

TP : Introduction à la synthèse du son

1- Introduction

Ce TP permet d'appréhender les fonctions de base en matière de synthèse du son :

- oscillateur et réglage de fréquence,
- générateur d'enveloppe et contrôle de l'amplitude,
- générateur d'enveloppe et contrôle de la fréquence,
- création d'un vibrato par ajout d'un LFO,
- synthèse additive ou soustractive,
- etc.

Il faut lire les textes explicatifs ici et réaliser les petites expériences grâce aux logiciels Synth1.app à Synth7.app.

Note : ces logiciels sont réalisés à l'aide du logiciel Max/MSP, un logiciel de programmation musicale à l'aide de petits blocs graphique.

2- Synthèse additive

a) Oscillateur simple

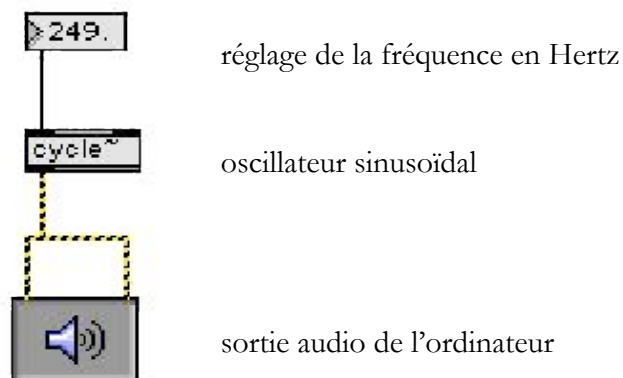


Figure 1 : oscillateur sinusoïdal dans le logiciel Max/MSP.

Exercice 1 : Synth1.app

C'est un synthétiseur minimaliste qui génère une sinusoïde.

Jouer à la souris avec le clavier. Jouer avec le réglage de fréquence.

Q1 : quel est le numéro de note MIDI du La 440 Hz (A4 en norme européenne, mais A3 aux USA) ?

Q2 : quel est le problème de ce synthétiseur ?

b) Synthèse additive : addition de plusieurs oscillateurs simples

La synthèse additive repose sur le théorème de Fourier, qui dit que tout son complexe peut être décomposé en une somme de sinusoïdes de fréquences et d'amplitudes adéquates.

On dit aussi qu'un son complexe contient de plusieurs harmoniques.

Voir les rappels d'acoustique en image en page suivante.

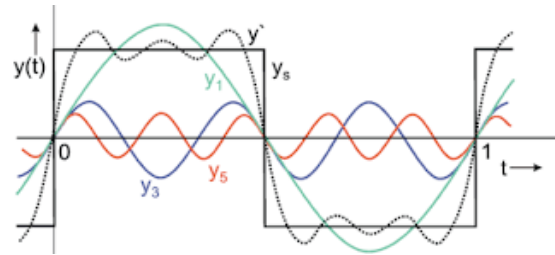
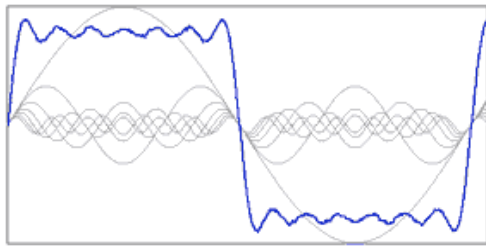


Figure 2 : synthèse d'un signal carré d'onde par addition de sinusoïdes

à gauche : l'addition d'une dizaine de sinusoïdes donne la courbe bleue ;
à droite : l'addition de 3 sinusoïdes donne la courbe noire (modestement ressemblante).

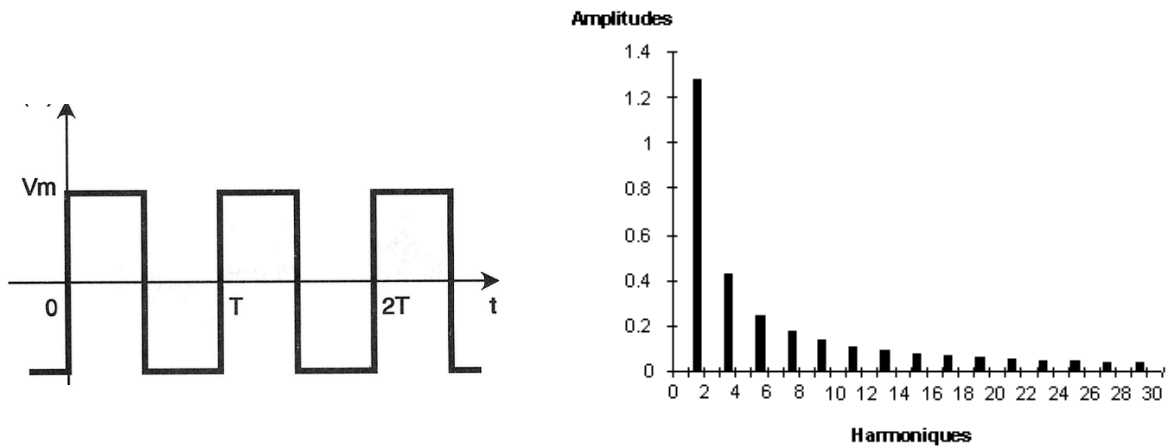


Figure 3 : forme d'onde / spectre / sonagramme d'un signal complexe (carré)

à gauche : forme d'onde carrée (amplitude du signal en fonction du temps) ;
à droite : spectre d'un signal carré (amplitude des harmoniques en fonction de la fréquence)

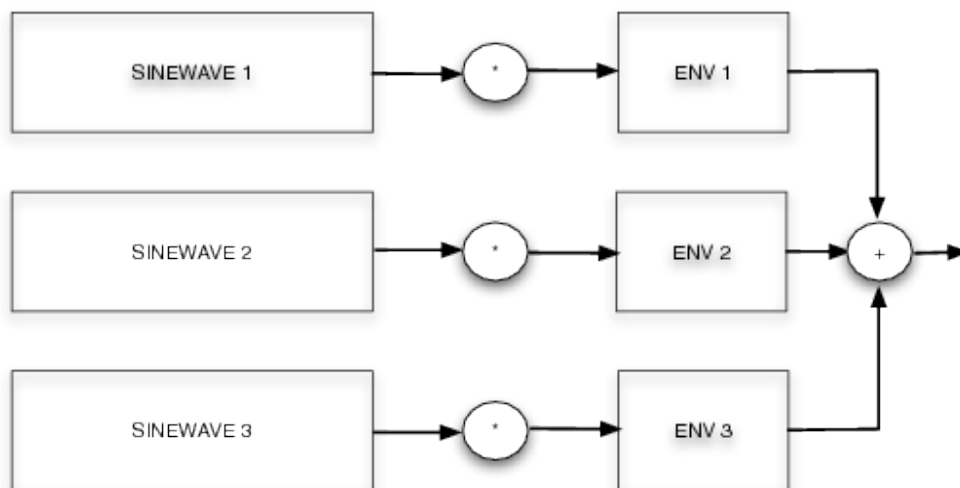


Figure 4 : représentation graphique du principe de la synthèse additive

3 sinusoïdes (dont l'amplitude est contrôlée par un générateur d'enveloppe) sont additionnées.

Exercice 2 : Synth2.app

C'est un synthétiseur qui additionne 4 sinusoides afin de produire un son complexe.

Jouer avec le clavier. Jouer avec le réglage des 4 fréquences.

Par défaut (jeu au clavier), les 4 fréquences sont multiples de la fondamentale : $x2$, $x3$, $x4$; afin de produire un son harmonique.

Modifiez les coefficients multiplicateurs et jouer de nouveau au clavier.

Q3 : quel est le problème de ce synthétiseur ? (déjà cité précédemment)

Q4 : quel est le problème si l'on veut contrôler le timbre ?

3- Architecture d'un synthétiseur

a) La synthèse du son se fait par modules :

contrôle de
la fréquence

choix de la
forme d'onde

contrôle
du timbre

contrôle
de l'enveloppe d'amplitude

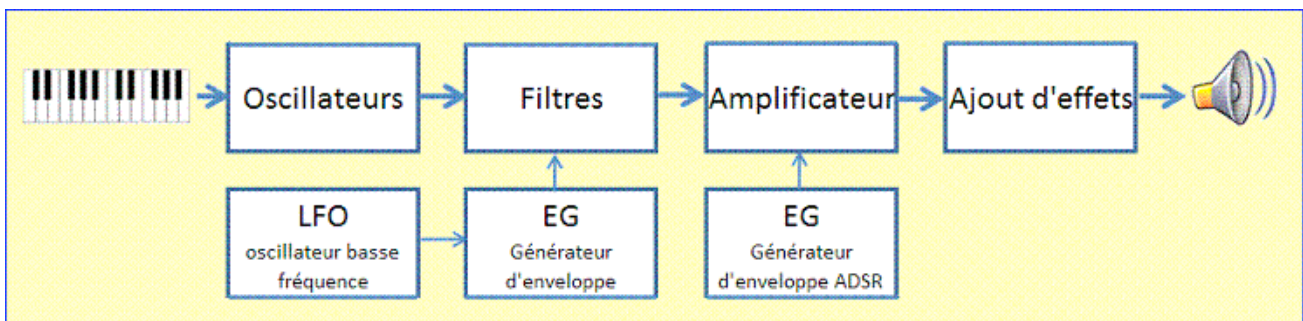


Figure 5 : architecture type d'un synthétiseur

| | |
|------------------------------|---|
| geste instrumental humain | dispositifs automatiques pré-réglés par l'utilisateur |
|------------------------------|---|

b) Générateur d'enveloppe

Une enveloppe est une fonction qui varie automatiquement au cours du temps.

Les enveloppes des synthétiseurs ont souvent 4 segments : ADSR = Attaque, Decay ou Décroissance, Sustain ou tenu, Release ou Résonance.

L'enveloppe est une fonction automatique qui peut modifier la fréquence, le filtre ou l'amplitude.

Exercice 3 : Synth3env.app

C'est un synthétiseur à 1 oscillateur doté d'un générateur d'enveloppe.

Jouer avec le clavier. Jouer avec le réglage de l'enveloppe.

Créer des sons avec une attaque rapide ou molle, un son itératif, un son qui rebondit, un son qui ne se termine jamais...

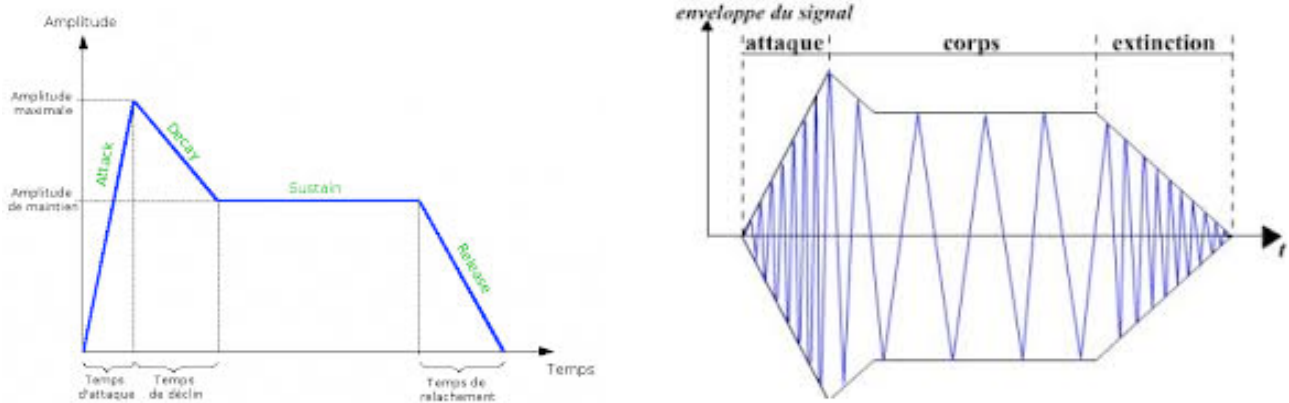


Figure 6: représentation graphique d'un enveloppe de type ADSR

À gauche : l'enveloppe en 4 segments ;

À droite : l'amplitude d'un signal audio est « moulée » (multipliée) par l'enveloppe.

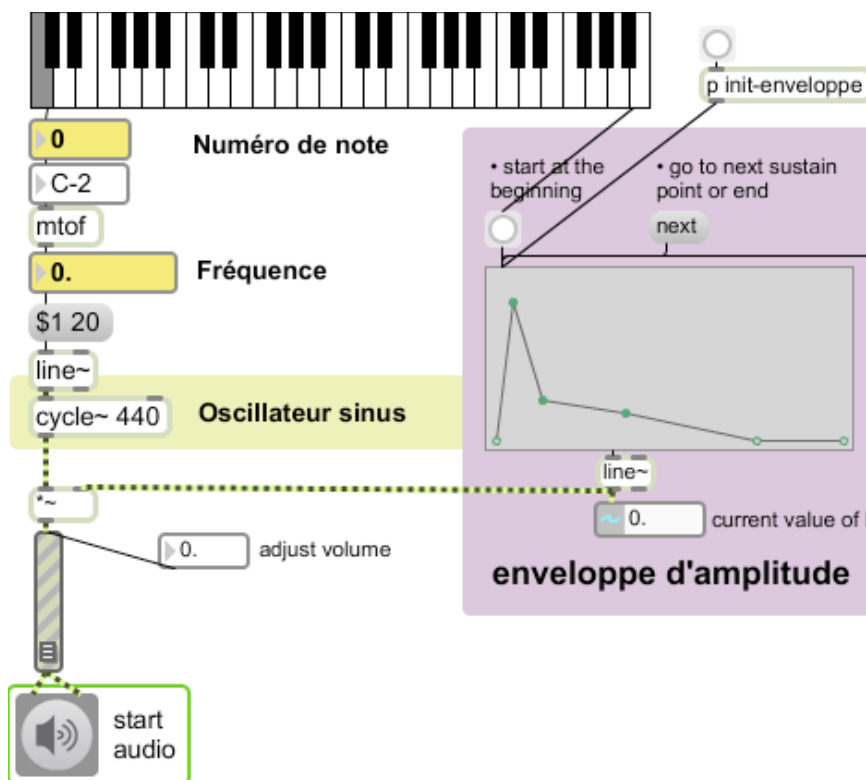


Figure 7: synthèse à 1 oscillateur avec 1 générateur d'enveloppe d'amplitude

Préparatifs avant de jouer : l'être humain règle l'enveloppe ;

Jeu instrumental : l'humain joue une note et le générateur d'enveloppe contrôle l'évolution de l'amplitude au cours du temps ; à la fin de la note, le générateur d'enveloppe « fait taire » l'oscillateur (et résout ainsi le problème mis en évidence dans les premiers exemples).

4- Synthèse additive (suite)

Exercice 4 : Synth4env.app

C'est un synthétiseur à 3 oscillateurs doté chacun d'un générateur d'enveloppe indépendants.

Jouer avec le clavier. Jouer avec les réglages des 3 enveloppes.

Si l'on met 3 enveloppes très différentes dans leur évolution, on peut entendre la vie sonore de chaque harmonique ; Si les enveloppes sont assez similaires, alors il y a fusion timbrale.

Exercice 5 : Synth5freqenv.app

C'est un synthétiseur à 1 oscillateur doté de 2 générateurs d'enveloppe indépendants : un générateur d'enveloppe d'amplitude et un générateur d'enveloppe (ou de contrôle) de fréquence.

Jouer avec le clavier. Jouer avec les réglages des 2 enveloppes.

Il faut comprendre :

- l'aspect modulaire d'un synthétiseur,
- qu'un générateur d'enveloppe est une fonction qui peut s'appliquer à n'importe quel paramètre du son : fréquence, amplitude, filtre...

Exercice 6 : Synth6freqLFO.app

C'est un synthétiseur à 1 oscillateur doté d'1 générateur d'enveloppe d'amplitude et d'un LFO. Un LFO (*Low Frequency Oscillator*) est un générateur de basses fréquences (entre 0 et 10 Hz) permettant d'engendrer un vibrato.

Jouer avec le clavier. Jouer avec les réglages de l'enveloppe et du LFO (fréquence et amplitude).

