

# Instrument de musique Son pur (simple) ou son complexe

## Sommaire

<i>Notions et contenus :</i>	-----1
<i>Compétences attendues :</i>	-----1
Introduction.	-----2
<b>-I- Son simple (ou pur), son complexe.</b>	<b>-----2</b>
1. Définition.	----- 2
2. Exemples.	----- 2
1.2. Analyse de courbes.	-----2
2.2. Le clap.	-----2
3. Comment créer un son complexe à partir d'un son simple (ou pur) ?	----- 3
4. Spectre fréquentiel d'un son	----- 3
5. Généralisation en utilisant l'ordinateur.	----- 4
<b>-II- Comment analyser un son complexe à l'ordinateur ?</b>	<b>-----4</b>
<b>-III- Comparer la hauteur et le timbre.</b>	<b>-----5</b>
1. Enregistrement des sons. <i>(si le temps le permet)</i>	----- 5
2. Analyse spectrale.	----- 5
1.2. Pour des sons enregistrés.	-----5
2.2. Pour des sons pré-enregistrés.	-----5

### Notions et contenus :

- Ondes sonores (et ultrasonores)
- Analyse spectrale. Hauteur et timbre

### Compétences attendues :

- Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.
- Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.

## Introduction.

Les instruments de musique sont habituellement classés en trois catégories :

- Les instruments à cordes comme le violoncelle, le violon le piano, la guitare, etc...
- Les instruments à vent comme la flûte, la clarinette, le trombone, etc...
- Les instruments à percussion comme le tambour, le triangle, le xylophone, etc...

## -I-Son simple (ou pur), son complexe.

### 1. Définition.

Un **son simple (ou pur)** est caractérisé par une vibration périodique sinusoïdale. (Les variations de pression en un point de l'espace évoluent sinusoïdalement en fonction du temps.)

Un son qui n'est pas caractérisé par une vibration périodique sinusoïdale est **complexe**.

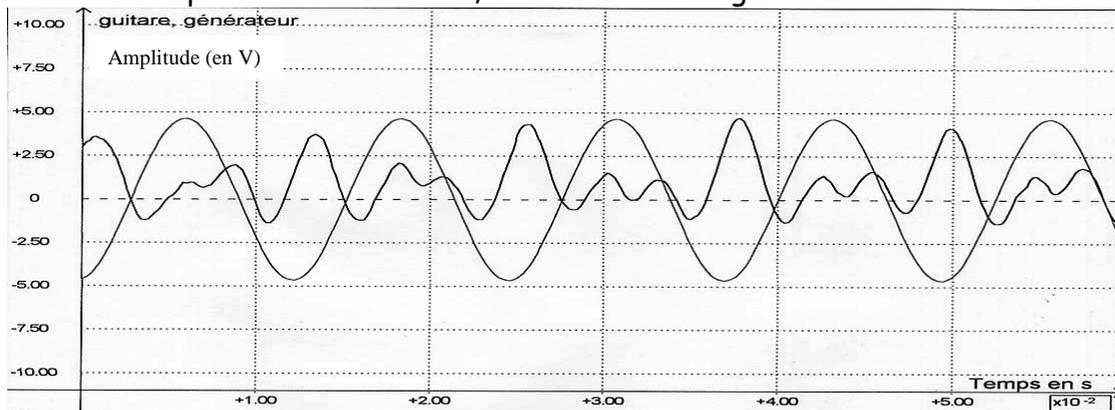
### 2. Exemples.

#### 1.2. Analyse de courbes.

On a produit 2 sons:

- un son à l'aide d'un haut-parleur relié à un GBF qui délivre une tension sinusoïdale
- un son en pinçant la seconde corde d'une guitare.

En utilisant le microphone et l'ordinateur, on a obtenu l'enregistrement ci-dessous.



