

Sons Purs et Sons Composés



But : Distinguer un son pur d'un son composé – approcher la notion de timbre d'un instrument de musique – déterminer la note jouée par un instrument de musique.

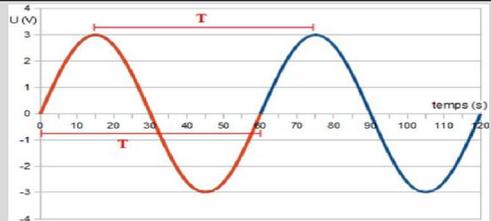
Compétences : APP – REA – VAL

Document 1 : Période et fréquence

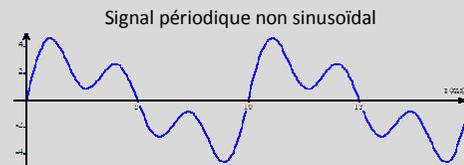
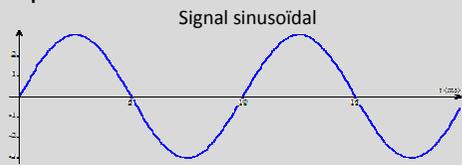
La **période** (unité : seconde **s**) est la plus petite durée au bout de laquelle un signal se reproduit identique à lui-même. On la note **T**.

La **fréquence** (unité : hertz **Hz**) est le nombre de périodes par seconde. On la note **f**.

La relation entre la période et la fréquence est : $f = \frac{1}{T}$



Document 2 : Forme d'un signal, son pur et son composé



Lorsque le motif élémentaire d'un son est de forme sinusoïdale, le son est dit **pur** (ou simple).

Lorsque le motif élémentaire d'un son est de forme différente, le son est dit **composé** (ou complexe).

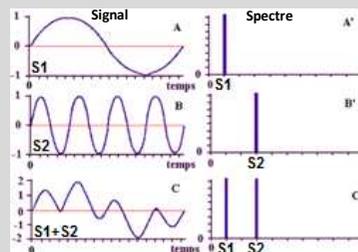
Document 3 : Analyse de Fourier et Synthèse

Joseph Fourier (1768 – 1830) est un brillant scientifique : ingénieur, mathématicien et physicien. L'étude mathématique qu'il pratique est un raisonnement par analyse-synthèse.

L'**analyse** a pour finalité de dissoudre la complexité. L'hypothèse de travail est que la complexité d'un phénomène, n'est qu'apparente et provient en réalité d'un mélange. Le but de l'analyse mathématique est la recherche des éléments simples qui ont été mélangés.

La **synthèse** est le processus contraire à l'analyse. Elle consiste à reformer le signal ou phénomène de départ à partir de la connaissance de ses constituants simples.

Ainsi pour Fourier, un signal périodique non sinusoïdal de fréquence f peut être considéré comme étant la somme de plusieurs signaux sinusoïdaux dont les fréquences f_n sont des multiples entiers de la fréquence f ($f_n = n \times f$). La fréquence f correspond au fondamental, les autres fréquences correspondent aux harmoniques..



Document 4 : Timbre d'un instrument de musique

En musique, le timbre désigne l'ensemble des caractéristiques sonores qui permettent d'identifier un instrument. Le timbre d'un instrument de musique est lié à la forme du signal sonore produit par l'instrument.



Pour faire des mesures en acoustique à la maison ou n'importe où ailleurs, le Smartphone est un outil précieux. Il suffit de télécharger l'application entièrement gratuite Phyphox sur Play store ou Appel store. Pour ce travail, le capteur utilisé est le microphone dont tous les smartphones sont évidemment équipés. Avec les outils suivants de l'application Phyphox, le smartphone permet alors

- Mesure du son
Affiche les données audio enregistrées.
- Spectre Audio
Affiche le spectre fréquentiel d'un signal audio.
- Autocorrélation Audio
Mesure la fréquence d'une note unique.
- Générateur de son
Crée un son à une fréquence précise.

de « voir » des signaux sonores,

d'analyser un son,

de déterminer la note jouée par un instrument de musique.

de jouer un son pur à une fréquence précise.