Il faut comprendre :

- l'aspect modulaire d'un synthétiseur,
- qu'un LFO est une autre fonction qui peut s'appliquer à n'importe quel paramètre du son : fréquence, amplitude, filtre...

La synthèse additive est une méthode simple pour engendrer des sons avec peu d'harmoniques.

Pour engendrer des sons riches en harmoniques, il vaut mieux prendre un signal carré (naturellement riche en harmoniques) et le filtrer (= enlever ou raboter des harmoniques). On parle de synthèse soustractive.

5- Synthèse soustractive

La synthèse soustractive peut être envisagée comme l'opposée de la synthèse additive. En synthèse additive, l'utilisateur ajoute des signaux. En synthèse soustractive (ou modèle source-filtre), un signal au spectre riche est filtré afin de lui soustraire des harmoniques. Le bruit de l'océan ou du vent possède un spectre très riche.

Ce modèle correspond au fonctionnement de la plupart des instruments de musique acoustique ou de la voix humaine : un son riche est filtré.

Exemple : pour la voix humaine, le bruit des cordes vocales est filtré par les cavités larynx, pharynx et fosses nasales.

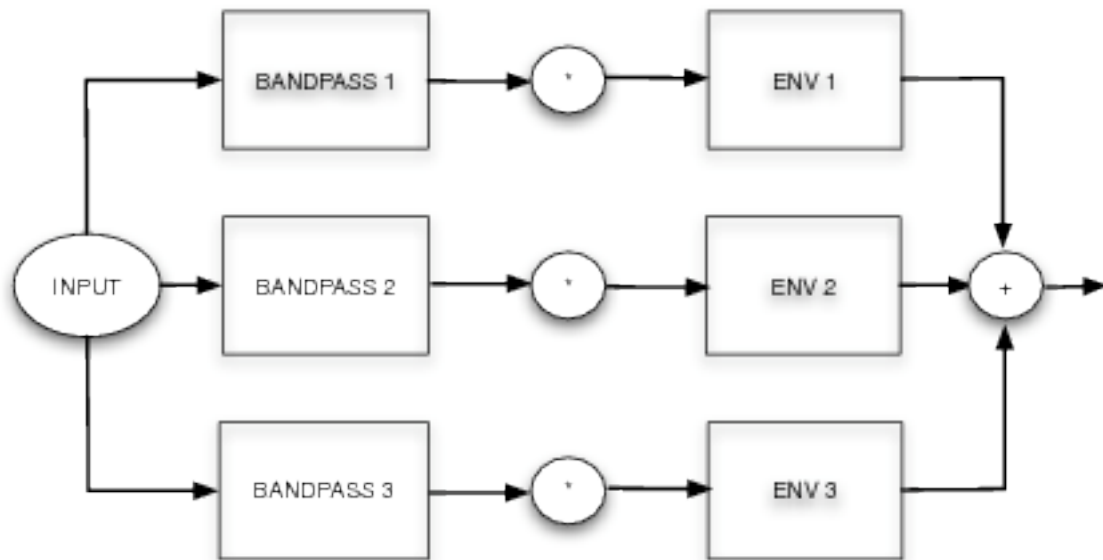


Figure 8 : schéma d'un synthétiseur soustractif (complexe)

Une source riche passe par un filtre passe-bande, puis un générateur d'enveloppe. Trois circuits identiques, mais indépendants dans leurs réglages, permettent d'offrir un résultat sonore sophistiqué.

6- Applications

In the second part of the lecture we will look at TapeSTrea (<http://taps.cs.princeton.edu/>), a software package developed at Princeton University which allows to design soundscapes for interactive media.

7- Questions de synthèse

1. Que veut dire « synthèse du son » ?
2. Quelle est la différence entre synthèse du son et échantillonnage (*sampling*) ?
3. Qu'est-ce que la synthèse additive ? Comment cela fonctionne-t-il ?
4. Qu'est-ce que la synthèse par table d'onde (*wavetable synthesis*) ? Comment cela fonctionne-t-il ?
5. Qu'est-ce que la synthèse soustractive ? Comment cela fonctionne-t-il ?
6. Quel est l'intérêt de choisir la synthèse du son (dans certains cas) face à l'échantillonnage ?