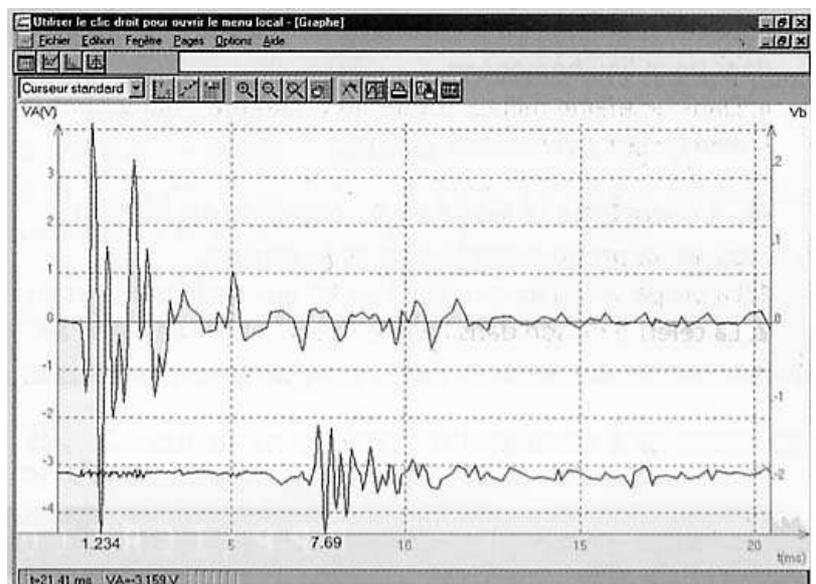
- Comparer les graphes représentatifs des deux sons précédents. Conclure.
- Essayer d'attribuer chacune des courbes à un des deux sons.

#### 2.2. Le clap.

On a produit un « clap » devant deux micros séparés d'une distance  $d = 2,20$  m à une température ambiante de  $20^\circ\text{C}$ .

Les tensions électriques produites par les micros sont enregistrées.

- Que peut-on dire du son produit par un « clap » ?
- Quelle différence peut-on noter entre celui-ci et le son produit par la guitare ?
- Donner une méthode pour pouvoir déterminer la célérité du son à partir de ce montage et de ces mesures.
- Calculer cette célérité du son  $c_{\text{exp}}$ .
- On sait que la célérité du son dans l'air à  $20^\circ$  est de  $c_{\text{th}} = 343,4$  m/s. Déterminer l'écart relatif. Conclure.

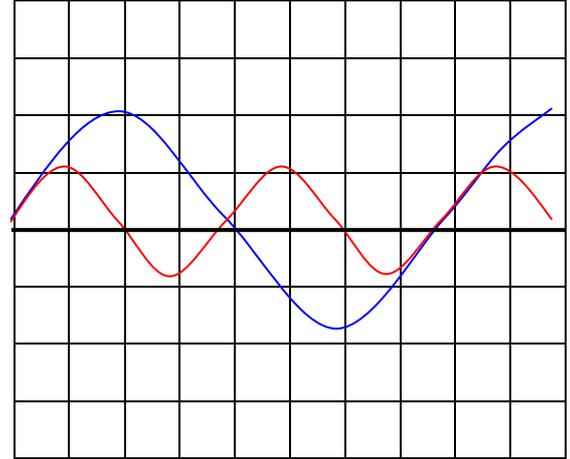


### 3. Comment créer un son complexe à partir d'un son simple (ou pur) ?

L'oscillogramme représente deux tensions électriques  $u_1(t)$  (dont l'amplitude est la plus grande) et  $u_2(t)$ .

On a:

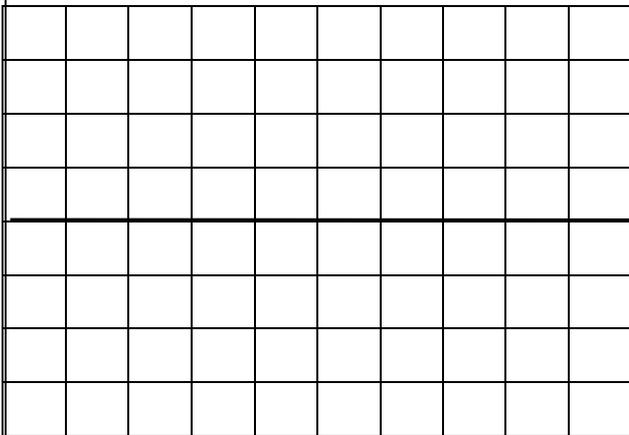
- la sensibilité horizontale (balayage) : 0,5 ms/div.
- La sensibilité verticale : 2V/div.



h) Compléter la phrase suivante :

Ces tensions électriques d'amplitudes respectives .....  
 représentent les enregistrements de deux sons .....  
 de fréquences respectives.....

i) Sur l'oscillogramme ci-dessous représenter, en conservant les mêmes sensibilités, la tension  $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$



j) Compléter la phrase suivante :

La tension  $u(t)$  représente l'enregistrement d'un son .....

