

ELE3312 Projet final

La musique adoucit les mœurs

Professeur : Jean-Pierre DAVID

Automne 2018

Version 2

Introduction

L'électronique a révolutionné le domaine de la musique de diverses manières : des dispositifs électroniques sont capables d'imiter les instruments anciens ; de nouvelles sonorités sont disponibles ; des effets sont inventés, et même de nouveaux instruments. Le projet de cette année consiste à créer un instrument de musique électronique capable d'imiter quelques instruments anciens tels que la flûte, le piano, le violon et le diapason. L'originalité de ce projet consiste principalement dans l'interface utilisateur. La hauteur de la note sera fonction de la hauteur de la main par rapport à l'instrument (déetectée au moyen des ultrasons).

Détection de la gestuelle

Deux modes de fonctionnement de l'instrument sont prévus :

Mode 1 : En tout temps, le microcontrôleur doit détecter la distance de la main par rapport au capteur ultrasonique. Si on reçoit un écho ultrasonique, cela veut dire qu'on doit jouer la note correspondant à la hauteur détectée. Sinon, aucune note ne doit être jouée. Dans ce mode, il n'y a pas de gamme ou d'échelle à proprement parler. Toutes les fréquences de notes sont possibles, comme au violon.

Mode 2 : En tout temps, le microcontrôleur doit détecter la distance de la main par rapport au capteur ultrasonique. Si la distance est stable d'une mesure à l'autre (la main est à l'arrêt), cela veut dire qu'on doit jouer la note correspondant à la hauteur détectée. Sinon, cela veut dire qu'on est en train de changer de note et aucune note ne devrait être jouée. Lorsqu'il n'y a aucun retour d'ultrason, aucune note ne doit être jouée non plus. Dans ce mode, on devra prévoir plusieurs échelles : pentatonique (la gamme habituelle en orient : do, ré, mi, sol, la), diatonique (la gamme habituelle en occident : do, ré, mi, fa, sol, la, si) et chromatique (comme sur un piano avec les blanches et les noires : do, do#, ré, ré#, mi, fa, fa#, sol, sol#, la, la#, si).

Calcul de la hauteur de la note

L'instrument pourra jouer toutes les notes entre le Do3 (261.626Hz) et le Do5 (1 046.5Hz). Les fréquences sont disponibles à la page suivante :

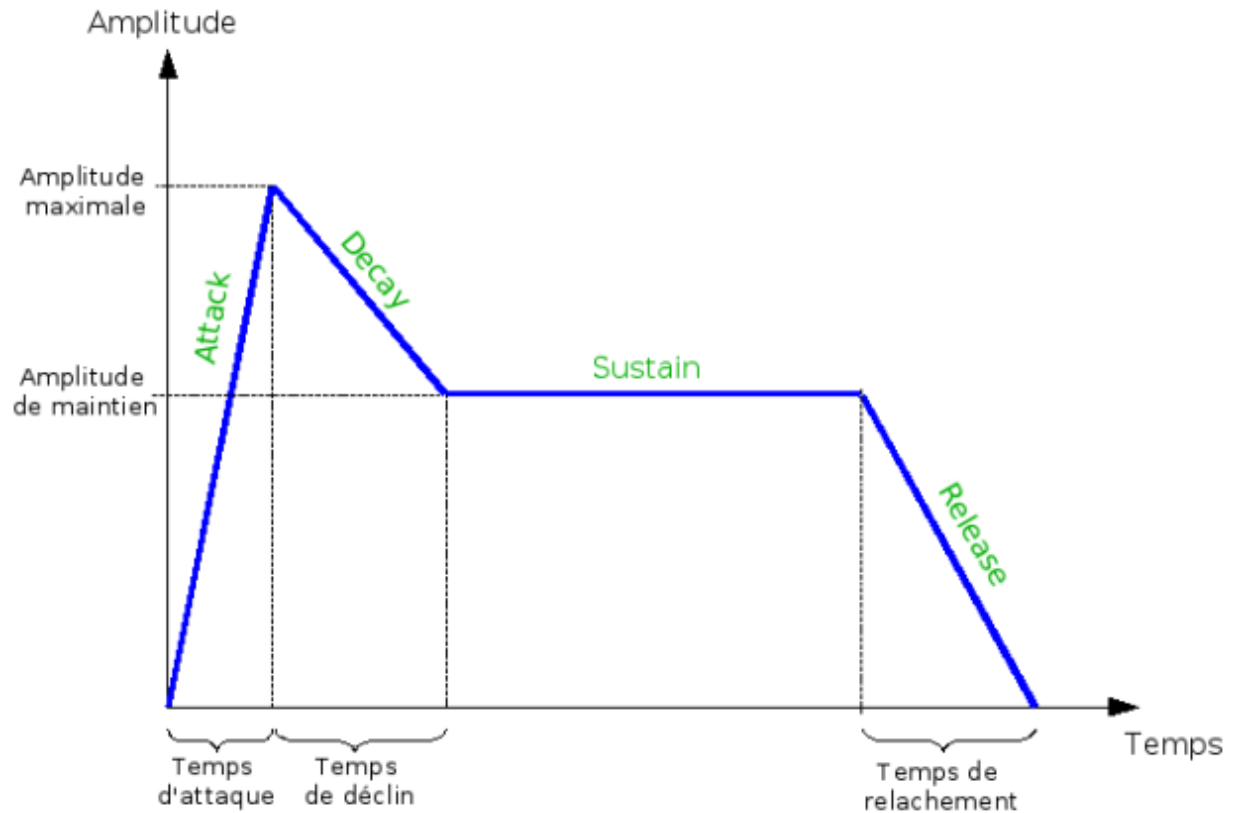
https://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quences_des_touches_du_piano

On peut aussi les calculer. Pour passer d'une note à la suivante (sur l'échelle chromatique), il suffit de multiplier la fréquence par la racine douzième de deux. De cette manière, si vous montez de douze notes, vous multipliez la fréquence par deux et vous êtes à l'octave (la même note mais plus aigüe).

Timbre d'un instrument

En gros, il y a deux paramètres qui vont définir le timbre d'un instrument : l'enveloppe et le contenu fréquentiel.

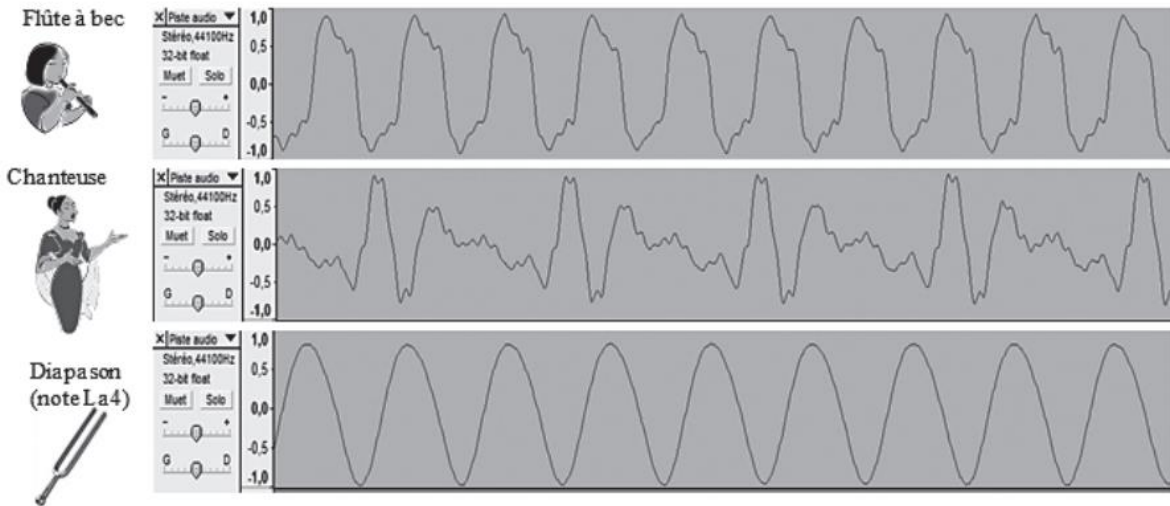
L'enveloppe : quand une note est jouée, son intensité n'est pas constante. Elle commence à zéro et varie au cours du temps selon un profil qu'on simplifie en quatre étapes :



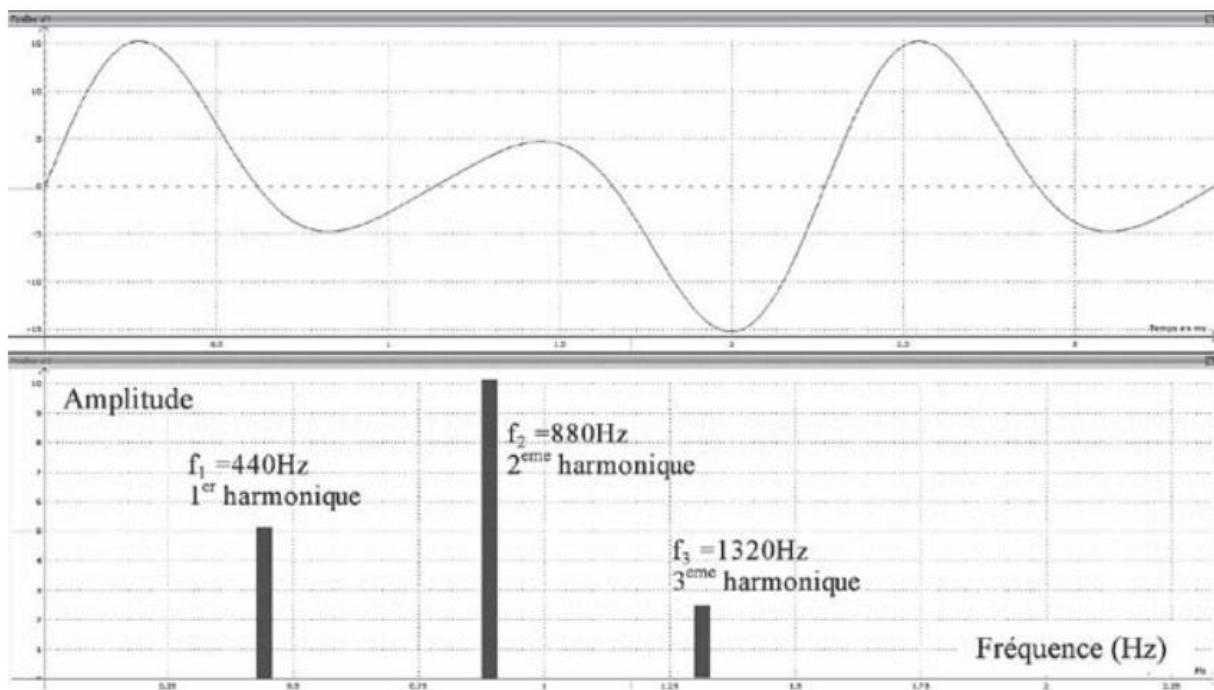
Source : INA.fr

Pendant l'attaque, l'amplitude augmente jusqu'à atteindre son maximum. Ensuite, pendant le déclin, elle baisse jusqu'à trouver un point de stabilité. Elle va y rester jusqu'à ce que la note soit relâchée. À partir de ce moment, l'amplitude retourne à zéro (relâchement). Dans le graphe ci-dessus, il faut comprendre que l'amplitude est représentée sur une échelle logarithmique.

