement de développement. Les cartes présentent de nombreux capteurs associés et offrent de nombreuses possibilités pour l'étude de phénomènes physiques. Lors de cette activité nous allons utiliser le module ultrasons HC-SR04 afin de déterminer la célérité des ultrasons dans l'air.

On utilise le capteur de distance HC-SR04. Afin de mesurer une distance, le capteur envoie une salve ultra-sonore et mesure le temps que met la salve à effectuer l'aller-retour entre le capteur et l'objet dont on veut connaître la distance. Il fonctionne avec une tension d'alimentation de 5V, d'un angle de mesure de 15° et permet d'effectuer des mesures entre 2cm et 4m.

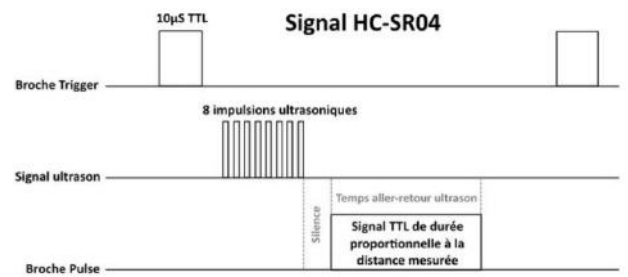


FIGURE 1 – Capteur utilisé.

Pour connecter le capteur à la carte, **réaliser** les branchements suivants :

- L'alimentation 5V de la carte sur la broche VCC
- La masse GND sur la broche GND
- La sortie digital 2 de la carte sur la broche Trig
- La sortie digital 3 de la carte sur la broche Echo

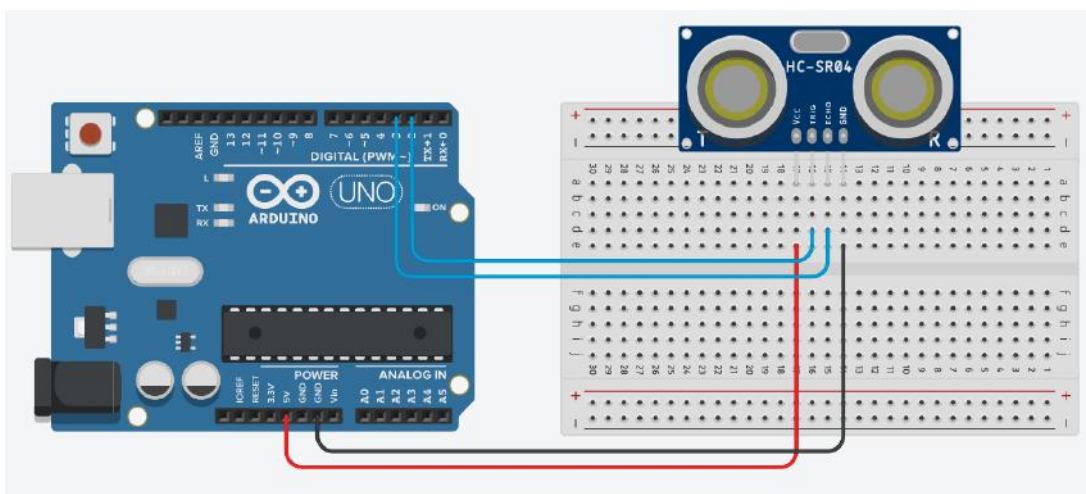


FIGURE 2 – Branchement du capteur

Faire vérifier les branchements au professeur, puis à l'aide du logiciel Arduino, **recopier** le script suivant :

```
// Définition des numéros de port
const int trigPin = 2; // Trigger (émission)
const int echoPin = 3; // Echo (réception)

// Constante pour le timeout
const unsigned long MEASURE_TIMEOUT = 25000UL;

// Variables utiles
long duree; // durée de l'écho

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Configuration du port du Trigger comme une SORTIE
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT); // Configuration du port de l'Echo comme une ENTREE
  Serial.begin(9600); // Démarrage de la communication série
}

void loop() {
  // Émission d'un signal de durée 10 microsecondes
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Écoute de l'écho
  duree = pulseIn(echoPin, HIGH, MEASURE_TIMEOUT);

  // Affichage de la distance dans le Moniteur Série
  Serial.print("duree : ");
  Serial.print(duree);
  Serial.println(" microsecondes");

  // Délai entre chaque mesure (en ms)
  delay(300);
}
```

Ce programme se découpe en trois partie :

- la déclaration des constantes et variables;
- le `setup()`;
- la boucle principale `loop()`.

