HAL
open science

CONTRÔLE GESTUEL DE TRANSFORMATION DE FICHIERS SONORES PAR TECHNIQUES GRANULAIRES: LE ARPGRAN

Loïc Kessous

To cite this version:

Loïc Kessous. CONTRÔLE GESTUEL DE TRANSFORMATION DE FICHIERS SONORES PAR TECHNIQUES GRANULAIRES: LE ARPGRAN. Journées d'Informatique Musicale, Mar 2008, Albi, France. hal-03120843

HAL Id: hal-03120843

https://hal.science/hal-03120843v1

Submitted on 25 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONTROLE GESTUEL DE TRANSFORMATION DE FICHIERS SONORES PAR TECHNIQUES GRANULAIRES: LE ARPGRAN

Loic Kessous
LIMSI-CNRS
CHM-PS
Orsay, France
kessous@limsi.fr

1. INTRODUCTION

Dans cet article un instrument pour le contrôle gestuel de processus de synthèse granulaire est présenté. Cet instrument, appelé le « ArpGran », est destiné au contrôle gestuel de la manipulation de segments sonores enregistrés par des techniques granulaires. Le domaine des transformations granulaires est un domaine proche de celui des si populaires « échantillonneurs » qui, aujourd'hui disponibles sous des formes logicielles tendent, de plus en plus, à proposer des possibilités musicales supérieures au fait de simplement lire un fichier son à une vitesse variable comme c'était le cas des premières machines de ce type. Le nombre de paramètres de contrôle étant élevé, une stratégie de contrôle gestuel devient donc nécessaire. Deux périphériques, une tablette graphique et une surface tactile sont utilisées dans cette exemple. il sont utilisés simultanément, chaque mains contrôlant l'un deux.

2. DESCRIPTION

Le « ArpGran » est un instrument basé sur des techniques granulaires. Il permet d'articuler des segments sonores contenus dans des fichiers numériques. Il regroupe des concepts comme le « Scrubbing », la granulation, la transposition tonale, les effets basés sur les retards et les différences de phase ainsi que la panoramisation ou la spatialisation. Une partie du contrôle est algorithmique mais avec la présence d'un contrôle de haut niveau par le geste.

La main préférée agit principalement en utilisant la technique du « Scrubbing ». Le « Scrubbing » est utilisé dans certains éditeurs et séquenceurs audio, il consiste à lire un son « à la main » en se déplaçant avec le curseur de la souris sur la forme d'onde représentant un fichier sonore. Cette main contrôle également la transposition tonale par l'intermédiaire notamment de la position verticale.

La main non préférée contrôle des paramètres liés à la structure de chaque grain, leurs tailles, leurs positions spatiales mais aussi, par l'intermédiaire d'une couche de contrôle algorithmique, les variations de la transposition tonale. En simplifiant, on peut dire que la main préférée gère plutôt la lecture « à la main » du segment sonore alors que l'autre main s'occupe plutôt de la granulation.

La granulation permet, par exemple, d'obtenir un effet de « texturisation » sur des sons enregistrés ou encore d' « explosion du son » ou même des effets relatifs à des réverbérations, échos, ou chorus.

Une tablette graphique ou un écran utilisable avec un stylet ont été utilisés par la main préférée, alors qu'une surface tactile multipoint (Tactex) [1] a été utilisée par la main non préférée. Alors que le principe de « Scrubbing » sur la représentation de la forme d'onde est la base du contrôle avec le stylet, la métaphore d'un triangle a été utilisée pour le contrôle avec la surface tactile. Cette métaphore a été proposée par Matthew Wright dans des travaux précédents utilisant la surface tactile avec un « granulateur ».

Le retour visuel correspond à la représentation de la forme d'onde et au déplacement du point de lecture pour la main préférée et à la représentation visuelle du triangle par exemple sous la forme d'une pyramide en utilisant des outils basés sur la librairie graphique de programmation OpenGL.

3. « LES » SYNTHESES GRANULAIRES ET GRANULATIONS

Les techniques granulaires ont été étudiée dans plusieurs travaux dont notamment les thèses de Curtis Roads [10] et Manuel Rocha [11] : le lecteur pourra se référer à ces travaux pour plus de détails sur celles-ci. Le point de départ des théories granulaires est la conception corpusculaire du son, d'abord émise par Beekman au XVIIe siècle, puis reprise par Gabor en 1947 (ce qui fait écho aux théories de l'époque sur la lumière). Sur le sujet de la synthèse granulaire en temps réel et des paramètres de contrôle, les travaux de Barry Truax sur le sujet sont fondamentaux (1988) [12].