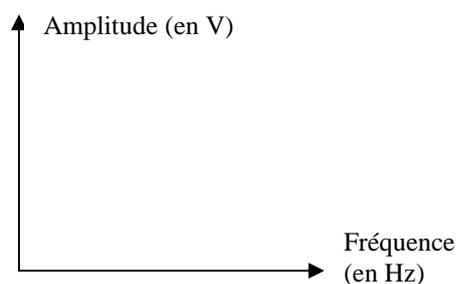
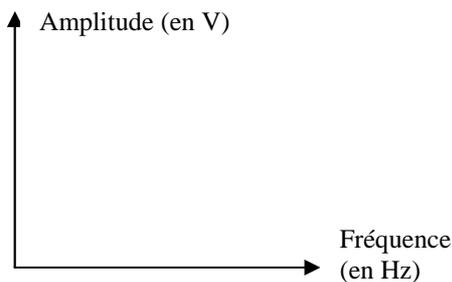
k) Quelle remarque peut-on faire entre la période du son représentée par  $u(t)$  et celle représentée par  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$ .

**On dit que  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  sont les composantes de  $u(t)$ .**

### 4. Spectre fréquentiel d'un son

**On appelle spectre fréquentiel d'un signal électrique, le graphe donnant en abscisse les fréquences des composantes de ce signal et en ordonnée les amplitudes de ces composantes.**

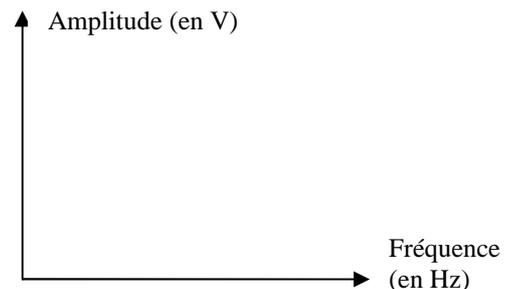
D) Donner ci-dessous les spectres fréquentiels des sons représentés respectivement par  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ .



Donner le spectre fréquentiel de  $u(t)$ . =>

m) Compléter la phrase suivante :

Le son ..... dont l'enregistrement est  $u(t)$  peut donc être décomposé en une somme de deux vibrations périodiques sinusoïdales appelées composantes de ce son et dont les enregistrements sont ..... et .....



n) Comment peut-on distinguer un son simple (ou pur) d'un son complexe en observant son spectre fréquentiel ?

## 5. Généralisation en utilisant l'ordinateur.

☞ Ouvrir le logiciel **Synchronie 2006**.

☞ Dans le menu --- **Traitements** --- sélectionner--- **Synthèse harmonique**, une petite fenêtre s'ouvre, proposant "**nouveau spectre**"--- cliquer sur **OK**.

La fenêtre n°2 qui apparaît donne (en rouge) la représentation en fonction du temps du signal synthétisé (nul pour l'instant) et en bleu le signal initial (nul également).

☞ Cliquer sur l'**onglet valeur** en bas de la page.

☞ Dans la **série sinus** choisir une **amplitude de 2V** pour la **fréquence de 100.1 Hz** et valider par la touche **entrée** du clavier.

Dans la fenêtre n°2 apparaissent le signal synthétisé et le signal initial.

☞ **Désactiver** le signal initial de cette fenêtre (**double clic sur initial et décocher la fenêtre puis OK**).

Dans la fenêtre d'analyse n°2 apparaît le spectre fréquentiel du signal synthétisé.

o) Déterminer la période de ce signal.

p) Observer le signal ainsi obtenu et indiquer si ce signal est simple (ou pur) ou complexe.

☞ **Ajouter** une composante **en sinus d'amplitude 2 V** et de **fréquence 2x100.1 soit 200.2 Hz** au signal précédent puis valider par la touche **entrée** du clavier.

q) Observer le signal ainsi obtenu et indiquer si le nouveau signal est simple (ou pur) ou complexe.

r) Déterminer sa période si elle existe.

☞ **Ajouter** une composante **en sinus d'amplitude 2V** et de **fréquence 3x100.1 Hz puis 4x100.1 Hz**.

s) Déterminer à chaque fois la période du signal obtenu en précisant sa nature (simple ou complexe).

