

## REPRÉSENTATIONS TEMPORELLES ET SPECTRALES D'UN SIGNAL LE LA<sub>3</sub> DU DIAPASON ET DU PIANO

Ce document contient des données et des représentations graphiques diverses rendant compte de l'abondance relative des éléments chimiques dans différents systèmes. Il évoque aussi des supports permettant d'aborder l'origine des éléments chimiques (vidéo et questionnaire).

### Description

Documents et outils pouvant être utilisés pour illustrer les notions de son pur, de son composé et de représentation spectrale d'un son.

### Mots-clés

Période, fréquence, hauteur, timbre, fondamentale, harmonique, son pur, son composé, sinusoïde, représentation temporelle, représentation spectrale, spectre.

### Références au programme

#### Savoirs

Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.

Un signal périodique de fréquence  $f$  se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de  $f$ , le son obtenu est un son composé.

$f$  est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.

#### Savoir-faire

Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son.

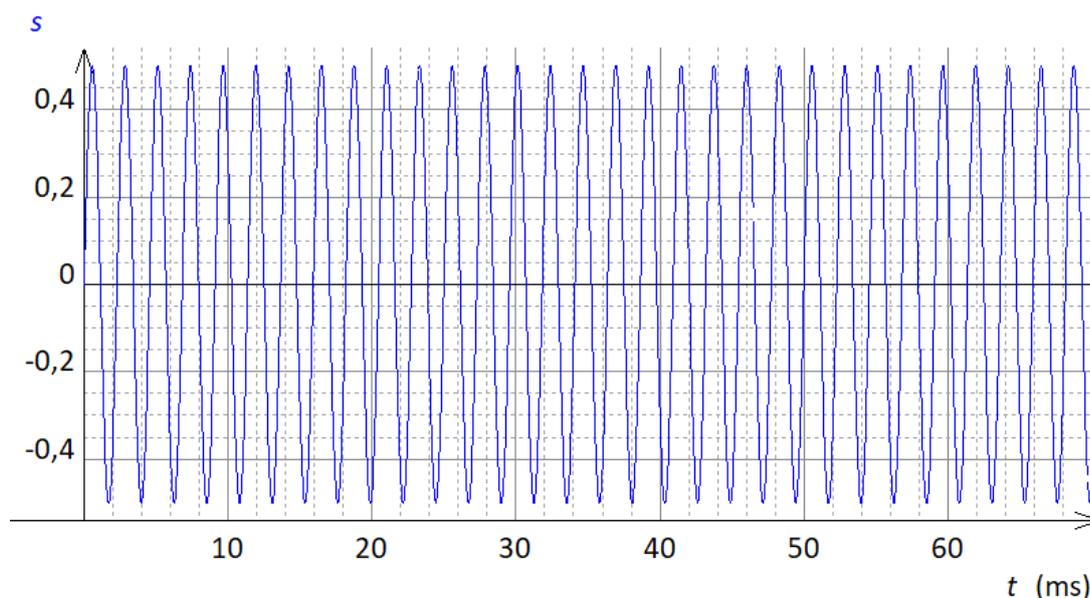
Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.

### Catégorie de ressource

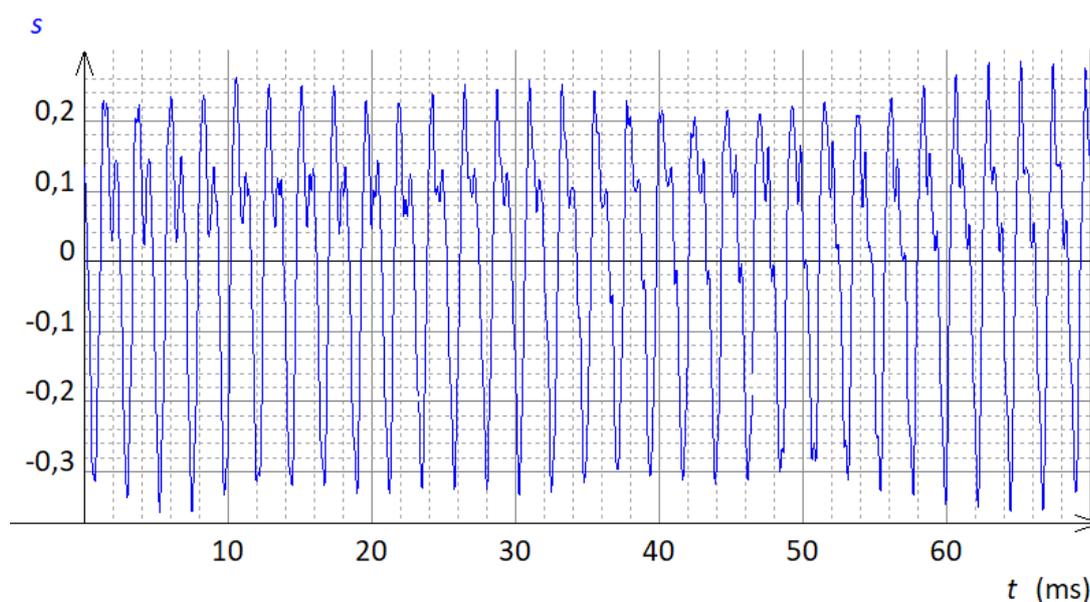
Documents scientifiques et graphiques

## Document

On enregistre à l'aide d'un microphone relié au logiciel d'acquisition, par exemple Audacity®, la note La<sub>3</sub> (note La de la 3<sup>e</sup> octave, de fréquence 440 Hz) émise par un diapason puis jouée sur un piano. Les fichiers obtenus et exportés au format WAV sont visualisés à l'aide du logiciel Regressi sous la forme  $s = f(t)$ , où  $s$  correspond à l'amplitude du signal sonore en unité arbitraire et  $t$  le temps. On obtient les représentations temporelles du signal sonore.



Diapason



Piano

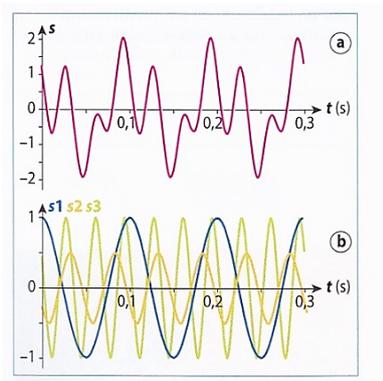
Le premier signal est sinusoïdal de période  $T$ ; le second peut, en première approximation, être considéré comme périodique de même période  $T$  mais n'est pas sinusoïdal.

Retrouvez éducol sur



Le son émis par le diapason est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale : c'est un son pur. En revanche, le son émis par le piano est un son composé au sens où tout en étant pratiquement périodique, il ne dépend pas du temps de manière sinusoïdale.

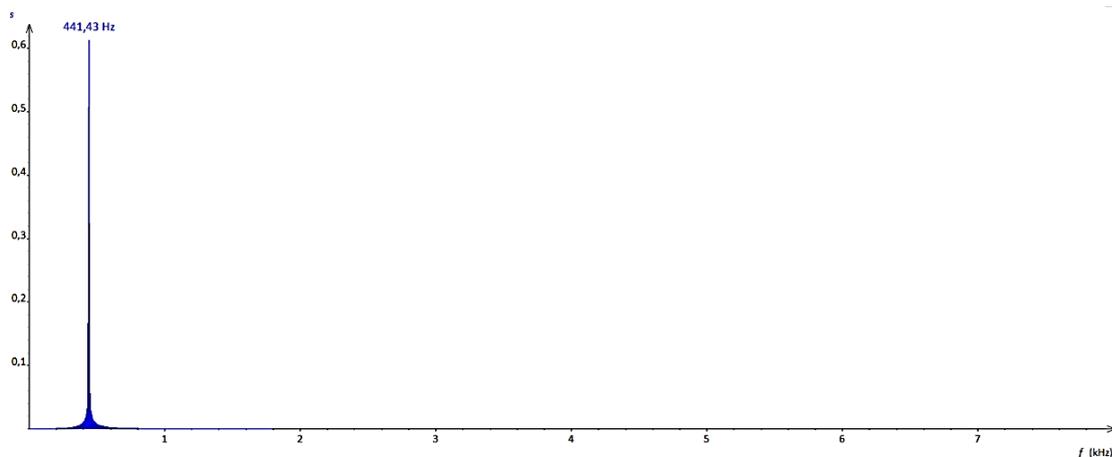
Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, Joseph Fourier (mathématicien français) établit qu'un signal périodique, de fréquence fondamentale  $f$ , peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences  $f_n$  dites harmoniques, vérifiant la relation :  $f_n = n \times f$ . Le nombre  $n$  est un entier supérieur ou égal à 2, appelé rang de l'harmonique. Ces signaux sinusoïdaux correspondent chacun à un son pur.