La synthèse granulaire repose sur le concept selon lequel un son est constitué de grains sonores élémentaires. Ces grains peuvent se différencier les uns des autres par leurs localisations temporelles et leurs contenus fréquentiels ainsi que par leur « formes ». La synthèse granulaire est un peu à la création sonore ce que le pointillisme est à l'art pictural. On peut également trouver des analogies avec

[1] La MTC express Tactex n'est plus disponible actuellement dans le commerce, elle était distribuée par la société Tactex Control Inc. : http ://www.tactex.com/controllers.htm

des sciences comme l'atomistique et la mécanique quantique. Un « granulateur » génère des grains sonores en appliquant une enveloppe d'amplitude à une forme d'onde « source » échantillonnée ou synthétique. La sortie d'un synthétiseur granulaire ou « granulateur » est donc une mixture de nombreux grains sonores individuels.
Un synthétiseur granulaire produit de grains sonores soit à partir d'une source synthétique soit d'une source naturelle (son préalablement enregistré ou entrée audio). Une des caractéristiques des synthèses granulaires est de privilégier la contribution spécifique de chaque grain à la création d'une texture sonore plutôt qu'à la production d'un signal correspondant à des évolutions paramétriques. Chaque grain se caractérise par sa localisation temporelle au sein de la texture, son contenu spectral, sa durée et son enveloppe temporelle. Ces caractérisations ne sont, en fait, pas toutes indépendantes.

Les différentes approches de la synthèse granulaire peuvent être globalement classifiées en trois types selon un critère qui décrit la méthode utilisée pour générer la « source » de chaque grain. Ces différents types sont : la synthèse granulaire à base de grain synthétique, la granulation d'un flux audio en temps réel et la granulation d'un fichier sonore.

3.1. Les lignes à retard granulaire

Il s'agit de produire des grains à partir d'un flux audio en entrée. La granulation de type ligne à retard permet de stocker des échantillons à partir d'un flux audio en « temps réel » dans une mémoire tampon d'une taille déterminée. Ce tampon est remis à jour continuellement, et des échantillons en sont extraits pour constituer des grains ayant des amplitudes, des hauteurs, des formes, et des temps de retard par rapport au flux source spécifiés soit directement soit par un algorithme stochastique. Dans le domaine des effets audionumériques, on parle aussi parfois de « délai » granulaire, mais dans ce cas, les grains générés ont en général une hauteur identique aux grains prélevés dans le tampon.

3.2. La synthèse de grains synthétiques

La synthèse granulaire à base de grains synthétiques utilise des méthodes classiques de synthèse pour produire chaque grain. Par exemple des oscillateurs (amortis ou non) auxquels une enveloppe est appliquée comme les FOF (fonction d'onde formantique) et les ondelettes, la FM (synthèse par modulation de fréquence), la synthèse additive ou encore la DNL (distorsion non linéaire). On peut ainsi contrôler un spectre complexe pour chaque grain. Roads utilise des formes d'ondes synthétiques allant de la sinusoïde pure à l'addition de n sinusoïdes. Il décrit en termes de couleurs les différentes manières d'utiliser la forme d'onde des grains dans les nuages qu'il crée :
- Monochrome : utilisation d'une unique forme d'onde
- Polychrome : utilisation d'au moins deux formes d'onde différentes
- Transchrome : les formes d'onde des grains évoluent pendant le déroulement du nuage

Dans le cas polychrome, plusieurs tables d'onde sont définies et la sélection de la forme d'onde des grains se fait de manière aléatoire. Pour le cas transchrome, l'évolution de la forme d'onde se fait de manière progressive, par exemple l'évolution d'une sinusoïde pure vers une forme d'onde à bande limitée en élargissant peu à peu le spectre par addition de composantes. La durée très courte des grains fait que cette technique donne souvent des sons très bruités, des textures distordues.

3.3. Granulation de fichier audio

La synthèse granulaire, ou granulation, à partir de segments sonores enregistrés et échantillonnés consiste à lire une forme d'onde dans une table contenant un fichier sonore. Cette lecture peut se faire à une vitesse différente de la vitesse de lecture normale. Ceci peut être utilisé pour produire un effet de transposition tonale à la manière des anciens magnétophones à bande analogique. Une interpolation linéaire des échantillons (ou de façon plus efficace quadratique) permet de corriger des effets indésirables sur le spectre lorsque l'on lit les échantillons à une vitesse inférieure à celle d'origine. On applique ensuite à ce grain une enveloppe temporelle, aussi appelée fenêtre, afin que la superposition des grains se fasse sans artefacts et « clics » audibles non désirables. Une particularité de ce type de granulation est qu'elle permet de faire des allers-retours dans le temps, c'est-à-dire d'aller choisir indéfiniment des grains qui se situent à n'importe quelle localisation temporelle dans le fichier. Ceci n'est pas le cas dans les « granulateurs » utilisant des lignes à retard puisque la taille du tampon mémoire est limitée à quelques secondes au mieux. En effet, le tampon mémoire est mis à jour régulièrement par l'arrivée de nouveaux échantillons du flux audio. La matière sonore datant d'une date antérieure au temps présent moins la durée du tampon mémoire est alors définitivement inutilisable.