☞ **Revenir** maintenant au signal sinusoïdal de fréquence 100.1 Hz. **Ajouter** une composante **en sinus d'amplitude 2V** et de **fréquence 150.2 Hz**.

t) Observer le signal ainsi obtenu. Est-il simple ou complexe ? Que peut-on dire de sa période si elle existe ?

u) **Conclusion :** (Compléter les phrases suivantes)

Un son complexe peut être décomposé en une "somme" de vibrations périodiques sinusoïdales.

- Si on ajoute à une vibration sinusoïdale de fréquence  $f_1$  des vibrations périodiques sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples de  $f_1$ , on obtient une vibration qui n'est plus..... (donc un son .....) mais qui reste ..... et de fréquence .....
- Si on ajoute à une vibration sinusoïdale de fréquence  $f_1$  des vibrations périodiques sinusoïdales dont les fréquences ne sont pas des multiples de  $f_1$ , on obtient une vibration qui n'est plus ..... (donc un son .....) et dont la fréquence si elle existe n'est plus égale à .....

## -II- Comment analyser un son complexe à l'ordinateur ?

**Analyser un son complexe, c'est rechercher l'ensemble des fréquences de ses composantes ainsi que leurs amplitudes.**

Nous allons utiliser dans ce but l'analyse de Fourier que propose le logiciel Synchronie 2000.

☞ Ouvrir le logiciel **Synchronie 2003 ou 2006**.

☞ Dans le dossier **Travail** --- choisir --- **Guitare1**.

☞ Dans le menu --- **Traitements** --- choisir --- **Analyse de Fourier**.

☞ Identifier le **signal à analyser (EA0)** et utiliser le bouton **sélection** pour choisir la partie de courbe à analyser (**pointer et cliquer** un fois sur le **départ** de votre sélection puis **pointer et double cliquer** sur le **point final** de votre sélection). Choisir une **période**. Enfin, cliquer sur **calculer**.

Dans une nouvelle fenêtre (**analyse n°1**) apparaît alors le spectre fréquentiel du signal analysé.

Si l'échelle proposée en abscisse n'est pas adaptée, cliquer deux fois sur **une valeur affichée sur l'axe horizontal** pour la modifier. Dans la petite fenêtre qui apparaît choisir comme **minimum 0** et comme **maximum 1000 Hz**.

v) Donner la composition spectrale du son analysé.

w) Donner sa fréquence.

☞ Faire l'analyse de Fourier des signaux enregistrés dans Guitare 2, 3 et 4.

### -III- Comparer la hauteur et le timbre.

A l'aide du logiciel Audacity nous allons enregistrer et analyser différents sons.

#### 1. Enregistrement des sons. (si le temps le permet)

✎ A l'aide de la Fiche Méthode d'utilisation de Audacity, enregistrer (environ 5s):

- 3 sons différents d'une même hauteur (528 Hz) à l'aide de 3 instruments différents (diapason, guitare, flûte, HP,....)
- 1 son de hauteur différente (la<sub>3</sub> 440 Hz)

#### 2. Analyse spectrale.

Deux cas de figure:

- soit le temps a permis aux élèves d'obtenir des sons exploitables => 1.2
- soit le temps n'a pas permis aux élèves d'obtenir des sons exploitables => 2.2

##### 1.2. Pour des sons enregistrés.

✎ Pour chacun des fichiers sons (4 au total), à l'aide de la Fiche Méthode d'utilisation de Audacity, faire l'analyse spectrale et relever le fondamentale et chacune des harmoniques (si il y en a).

##### 2.2. Pour des sons pré-enregistrés.

Utiliser les sons pré-enregistrés par le professeur (à 528Hz et 440Hz).

✎ Pour chacun des fichiers sons (4 au total), à l'aide de la Fiche Méthode d'utilisation de Audacity, faire l'analyse spectrale et relever le fondamentale et chacune des harmoniques.

Etudier dans l'ordre suivant:

- 528-diapason
- 528-HP
- 528-flûte
- 440Hz\_44100Hz\_16bit

#### Comparer les 3 sons à 528Hz:

- x) Observer chacune des courbes (l'enveloppe) et les comparer.
- y) Que constate-t-on comme différence(s) entre les 3 spectres (harmonique(s))?
- z) A quoi sont dues ces différences? Quel est le terme qui résume ces différences?

#### Comparer les 2 sons à 440Hz et 528Hz contenant uniquement le fondamental: