



**BUT :** Identifier les caractéristiques d'un signal sonore

**COMPETENCES :**

APP	REA	VAL
-----	-----	-----

Extraire et organiser l'information – Mobiliser et organiser ses connaissances. (APP)

Mettre en œuvre un protocole – Utiliser le matériel de manière adaptée .... (REA)

Interpréter des observations – confronter un modèle à des résultats expérimentaux. (VAL)

**Acoustique musicale et grandeurs physiques**

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. Source Wikipédia

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.

**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<sub>3</sub>** à 440 Hertz.



**1.1. 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 : <https://www.gieson.com/Library/projects/utilities/tonegen/>

**Attention, manipuler le volume sonore avec précaution !**

The screenshot shows the ToneGen v2 interface with the following labels and arrows:

- Emission du son**: points to the play button.
- Choix de la gamme de fréquence**: points to the frequency range selection buttons (ALL, 5-500 hz, 500-1k, 1k-3k, 3k-11k, 11k-28k).
- Réglage de l'intensité sonore**: points to the Volume slider.
- Choix de la forme du signal sonore :** points to the waveform selection buttons (sinusoïdal, carré, dents de scie).
- Fréquence du son émis en Hz**: points to the frequency display showing 284.95.
- Curseur de réglage de fréquence**: points to the main frequency slider.
- Réglage fin de la fréquence** and **Réglage fin de la fréquence**: point to the Fine Tune Hz slider.
- Phase**: points to the phase slider.
- Musical notes**: points to the keyboard layout (C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, B).

**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.

Mesurer la fréquence d'une note unique.

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.

🔗 1.1.1. Quel est le nom donné à la forme de la courbe observée ?

🔗 1.1.2. Relever, et noter, les valeurs de la période et de la fréquence et le "nom" de la note qui s'affichent.

🔗 1.1.3. 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 :

$$f = -T$$

$$f = T$$

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

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

## 1.2. 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 .

Mesurer la fréquence d'une note unique.

🔊 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

🔗 1.2.1. A quelles fréquences associe-t-on un son grave et un son aigu ?

🔗 1.2.2. Justifier le terme de hauteur associé à la fréquence d'un son.

🔗 1.2.3. Justifier la phrase suivante : « La période d'un signal périodique est l'inverse de sa fréquence. »

🔗 1.2.4. Ecrire la relation mathématique qui traduit cette phrase.

## 1.3. A la recherche du La3

### 👂 A l'oreille

📱 Pour cette recherche, on utilise le générateur de son devant produire le  $la_3$  du diapason et une flûte de pan virtuelle :

🎵 Flûte pan : <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.

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

📱 **Vérification avec Phyphox** et l'outil  Mesure du son

Affiche les données audio enregistrées.

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.

A 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 1.1.

Recommencer la recherche précédente du  $la_3$  et l'enregistrement si le tube choisi n'était pas le bon.

Lorsque la mesure de la période est obtenue, sélectionner le bouton  puis « **Partager une capture d'écran** », et l'envoyer au professeur par email : [bertrand.kieffer@ac-orleans-tours.fr](mailto:bertrand.kieffer@ac-orleans-tours.fr)

**Merci de préciser votre nom et prénom, l'adresse email n'étant pas toujours explicite !**

🔗 1.3.2. 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

### 2.1. Des sons « géométriques »

- Avec l'application suivante : <https://www.gieson.com/Library/projects/utilities/tonegen/>
- 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.

- 2.1.1. La perception sonore est-elle la même pour chaque signal sonore ?
- 2.1.2. Les sons émis ont-ils des hauteurs différentes ? Justifier.
- 2.1.3. Comment expliquer la différence de perception sonore ?

### 2.2. Signaux sonores d'instruments de musique différents

- Ouvrir l'outil  de l'application Phyphox.
- Ouvrir le piano virtuel : <https://www.imusic-school.com/outils/clavier-piano-en-ligne/>  
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 . 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.

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

### 2.3. 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://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Audio/Fichiers\\_sons-Timbres.htm](http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Audio/Fichiers_sons-Timbres.htm)

👂 A vous de les reconnaître !

Instrument A	Instrument B	Instrument C	Instrument D	Instrument E