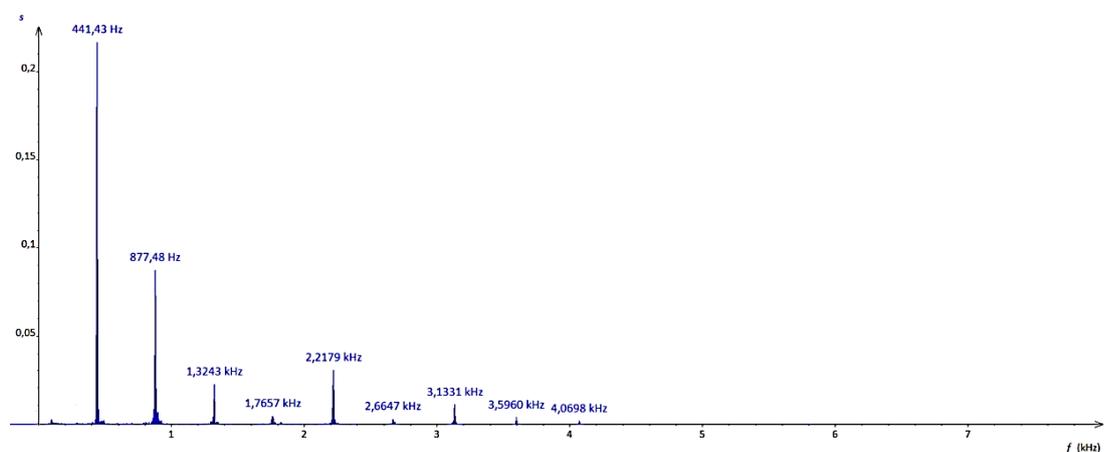
Lorsqu'elle est illustrée comme sur l'exemple ci-dessus, où les variations temporelles des composantes sinusoïdales sont représentées, la décomposition de Fourier est souvent peu lisible.

Pour connaître les fréquences des harmoniques constituant un signal périodique, on préfère donc utiliser sa représentation spectrale (ou spectre) : l'amplitude de chaque composante est représentée en fonction de sa fréquence.

Un logiciel de traitement d'un son permet d'obtenir le spectre du signal enregistré. Cela a été réalisé pour les deux signaux ci-dessus.



Diapason



Piano

Dans les deux cas, on observe un "pic" d'amplitude à la fréquence de 440 Hz (environ), correspondant à la note jouée. Il s'agit de la fréquence fondamentale du son produit par les deux instruments.

Dans le cas du diapason, s'agissant d'un son pur, un seul pic est observé sur le spectre.

Pour le piano, s'agissant d'un son composé, on observe la présence de plusieurs autres pics d'amplitudes différentes, dont les fréquences sont multiples de la fréquence fondamentale (les fréquences harmoniques).

Chaque instrument produit, pour une note donnée, des fréquences harmoniques d'amplitudes différentes qui sont à l'origine du timbre de l'instrument.

#### Pistes d'exploitation pédagogique

Par un questionnement adapté et/ou la réalisation des enregistrements sonores ainsi que leur exploitation informatisée, le document ci-dessus permet d'aborder pratiquement toutes les notions figurant au programme de première et de réviser les notions du programme de seconde.

Retrouvez éducol sur



## *Prolongements possibles*

- Reproduire la note  $La_3$  du diapason et du piano par synthèse à l'aide du logiciel Audacity® : à partir d'une représentation spectrale donnée, déterminer graphiquement la fréquence fondamentale du son et ses harmoniques ainsi que les intensités sonores correspondantes, puis générer les sons purs associés et les mixer afin d'obtenir le son composé dont le spectre est donné.
- Comparer une même note jouée par deux instruments proches, par exemple le piano (corde frappée) et le clavecin (corde pincée) ou la clarinette (anche simple) et le hautbois (anche double).
- Reproduire une mélodie à l'aide d'un piano « virtuel » : à partir d'une série de représentations spectrales, déterminer graphiquement la fréquence fondamentale de chacune des notes, associer cette fréquence au nom et à l'octave de la note grâce à des données fournies et reproduire la mélodie correspondante à l'aide d'un piano virtuel.

## *Commentaires et points d'attention*

- Consulter le document « Les sons purs et composés » disponible sur la page éducol dédié à l'enseignement scientifique.
- Avant de réaliser la décomposition de Fourier, il faut veiller à choisir une plage de signal où l'amplitude est quasi constante pour éviter les problèmes liés à l'amortissement.
- « Piano virtuel Midi » de Laurent Minot : logiciel gratuit permettant de transformer le clavier de l'ordinateur en piano 88 touches, de simuler un très grand nombre d'instruments et d'enregistrer des sons au format MIDI.
- Des convertisseurs de fichiers au format sont disponibles en ligne.