Le contenu fréquentiel : une note *La* à 440Hz signifie que le même motif de pression acoustique va se répéter 440 fois par seconde. Si ce motif est une sinusoïde, on parle de son pur (un diapason). Mais le plus souvent, on a un motif plus complexe qu'une sinusoïde :

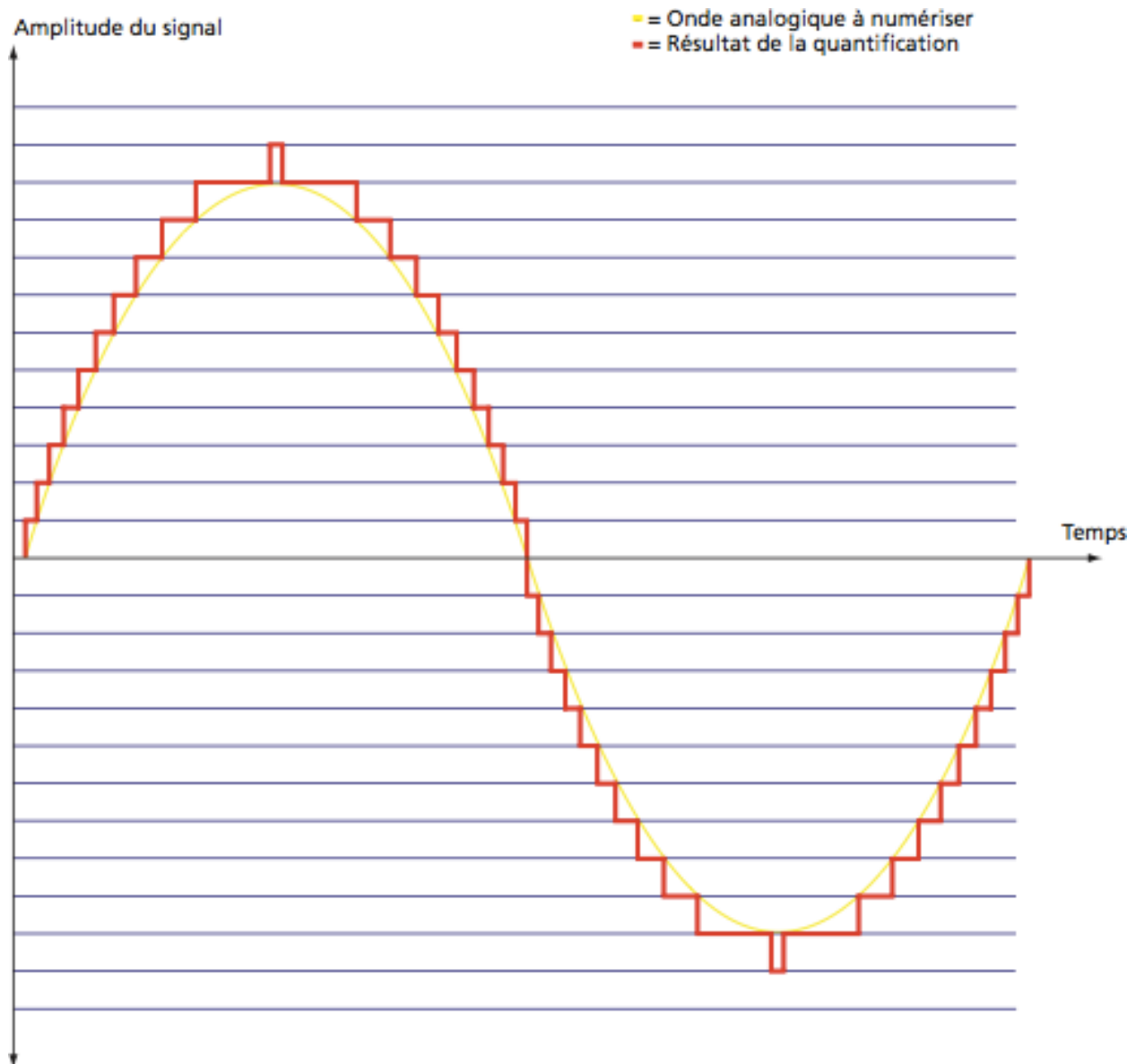


Toutefois, nous savons que tout signal périodique peut se ramener à une somme de sinusoïdes. Donc, on peut voir le timbre d'un instrument comme la distribution de l'énergie entre la fondamentale et les harmoniques :