1. Diapason

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 **la₃** à 440 Hertz.



Mais, la référence à 440 Hz ne l'a pas toujours été !

➤ Regarder la **vidéo** « A quoi sert le diapason » :

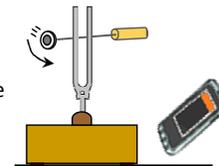
http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Videos/A_quoi_sert_le_diapason.htm

(Source : France Musique)

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 l'enregistrement suivant : **diapason.mp3**. On place alors le smartphone près du haut-parleur de l'ordinateur.

🔍 Ouvrir l'outil **Mesure du son**
Affiche les données audio enregistrées.

En haut de la fenêtre qui s'ouvre, apparaissent les touches : ▶ ◀ ⏸ ⏹

Lancer l'enregistrement avec la touche ▶ puis faire émettre le son du diapason (coup de marteau ou fichier son).

Observer à l'écran la forme du signal.

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

❓ 1.1.2. Que peut-on dire du son produit par le diapason ?

1.2. Analyse du son du diapason

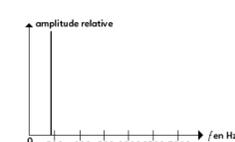
🔍 Ouvrir l'outil **Spectre Audio**
Affiche le spectre fréquentiel d'un signal audio.

Lancer l'enregistrement avec la touche ▶ puis faire émettre le son du diapason.

Appuyer sur la touche || pour capturer le signal sonore avant que l'émission sonore ait cessé.

❓ 1.2.1. Le spectre fait-il apparaître un ou plusieurs pics ?

❓ 1.2.2. Pouvait-on s'y attendre ? Argumenter à l'aide des documents.



Le spectre en fréquence simplifié du diapason peut être représenté par le graphique ci-contre.

❓ 1.2.3. Quelles sont les deux informations que donne un tel spectre ?

1.3. Vérification de la fréquence du diapason

🔍 Ouvrir l'outil **Autocorrélation Audio**
Mesure la fréquence d'une note unique.

Approcher le smartphone de l'ouverture de la caisse de résonance du diapason.

Lancer l'enregistrement avec la touche ▶ puis faire émettre le son du diapason.

Appuyer sur la touche || pour capturer le signal sonore avant que l'émission sonore ait cessé.

Noter les indications données par l'application.

❓ 1.3.1. A partir de la valeur de la fréquence, retrouver par le calcul la valeur de la période.

❓ 1.3.2. Quelle est la note jouée par le diapason ?

2. A la recherche du La_3

Quelle touche du clavier du piano et quel tube de la flûte de pan correspondent au La_3 ?

Pour le savoir, on peut utiliser son piano et sa flûte de pan ou jouer des instruments virtuels suivants :

- Flûte pan : <https://www.virtualmusicalinstruments.com/pan-flute>
- Piano : <https://www.imusic-school.com/outils/clavier-piano-en-ligne/>



2.1. A l'oreille

Ouvrir l'outil **Générateur de son** et générer le La_3 du diapason.

- Retrouver à l'oreille la note en accord avec le diapason en faisant jouer les notes de la flûte de pan puis celles du piano simultanément avec le La_3 du diapason. Repérer le tube et la touche du clavier pour la suite.

2.2. Vérification avec Phypox

Utiliser l'outil **Autocorrélation Audio** pour vérifier que la note jouée par l'instrument de musique est bien le La_3 . Recommencer la recherche précédente le cas échéant.

- 2.2.1. Pourquoi la recherche du La_3 peut-elle être difficile à l'oreille ?
- 2.2.2. Que peut-on supposer des sons produits par les instruments de musique par rapport à celui du diapason ?

3. Timbre d'un instrument

3.1. Analyse des sons

Ouvrir l'outil **Spectre Audio**. Disposer le micro du smartphone près de la source sonore. Lancer l'enregistrement avec la touche puis faire émettre le son de l'instrument de musique. Appuyer sur la touche pour capturer le signal sonore avant que l'émission sonore ait cessé.