Une fois le code recopié, **cliquer** sur téléverser.

Pour voir le résultat, **aller** dans *Outils* puis *Moniteur série*. **Attention** : le temps indiqué est en μs !

1. **Indiquer** la relation entre une vitesse v , une distance d et un temps t .
2. À partir du matériel à disposition, **indiquer** comment mesurer la vitesse du son dans l'air.
3. **Mesurer** cette vitesse et **indiquer** la/les formule(s) utilisées.

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air est réalisée en 1822 par ordre du Bureau des longitudes. Dans la nuit du 21 au 22 juin, par une température de $T = 15,9^\circ\text{C}$, les physiciens français F. Arago, L.J. Gay-Lussac et G. de Prony tirent des coups de canon entre deux lieux, distants de $L = 18612$ m. Entre l'instant où ils aperçoivent la lumière émise lors de l'explosion du canon et celui de la perception du son, ils mesurent, grâce à un chronomètre, une durée $\Delta t = 54,6$ s.

FIGURE 3 – Une mesure historique.

4. **Comparer** la valeur de la vitesse obtenue à celle mesurée en 1822.
5. **Proposer** une explication sur une éventuelle différence entre ces valeurs.

Bilan : **Expliquer** comment mesurer la valeur de la vitesse de propagation d'un signal sonore.

6. Activité 4 : Un peu timbré !

Objectif :

- Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance.
- Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle.
- Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.
- Mesurer la période d'un signal sonore périodique.
- Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.
- Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons.
- Relier qualitativement la fréquence à la hauteur d'un son audible.

L'acoustique musicale est le domaine consacré à la place et à l'utilisation du son dans l'élaboration et la perception de la musique. Née du souci d'explorer des relations entre des grandeurs physiques et des réactions d'ordre qualitatif, propres à chaque individu, cette science tente de rationaliser les correspondances entre l'émission et la perception de la musique.

Lors d'un concert, on peut, éventuellement en se concentrant, identifier la contribution de chacun des instruments car les notes qu'ils produisent (au-delà de leur intensité) sont caractérisées par ce que les musiciens appellent la "hauteur" et le "timbre".

Mais que représentent ces termes pour un physicien ?

L'onde sonore n'est pas directement "visible", mais elle peut être captée par un microphone. Le signal électrique produit par celui-ci peut être visualisé et étudié, il possède la même période que le signal sonore et leurs amplitudes sont proportionnelles.

Pour faire des mesures à la maison ou n'importe où ailleurs !

Le téléphone un outil précieux pour toutes sortes de mesures physiques grâce aux nombreux capteurs qu'il contient. En particulier, il peut permettre de mesurer des sons ou de voir des signaux sonores, et même démarrer un chronomètre grâce à l'émission d'un bruit.

Pour que le Smartphone devienne un appareil de mesures, il faut télécharger l'application entièrement gratuite **Phyphox** sur Play store ou Apple store.