L'échantillonnage

Votre fréquence d'échantillonnage est supposée rester constante. Dans ce projet, il est recommandé de travailler à du 40Khz, soit 25us par échantillon. Pour un *La* 440Hz, vous aurez donc $40K/440 = 90.9$ échantillons par période. Pour voir les choses autrement, à chaque échantillon, on progresse de 1,1% ($440/40k$) dans la phase de la sinusoïde :



Donc, si vous avez un tableau de données de 2000 valeurs qui représente une période complète de la sinusoïde, à chaque échantillon, vous avez un incrément de $1.1\% \times 2000 = 22$ positions dans le tableau. Vous allez donc chercher les valeurs suivantes dans le tableau :

Tab[0], Tab[22], Tab[44], Tab[66], ... Tab[1980], Tab[2002] ... ?

Or Tab[2002] n'existe pas. Par contre, comme le signal est périodique, Tab[2002] = Tab[2]. On a donc en fait un index %2000, ce qui donne finalement :

Tab[0], Tab[22], Tab[44], Tab[66], ... Tab[1980], Tab[2], Tab[24], Tab[46], Tab[68] ...

Remarquez que l'incrément pourrait aussi être un nombre fractionnaire. On prend alors l'échantillon le plus proche de notre valeur. Lorsque l'index dans le tableau dépasse 2000, on soustrait 2000 et on continue.

Les étapes du projet

Semaine 1 : La mesure de distance par ultrasons

Vous devez mesurer en permanence la distance avec les ultrasons (par interruption) et afficher cette valeur à l'écran avec un rafraichissement de 2x par seconde (par interruption également). C'est expressément que nous ne vous donnons pas d'information détaillée sur ce point. Il vous appartient de consulter les documentations pertinentes et de vous débrouiller par vous-même. SVP arrivez au laboratoire bien préparé avec des questions pertinentes !

Ce point sera vérifié et évalué en début de la semaine 2.

Semaine 2 : La production de sons de divers timbres et de diverses fréquences

Vous devez pouvoir générer les 4 timbres : la flute, le piano, le violon et le diapason

Vous devez pouvoir jouer n'importe quelle note parmi les 25 notes entre Do3 et Do5 à partir de paramètres entrés au moment de la compilation. Soit, écrire la fonction :

```
void play_note (int attack, int decay, int sustain, int release, int
note, int instrument);
```

Avec :

Attack, decay, sustain, release : les temps correspondant en nombre d'échantillons ;

note : le numéro de la note : 0 = Do3, 24=Do5;

instrument : 0=diapason, 1=piano, 2=flute, 3=violon

Ce point sera vérifié et évalué en début de la semaine 3.

Remarque importante : pour ce point, nous vous conseillons d'utiliser une technique à deux tampons (DMA) plutôt qu'un tampon circulaire. L'idée est de calculer et remplir un tampon sur le temps que le précédent se vide. Au total, on a donc besoin de deux tampons.

Semaine 3 : L'application complète

Au moyen du clavier et d'un menu graphique, pouvoir choisir entre les modes suivants :

Mode 0 : mode de débogage qui permet de faire la démonstration de la précision de la mesure ultrason (avec détection de stabilité pour produire une note) et de la production de notes de musiques (fonction play_note() définie ci-dessus).

Mode 1 : tel que défini ci-dessus

Mode 2 : tel que défini ci-dessus

Ce point sera vérifié et évalué durant la dernière période de laboratoire.