C'est sur un traitement granulaire de type granulation de fichier audio que se base l'instrument qui va être décrit. Ceci n'exclut pas que des concepts, principes de contrôle et contrôleurs utilisés ici ne puissent pas être appliqués aux autres types de traitement granulaire.

4. PARAMETRES DE GRANULATION

La majorité des paramètres que l'on utilise sont communs aux autres synthèses granulaires, exception faite, par exemple, de la position où est extrait chaque grain. Les paramètres de contrôle de plus bas niveau sont la durée du grain, les paramètres décrivant la forme de l'enveloppe du grain, son facteur de transposition, sa position spatiale, la position de début de lecture du grain dans le fichier audio, et l'intervalle de temps entre le déclenchement de deux grains successifs. Dans de nombreux cas, l'influence de ces paramètres n'a pas d'influence directe sur ce que l'on perçoit à l'oreille. L'influence d'un paramètre dépend en

effet de l'état des autres paramètres.

Les paramètres de l'enveloppe ; le temps d'attaque, de maintien et de relâchement, s'ils sont définis en absolu, déterminent la durée du grain, ce qui n'est pas le cas s'ils sont définis relativement à celle-ci. Leur influence spectrale est complexe à discerner à l'oreille, elle dépend justement de la durée du grain ainsi que du type d'enveloppe utilisée. Pour ces raisons, j'ai choisi de ne considérer que la durée du grain et de ne pas prendre en compte l'asymétrie de celui-ci en utilisant un grain symétrique, dont les temps d'attaque et de relâchement sont fixes et égaux.

4.1. Durée du grain

L'influence de la durée du grain sur le son produit dépend en grande partie de l'état des autres paramètres. Il dépend par exemple de l'intervalle de temps entre le déclenchement de deux grains et de la position de début de lecture dans le fichier. Une reconstitution parfaite, c'est-à-dire la superposition de deux grains successifs d'enveloppe identique qui se recouvrent parfaitement avec un intervalle de déclenchement des grains égale à leurs positions dans le fichier, ne présentera pas de particularités liés à la durée du grain. Néanmoins, si l'on considère un grain isolé, pour une taille de grain inférieure à 50 ms (220,5 échantillons pour une fréquence d'échantillonnage de 44100 Hz, correspondant à la période d'une sinusoïde à 20 Hz), certaines fréquences initialement présentes disparaissent dans le spectre audible de ce grain. Ainsi dans une configuration des autres paramètres où la reconstitution n'est pas parfaite, pour des durées de grains inférieurs à 50 ms, le spectre sera dégradé. C'est souvent le cas lorsque la position de début de lecture du grain dans le fichier d'origine est définie par le geste, la vitesse du geste visant à définir une position de début de grain étant difficile à synchroniser manuellement avec la fréquence de déclenchement des grains. Ainsi si la période de déclenchement est inférieure à la distance de début de grain entre deux grains successifs, une lecture « à la main » produira des effets rappelant des effets de type « chorus » ou « délai ».

Par ailleurs, pour des durées de grain constantes, si le recouvrement n'est pas parfait, on obtient un effet de modulation d'amplitude. Pour des grains d'une durée D_g, la fréquence centrale de modulation d'amplitude est de $\frac{1}{D_g}$. Par exemple, pour des grains déclenchés à une période de 100 ms en l'absence de recouvrement parfait, on a un effet de tremolo autour de 10 Hz. Dans un cas similaire mais avec une fréquence de déclenchement des grains supérieure, on percevra des modifications spectrales comme on peut en obtenir avec la synthèse par Modulation d'Amplitude (AM), ou un filtrage en peigne.

4.2. L'enveloppe

Les enveloppes généralement utilisées dans les traitements granulaires sont généralement proches des fenêtres utilisées pour les processus basés sur le principe du Vocodeur de phase. Elles peuvent être de forme gaussienne, sinusoïdale ou linéaire. Dans le domaine granulaire, lorsque l'on n'a pas recours à une représentation temps-fréquence comme la transformée de Fourier rapide (FFT) pour des transformations par exemple, le choix d'une fenêtre est moins important.