1. Hauteur d'un son

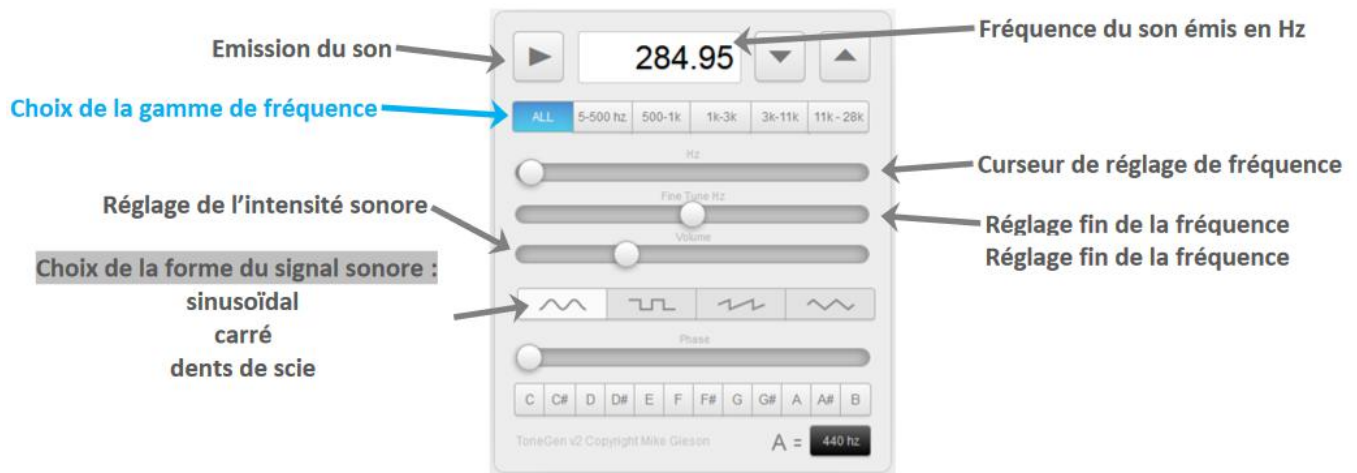
En musique, le **diapason** est un outil produisant un son dont la hauteur est fixe dans le but d'obtenir une note de référence, typiquement un *la*. Cette référence permet aux musiciens d'accorder leurs instruments de musique. Par extension, le diapason désigne la note de référence elle-même. La note de référence standard est le la_3 à 440 Hertz.



a) Le signal sonore du diapason

On fait vibrer un diapason en tapant sur une des branches métalliques. On enregistre le son émis en plaçant son smartphone près de l'ouverture de la caisse de résonance du diapason.

Si on n'a pas de diapason à la maison, on peut utiliser le générateur de son en ligne à l'adresse : <http://acver.fr/luu>.



Pour ne pas risquer de dégrader le haut-parleur de l'ordinateur ou ses oreilles(!), commencer par baisser le «volume» sonore puis régler la fréquence du signal sinusoïdal à la fréquence du diapason.

Ouvrir l'outil « Autocorrélation Audio » de l'application Phyphox.

Ajuster la fréquence du son à celle du son qu'émet le diapason.

Placer alors le smartphone près du haut-parleur de l'ordinateur.

Démarrer l'émission du son puis **augmenter** le volume sonore progressivement et raisonnablement.

En haut de la fenêtre sur l'écran du smartphone, apparaissent les touches

Lancer l'enregistrement avec la touche . **Appuyer** sur la touche pour capturer le signal sonore.

1. Quel est le nom donné à la forme de la courbe observée ?
2. **Relever**, et **noter**, les valeurs de la période et de la fréquence et le "nom" de la note qui s'affichent.
3. En utilisant les valeurs précédentes, **choisir** la relation mathématique qui permet de calculer la fréquence (exprimée en hertz) en fonction de la période (exprimée en seconde), parmi :

$$f = -T$$

$$f = T$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1000}{T}$$

b) Changement de fréquence

Vérifier à l'aide de l'outil « Autocorrélation Audio » comment varie la période en fonction de la fréquence.

Relancer l'enregistrement sur le smartphone avec la touche .

Abaisser la fréquence puis augmenter la fréquence autour de la fréquence du diapason jusqu'à changer de note.

Lire les informations données par l'application Phyphox.

4. À quelles fréquences associe-t-on un son grave et un son aigu ?
5. **Justifier** le terme de hauteur associé à la fréquence d'un son.
6. **Justifier** la phrase suivante : « La période d'un signal périodique est l'inverse de sa fréquence. »
7. Écrire la relation mathématique qui traduit cette phrase.

c) À la recherche du La_3

À l'oreille.

Pour cette recherche, on utilise le générateur de son devant produire le la_3 du diapason et une flûte de pan virtuelle : <https://www.virtualmusicalinstruments.com/pan-flute>.

Retrouver à l'oreille et par tâtonnement auditif la note en accord avec le diapason en faisant jouer la flûte de pan simultanément avec le la_3 du diapason.

8. Quel est le tube jouant la note en accord avec le diapason ?

Vérification avec Phyphox et l'outil « Mesure du son » .

Approcher le smartphone du haut-parleur.

Faire jouer le la_3 de la flûte de pan.

Lancer l'enregistrement avec la touche . **Appuyer** sur la touche  pour capturer le signal sonore.

À partir du signal sonore capturé : **Toucher** l'écran pour zoomer et ajuster avec 2 doigts pour ne voir que 2 motifs au maximum.

Sélectionner «Détail d'une mesure» puis **toucher** la courbe avec un doigt. Des coordonnées s'affichent.

Retoucher sur le point sélectionné et **faire glisser** le doigt horizontalement de façon à avoir la mesure d'une période.

Lire la valeur de la période.

Remarque : Pour supprimer l'affichage et recommencer la sélection, toucher dans le graphe en dehors de la courbe.

Comparer avec les valeurs obtenues par autocorrélation au paragraphe a).

9. Pourquoi la recherche du la_3 peut-elle être difficile à l'oreille alors que la note jouée est la même ?

2. Timbre d'un son

a) Des sons géométriques

Avec l'application suivante : <http://acver.fr/luu>

Régler l'émission sonore à 440 Hz.

Changer la forme du signal sonore pour un signal carré et en dents de scie.

Écouter les sons produits.

10. La perception sonore est-elle la même pour chaque signal sonore ?

11. Les sons émis ont-ils des hauteurs différentes ? **Justifier**.

12. Comment expliquer la différence de perception sonore ?

b) Signaux sonores d'instruments de musique différents

Ouvrir l'outil « Autocorrélation Audio » de l'application Phyphox.

Ouvrir le piano virtuel : <http://acver.fr/luv>.

Cliquer sur « Notation Latine » pour afficher le nom des touches du clavier.

Vérifier par autocorrélation, quel est le la correspondant à celui du diapason.

Repérer la touche du clavier jouant le la_3 .

Ouvrir l'outil « Mesure du son ».

Approcher le smartphone du haut-parleur.

Faire jouer le la_3 du piano et **observer** la courbe.

Lancer l'enregistrement avec la touche . Appuyer sur la touche  pour capturer le signal sonore.

Comparer les formes des courbes obtenues avec la flûte de pan et avec le piano.

13. Les signaux sonores ont-ils la même forme ?
14. Proposer une définition pour le timbre d'un instrument de musique.
15. Pourquoi peut-on distinguer le piano de la flûte de pan à l'oreille ?
16. Justifier que l'on puisse parler du timbre d'une voix.

c) Quelques exemples sonores pour illustrer cette notion de "timbre".

Il n'est pas nécessaire d'être musicien pour reconnaître des instruments de musique.

Un petit jeu maintenant :

Dans les exemples sonores suivant, il faut reconnaître à l'oreille les instruments parmi :

le piano *la trompette* *l'harmonica* *le violon* *l'orgue*

Qui jouent chacun les mêmes premières notes, de la bande originale du film « Il était une fois dans l'ouest », un des plus grands sinon le plus grand western spaghetti (parce qu'italien), tourné par Sergio Leone et mis en musique par Ennio Morricone.

Accéder à la page pour écouter les instruments : <http://acver.fr/luw>.

17. Remplir le tableau.

Instrument A	Instrument B	Instrument C	Instrument D	Instrument E
.....

3. Sons audibles

À l'aide de l'outil suivant : <http://acver.fr/luu>.

18. Donner le domaine de fréquences que vous arrivez à entendre.

7. Exercices

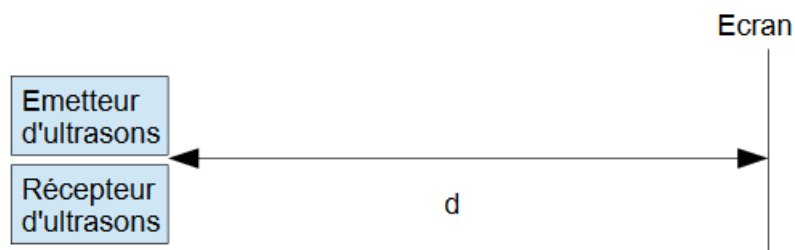
Exercice 1

En médecine, pour les échographies, on utilise des ondes de fréquence de plusieurs mégahertz ($1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$). Ces ondes se propagent dans le corps humain à une vitesse $v = 1,5 \text{ km.s}^{-1}$ environ. Lors d'un examen médical, une échographie permet de repérer un calcul rénal à une distance $d = 5,6 \text{ cm}$ de la sonde échographique.