Sélectionner « Autres outils » pour décocher « Echelle logarithmique pour l'axe des y » puis en exploitant le « Détail d'une mesure », repérer les coordonnées du sommet des pics qui s'affichent. Zoomer le cas échéant pour mieux repérer les pics.

Après l'analyse réalisée pour chaque instrument, sélectionner le bouton puis « Enregistrer l'état de cette expérience », la renommer puis choisir « DANS MA COLLECTION » pour pouvoir y revenir à partir de l'écran d'accueil de Phypox.



Voir tutoriel pour la flûte de pan en cas de difficultés !

- Saisir les coordonnées de fréquence (en Hz et d'amplitude (en a.u. : unité arbitraire) dans un tableur. Faire calculer les quotients des différentes fréquences avec la fréquence du premier pic.
 - 3.1.1. A quel pic correspond la fréquence du « fondamental » et comment s'appellent les autres fréquences ?
 - 3.1.2. Que vérifient les résultats obtenus ?
 - 3.1.3. Pourquoi peut-on parler de sons composés pour les deux instruments de musique ?

3.2. Distinguer des sons avec les yeux et les oreilles

- Sur l'écran d'accueil de Phypox, retrouver les 2 expériences enregistrées (elles apparaissent en bleu).
- Pour chacune d'entre-elles, sélectionner le menu **DONNEES BRUTES** puis toucher le graphique du signal sonore pour zoomer et observer la forme du motif de la courbe.
 - 3.2.1. Les deux courbes observées sont-elles les mêmes ?
 - 3.2.2. De quoi dépend la forme du signal sonore d'un instrument de musique ?
 - 3.2.3. Proposer une nouvelle définition du timbre d'un instrument de musique.
 - 3.2.4. Comment identifie-t-on le timbre d'un instrument de musique sans appareil de mesures ?

4. Son de synthèse

Un son dont on connaît parfaitement la composition peut être synthétisé par addition des sons purs correspondant à chaque harmonique.

- Ouvrir l'animation : <https://meettechnik.info/additional/additive-synthesis.html>
- A l'ouverture, l'animation synthétise par défaut le La_3 du diapason.

4.1. Quelles sont les 2 caractéristiques qui permettent de le constater ?



On peut écouter la note jouée en cliquant sur + :

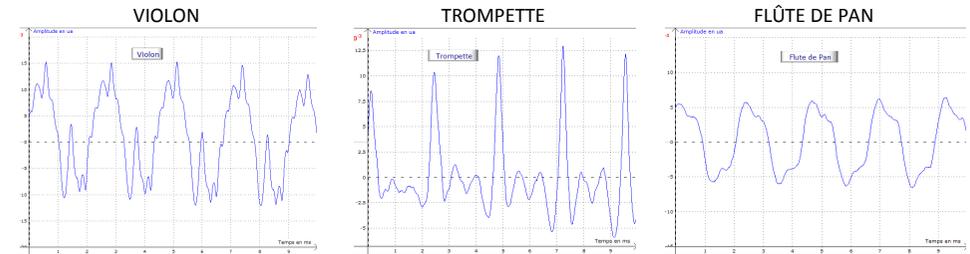
L'analyse de Fourier d'une note jouée par un instrument de musique donne un spectre composé des 5 pics ci-après.

f_n (en Hz)	415	830	1245	1660	2075
Amplitude (u.a.)	0,580	0,790	1,000	0,400	0,220

4.2. Quelle est la hauteur de la note jouée par l'instrument de musique ?

- Ajuster alors la fréquence du son dans l'animation.
- Synthétiser le son à l'aide des curseurs avec les amplitudes données dans le tableau.
- Ajuster l'amplitude de telle sorte que la courbe soit contenue dans le graphe.

Les signaux sonores correspondant au son produit par un violon, une trompette et une flûte de pan sont représentés ci-dessous :



4.3. Quel instrument semble correspondre au son synthétisé ?

- Ecouter le son synthétisé pour confirmation auditive.