

Rapport du projet DJ'Oz

Philippe Verbist - Antoine Paris
3521-13-00 3158-13-00

Le 4 décembre 2014

Remarque importante Si la compilation prend trop de temps (environ 4 minutes), il existe une version *sobre* de nos musiques (sans les instruments, ce qui diminue le temps de compilation à seulement 14 secondes). Pour charger cette version sobre, il suffit de remplacer la dernière ligne du fichier `exemple.dj.oz` par la ligne juste au dessus (qui normalement est en commentaire). Enfin, le fichier `out.wav` correspondant à la version original est inclus dans notre soumission.

1 Structure du programme

Comme il nous l'a été demandé, nous avons divisé notre programme en trois parties :

- une fonction `Interprete`, qui prend une partition en paramètre et renvoie une liste d'échantillons ;
- une fonction `Mix`, qui 1) prend en paramètre une fonction qui permet d'interpréter une partition et une musique et qui 2) renvoie un vecteur audio, sous la forme d'une liste de flottants compris dans l'intervalle $[-1.0; 1.0]$;
- un fichier `exemple.dj.oz`, qui contient une musique.

Le tableau suivant reprend de manière synthétique la structure de nos deux fonctions.

Fonction	Sous-fonction maîtresse	Sous-fonctions principales	Autres sous-fonctions
Interprete	InterpreteFlattened	DureeTrans, Etirer, Bourdon, Transpose, Instrument, ...	ToNote, NumberOfSemi-Tones, ...
Mix	MixMusic	MixVoice, Merge, RepetitionNB, Echo, ...	Fill, Combine, ...

2 Décisions de conception et astuces de programmation

Programmation déclarative Aucune structure non-déclarative ne s'est avérée nécessaire pour écrire notre programme ; nous n'en avons donc pas utilisé.

Récursion terminale Afin de rendre notre code plus rapide, nous avons fait en sorte que toutes nos sous-fonctions soient récursives terminales. Pour ce faire, nous avons, notamment, utilisé des accumulateurs.

Privilégier autant que possible l'appel de fonctions déjà créées Une des grandes difficultés du projet a été l'*imbrication* de données dans d'autres données. Par exemple, une musique peut contenir un filtre, qui contient un filtre, qui contient un merge, qui contient une musique, qui contient une partition, qui contient une transformation, ... Pour pouvoir faire sortir progressivement tout ces différents niveaux de données, nous avons systématiquement ré-appelé la fonction maîtresse dans chaque sous-fonction secondaire.

Astuce lors des récursions A de nombreux endroits du code, nous avons dû construire progressivement une liste. Lorsque l'on utilise un accumulateur, une technique consiste à utiliser la fonction `{Append Accumulateur NouvelElement}`. La difficulté est que `Append` parcourt tout l'accumulateur avant "d'ajouter" le nouvel élément. Or, très souvent, l'accumulateur est très grand - en particulier si la musique à mixer est grande - et le nouvel élément, très petit (il s'agit, très souvent, d'un seul élément). Pour accélérer notre code, nous inversons donc les arguments : `{Append NouvelElement Accumulateur}`, et à la fin de la fonction, nous renvoyons `{Reverse Accumulateur}`. Ceci permet de ne parcourir qu'une seule fois l'accumulateur en entier, et donc de réduire la complexité temporelle de la fonction de $\mathcal{O}(n!)$ à $\mathcal{O}(n)$. Cette technique s'est avérée particulièrement efficace lorsque nous devons construire un vecteur audio d'une certaine fréquence (fonction `Fill`), dont la longueur moyenne est de 44 100 éléments (ce qui correspond à 1 seconde).

Astuce lors de Reverse : l'astuce précédente, bien qu'elle permet d'accélérer grandement nos fonctions, a amené un problème : si `NouvelElement` est une liste, alors non seulement les éléments ne seront plus dans l'ordre, mais en plus il sera impossible de les reclasser dans le bon ordre en appelant `{Reverse Acc}`. Pour corriger ce problème, nous avons créé une liste de listes (voir Figure 1), et, ensuite, renvoyé la liste `{Flatten {Reverse Acc}}`.



FIGURE 1 – A gauche : une liste qu'il est impossible de reclasser dans le bon ordre. A droite : une liste de listes qu'il est possible de reclasser dans le bon ordre en appelant `Reverse`.

3 Complexité calculatoire

Dans cette section, nous donnons les complexité calculatoire propre de chaque fonction, c'est à dire sans tenir des sous-fonctions utilisées.

Fonctions	Temporelle
InterpreteFlattened	$\mathcal{O}(n)$
DureeTrans WantedDuration Part	$\mathcal{O}(n)$, taille de Part
Etirer Facteur Part	$\mathcal{O}(n)$, taille de Part
Bourdon Note Part	$\mathcal{O}(n)$, taille de Part
Transpose Demitons Part	$\mathcal{O}(n)$, taille de Part
Instrument InstrumentAtom Part	$\mathcal{O}(n)$, taille de Part
VoiceDuration ListEchantillon	$\mathcal{O}(n)$, taille de ListEchantillon
NumberOfSemiTones Note	$\mathcal{O}(1)$
NameToNumber Name	$\mathcal{O}(1)$
ToNote Note	$\mathcal{O}(1)$
MixMusic Music	$\mathcal{O}(n)$, taille de Music
MixVoice Voice	$\mathcal{O}(n)$, taille de Voice
Fill F Duree	$\mathcal{O}(n)$, valeur de Duree
Merge MusicsWithIntensity	$\mathcal{O}(n)$, taille de MusicsWithIntensity
Combine L1 L2	$\mathcal{O}(n)$, taille de la plus grande des listes
Lissage AV Duree	$\mathcal{O}(n)$, taille de AV
HauteurToNote Hauteur	$\mathcal{O}(1)$
NumberToNote Number	$\mathcal{O}(1)$
Repetition NB AV	$\mathcal{O}(n)$, valeur de NB
RepetitionDuree Duree AV	$\mathcal{O}(n)$, valeur de Duree
Clip Bas Haut OldAudioVector	$\mathcal{O}(n)$, taille de OldAudioVector
Echo Delai Decadence Repetition Part	$\mathcal{O}(n)$, nombre de répétitions
Sum Repetition Decadence	$\mathcal{O}(n)$, nombre de répétitions
Fondu Ouverture Fermeture AV	$\mathcal{O}(n)$, la taille de AV
FonduEnchaine Duree AV1 AV2	$\mathcal{O}(n)$, la taille de AV1
Couper Begin End AV	$\mathcal{O}(n)$, la taille de AV

4 Extensions

Nous avons créé deux extensions : la possibilité d'utiliser un instrument, d'une part, et une fonction de lissage de notes, d'autre part.

4.1 Instrument

Cette extension permet de mettre à profit le champ instrument des échantillons. Pour ce faire, nous avons, comme suggéré dans les consignes, étendu la grammaire des transformations des partitions avec la transformation `instrument(nom :<nom> <partition>)`. Ainsi, si le champ instrument d'un échantillon n'est pas none, un fichier audio correspondant à l'instrument et à la note de l'échantillon est chargé et est coupé afin de correspondre à la longueur de l'échantillon.

4.2 Lissage

Cette fonction permet de supprimer les bruits désagréables entre chaque note en adoucissant le début et la fin de ces dernières. Pour ce faire, nous avons modélisé une enveloppe sonore du type ADSR ("Attack - Decay - Sustain - Release")¹. Cette enveloppe commence par une zone de croissance (Attack) jusqu'à un maximum, puis diminue (Decay) pour atteindre une zone stable (Sustain) et finalement la fin de la note (Release). Les différents paramètres de la courbe que nous avons introduits sont, pour une note d'une durée d'une seconde :

- Attack : durée de 0.1s, passage d'une amplitude de 0 à 100% ;
- Decay : durée de 0.05s, passage d'une amplitude de 100 à 90% ;
- Sustain : durée de 0.7s ;
- Release : durée de 0.15s, passage d'une amplitude de 90 à 0%.

Les paramètres de durée s'ajustent automatiquement en fonction de la durée de la note. Par ailleurs, chacun de ces paramètres peut être aisément modifié.

Cette transformation est appliquée par défaut à tous les vecteurs audio synthétisés à partir d'un échantillon ou d'un instrument.

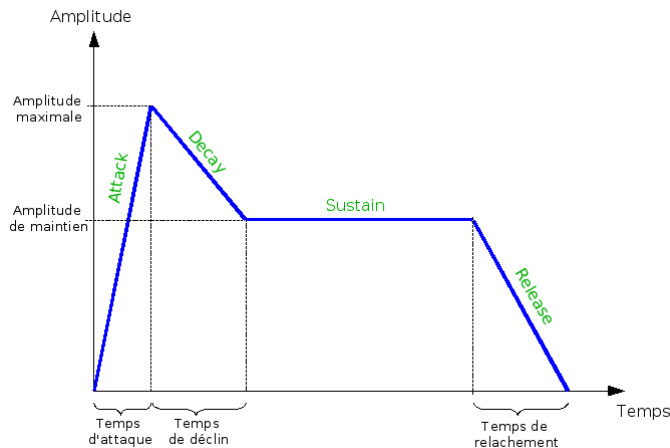


FIGURE 2 – Enveloppe sonore ADSR : modèle théorique

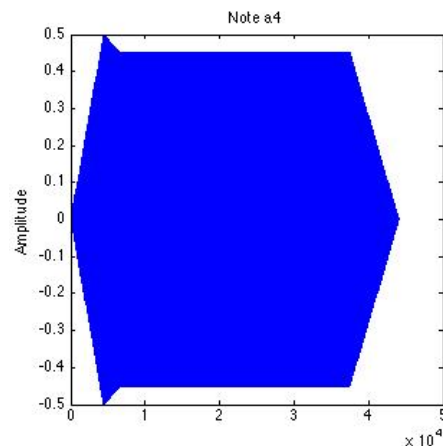


FIGURE 3 – Affichage d'un de nos fichiers wave contenant une note lissée

5 Limitation du programme et difficultés perçues

5.1 Limitation du programme

Une amélioration de notre programme serait la gestion des erreurs, puisque il arrive très souvent qu'une partition ou une musique soit mal écrite dans le fichier .dj.oz. Il serait donc bien de retourner un message d'erreur expliquant que la partition est mal formatée plutôt que de laisser le programme se planter. La seule erreur qui a été gérée est le cas où l'instrument n'existe pas (ou le cas où l'instrument existe mais pas la note correspondante. Par exemple, il n'existe pas de note *g2* pour l'instrument *bassdist*). Dans ce cas nous retournons un message d'erreur et remplaçons la son de l'instrument par une note pure.

5.2 Difficultés rencontrées

5.2.1 Durée de compilation

Il est difficile de réaliser un code efficace en terme de rapidité. Nous avons en effet une vingtaine de fonctions s'appelant souvent entre elles et manipulant des listes ou des records de taille assez conséquente. Nous avons essayé d'optimiser au mieux notre code en utilisant le plus possible des fonctions récursives terminales.

5.2.2 Compréhension des consignes

Comme annoncé, une des parties les plus difficiles du projet consiste à comprendre les consignes. On se perd facilement parmi toutes les définitions (partition, voix, échantillon, musique, morceau, vecteur audio, etc) et on finit par ne plus savoir si tel ou tel fonction a besoin d'une partition ou d'une musique en argument. Pour pallier au mieux à ce problème, nous avons essayé de commenter chaque fonction en décrivant brièvement l'input et l'output.

1. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Enveloppe_sonore