Pondération (14 points au total)

3 points pour la mesure ultrasonore :

1. Précision de la mesure
 - 1pt : on détecte correctement les 25 notes
2. La mise à jour en continu
 - 1pt : on affiche en continu la note qui devrait être jouée
3. La détection de stabilité
 - 1pt : on affiche la note uniquement lorsqu'elle est stable

4 points pour la production de sons :

4. Précision de la fréquence
 - (1% = 1pt, 2% = 0.5pt, 5%=0.25 pt)
5. Implantation correcte de l'enveloppe pour diverses valeurs (entre 10ms et 1000ms pour chaque paramètre)
 - 1pt : on distingue clairement les 4 phases à l'oscillo avec les bons timings
 - 0.75pt : on distingue les 4 phases à l'oscillo mais pas le bon timing
 - 0.5pt : on distingue au moins trois phases à l'oscillo
 - 0.25pt : on distingue au moins deux phases à l'oscillo
6. Les instruments sont assez fidèles
 - 1pt : on reconnaît les quatre instruments
 - 0.75pt : on distingue le diapason et 2 autres instruments
 - 0.50pt : on distingue le diapason et 1 autre instrument
 - 0.25pt : on reconnaît le diapason
7. La pureté du son (pas de « clics »)
 - 1pt : le son est exempt de clic en tout temps
 - 0.5pt : le son est exempt de clic la plupart du temps

4 points pour l'application complète

8. Fonctionnelle
 - 1pt : complètement fonctionnelle
 - 0.5pt : jouable mais pas complètement fonctionnelle
9. Professionnelle (avec des menus graphiques faciles à parcourir)
 - 1pt : sentiment d'avoir un « vrai » instrument de musique
 - 0.5pt : une interface graphique est présente mais rudimentaire
10. (et 11) Créativité (2 points, inventez de nouvelles fonctions)
 - 2pt : des innovations intéressantes qui représentent 6 heures de travail pour une seule personne
 - 1pt : des innovations intéressantes qui représentent 3 heures de travail pour une seule personne
 - Note : on tiendra compte des groupes qui ont un privilège à cause de leur composition particulière :
 - Chaque étudiant de mécanique aura un privilège de 0.5 points,
 - Une équipe de 3 étudiants seulement aura un privilège de 1 point.

12. (13, 14) Évaluation par les pairs

Note : Les points 1) à 7) peuvent être bonifiés lors d’une évaluation subséquente jusqu’à 80%. Par exemple, si votre précision de la mesure (point 1) est nulle en début de semaine 2, vous pouvez la faire réévaluer en semaine 3 et 4 pour une note maximale de 0.8

La dernière séance de cours est une grande compétition musicale dans laquelle chaque équipe devra :

- 1) Présenter son instrument avec ses originalités
- 2) Interpréter la musique de « El condor pasa » avec l'instrument qu'elle a créé. Vous remarquerez que, dans cette partition (voir ci-dessous), il y a une altération (la note *sol* est parfois un *sol#*). Cela devrait vous inspirer pour inventer de nouvelles fonctions.
- 3) Interpréter une petite musique de votre choix dans le mode 1

Vous serez évalués par les autres équipes au moyen d'une version simplifiée du suffrage par jugement majoritaire. En gros, vous devrez noter chaque équipe avec une mention parmi les suivantes :

- ✓ Excellent (3pt)
- ✓ Très bien (2pt)
- ✓ Bien (1pt)
- ✓ Passable (0pt)
- ✓ Insuffisant
- ✓ Très insuffisant

Votre note sera celle qui rallie minimalement 50% des suffrages. Pour le bonus, en cas d'égalité, on considérera le pourcentage exact le plus élevé. Par exemple, si vous avez recueilli les votes suivants :

5%	Excellent
25%	Très bien
30%	Bien
20%	Passable
15%	Insuffisant
5%	Très insuffisant

Au moins 50% des étudiants pensent que vous méritez "Bien" ou plus ... et en fait, c'est même 60%

Soyez bons joueurs ! Je me réserve le droit de supprimer des voteurs ou des votes trop éloignés de la tendance ou encore d'ajuster les notes pour parer à toute situation imprévue.

Que le meilleur gagne !!!