1. Les ondes sonores utilisées pour l'échographie sont-elles audibles par l'oreille humaine ? **Justifier** votre réponse.
2. **Calculer** la période T de ces ondes sonores (en s puis en μs) lorsque $f = 5,0 \text{ MHz}$.
3. **Donner** la valeur de d en mètre et de v en m.s^{-1} .
4. **Calculer** la durée Δt nécessaire aux ondes de l'échographie pour faire l'aller-retour entre la sonde et le calcul rénal repéré.

Exercice 2

Pour comprendre le principe de l'échographie utilisé en médecine, on a réalisé le montage suivant :

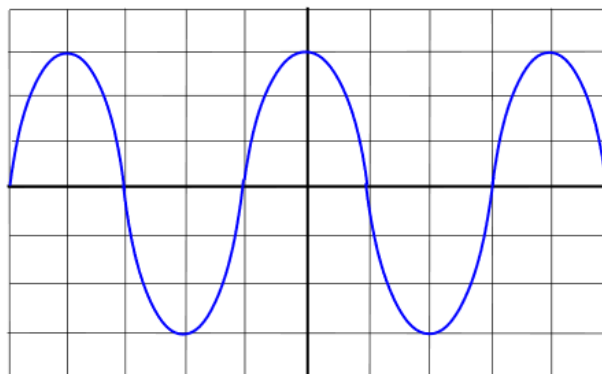


1. Quel phénomène physique est à l'origine de l'écho d'une onde sonore ?
2. La fréquence des ondes utilisées est $f = 20 \text{ kHz}$. **Calculer** leur période T . Donner le résultat en μs .
3. Pendant une durée Δt , l'onde effectue un aller-retour entre l'émetteur et le récepteur. La distance parcourue est-elle égale à $d/2$; d ou $2 \times d$? **Justifier**.
4. On mesure une durée $\Delta t = 3,0 \text{ ms}$ pour un aller-retour. **Calculer** la distance d .

Donnée : vitesse du son dans l'air $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

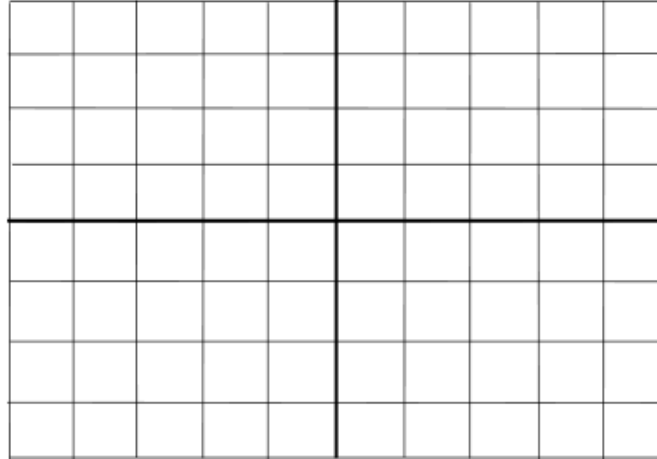
Exercice 3

On observe la tension $u(t)$ délivrée par un microphone sur l'écran d'un oscilloscope, reproduit ci-dessous.



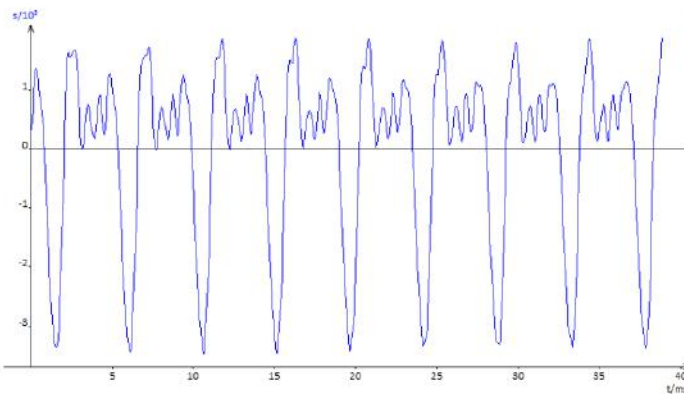
En l'absence de tension appliquée sur l'oscilloscope, la trace lumineuse est située au milieu de l'écran. Le balayage est de 10 ms/div et la déviation verticale vaut 2V/div .

1. L'axe du temps est-il horizontal ou vertical ?
2. **Justifier** que la tension observée est périodique.
3. **Indiquer** sur l'oscillogramme ci-dessus ce que représente la période T . **Calculer** la valeur de T en détaillant le calcul.
4. **En déduire** la valeur de sa fréquence f en donnant son unité.
5. **Indiquer** sur l'oscillogramme ci-dessous l'amplitude U_m de u . **Calculer** sa valeur.
6. **Dessiner** ci-dessous l'allure d'une tension en créneaux qui aurait même période et même amplitude que la tension $u(t)$ précédente.

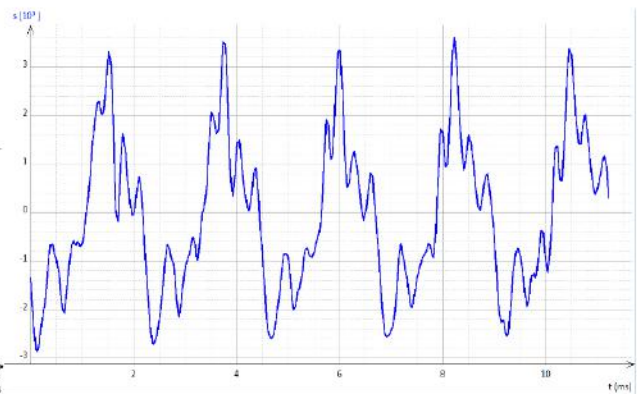


Exercice 4

On a enregistré à l'aide d'un logiciel d'acquisition les deux ondes sonores musicales suivantes :



Onde sonore A



Onde sonore B

1. **Compléter** le tableau suivant avec les mots : *Intensité, timbre, hauteur* qui caractérisent un son musical.

Caractéristique	Fréquence	Amplitude	Forme du signal sonore
Perception auditive

2. Les sons A et B sont-ils périodiques ? Si oui, **surligner** une période ci-dessus.
3. **Comparer** la hauteur des deux sons.
4. **Identifier** le son le plus intense.
5. **Comparer** le timbre des deux sons.
6. Ces deux sons ont-ils été émis par le même instrument ? **Justifier** votre réponse.

Exercice 5

Un télémètre à ultrasons embarqué sur un véhicule permet de mesurer les distances entre 10 cm et 4 m pour alerter le conducteur sur les obstacles.

Lors d'un essai, le télémètre émet une onde ultra-sonore qui se réfléchit sur l'obstacle et revient au télémètre 5,0 ms après l'émission.

1. **Schématiser** la situation.
2. **Calculer** la distance d séparant le véhicule de l'obstacle.
3. **Calculer** la durée minimale Δt que peut mesurer le télémètre du véhicule.

Donnée : vitesse du son dans l'air $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercice 6

Les deux images ci-dessous sont extraites d'une vidéo montrant le décollage d'une fusée Falcon 9 de la société Space X le 3 juin 2017 en Floride. La caméra qui filme se trouve sur l'esplanade des spectateurs venus assister au décollage.

Sur l'image du haut, le compte à rebours est à zéro, la fusée décolle. Sur l'image du bas, on entend le bruit des moteurs.



1. À l'aide du chronométrage de la vidéo indiqué en bas à gauche, **déterminer** la durée qu'à mis le son des moteurs pour parvenir aux spectateurs.
2. **En déduire** la distance d à laquelle se trouvent les spectateurs.
3. **Calculer** la durée mise par la lumière pour parvenir jusqu'au spectateurs. Cette durée est-elle négligeable devant celle mise par le son ?
4. Pour quelle raison les spectateurs sont-ils situés à cette distance du pas de tir de la fusée ?

Données : vitesse du son dans l'air $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$; vitesse de la lumière dans l'air $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$