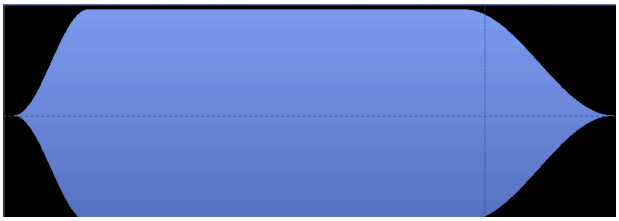

Figure 1. Exemple d'enveloppe temporelle d'un grain : une attaque sinusoïdale de 10 ms, un maintien de 50 ms, et une chute de 20 ms

Une enveloppe à segments linéaires est la plus économique en termes de temps de calcul : elle est donc pratique pour une utilisation temps-réel. Néanmoins, il faut savoir que la discontinuité de l'enveloppe crée un effet parfois appelé effet de coin comparable d'un point de vue perceptif à un filtrage en peigne [6].

Lorsque l'on fait le choix d'une enveloppe qui n'est pas à segments linéaires, puisque chaque grain n'est pas susceptible de subir des modifications paramétriques au cours de sa courte vie, on a la possibilité d'utiliser des méthodes rapides de génération du signal appelé parfois pseudo-code. Il s'agit de calculer la valeur de chaque échantillon à partir de conditions initiales et de la connaissance de l'échantillon précédent par simple multiplication et addition, sans recourir à l'utilisation d'une librairie mathématique de programmation ou à l'utilisation de table d'onde, ce qui peut se révéler plus économique en temps de calcul. L'économie de temps de calcul n'est pas un luxe lorsque l'on utilise des techniques granulaires. D'une part parce qu'elles nécessitent de nombreux calculs en parallèle lorsque l'on utilise une forte densité de grains, d'autre part parce que les algorithmes de spatialisation, souvent utilisés comme élément à part entière d'une granulation, sont eux aussi généralement assez coûteux, et enfin parce que, selon le contexte musical, on peut être amené à utiliser d'autres traitements sonores en série ou en parallèle à une granulation.

On peut décrire l'utilisation du principe d'un pseudo-code [7] comme le fait de générer la réponse à une impulsion d'un filtre récursif. L'intérêt est de pouvoir calculer à moindre coût en CPU des enveloppes pour des grains sonores. Toute fonction ayant une transformée en Z correspondant à la réponse impulsionnelle d'un filtre récursif, peut être générée par un pseudo-code. Si la fonction ne répond pas à ce critère, on peut encore au préalable l'approximer par une fonction qui y répond.

Les transformées en Z des fonctions classiques peuvent se trouver généralement dans des tables. Avec un pseudo-code, on peut générer rapidement des enveloppes en cloche de type sinus, parabolique, [4] et même Gaussienne (par une approximation polynomiale préalable) [15].

4.3. Paramètres de spatialisation

Le terme spatialisation correspond à la diffusion sur plusieurs haut-parleurs (au moins deux) à laquelle on peut ajouter des traitements de type filtrage ou réverbération pour simuler un effet de distance ou de localisation verticale. En général, il s'agit de repartir un signal sur chaque haut-parleur en jouant sur la distribution de niveau sur chacun d'eux, ce qui permet de déplacer le son d'un haut-parleur à l'autre. Dans un traitement granulaire, chaque grain étant indépendant, on peut lui attribuer une position spatiale particulière. Ainsi, on peut obtenir un « criblage » de grains dans l'espace d'écoute, un « éclatement » spatial du son, plutôt que de simples déplacements de la source sonore ou du point d'écoute.

On notera que la perception de la position spatiale d'un grain dépend à la fois de la position qui lui est attribuée mais aussi de son contenu spectral.

Un contrôle gestuel trop simple de l'angle de direction et de la distance [2], par exemple en connectant ces paramètres directement à des potentiomètres, donnera un résultat similaire à un déplacement d'une source sonore. La raison à cela est simple : un criblage nécessite des sauts de position rapide que l'on ne peut pas obtenir avec ce type de contrôle. Pour obtenir un effet de criblage avec contrôle gestuel, il est possible, par exemple d'utiliser un algorithme pour gérer la répartition des grains de manière aléatoire. Les paramètres contrôlés par le geste sont alors ceux de l'algorithme de répartition aléatoire, par exemple la position centrale de la répartition ou la largeur de la plage des valeurs possibles.

4.4. Position de début du grain

Un autre paramètre essentiel est la position à laquelle le grain va être lu dans le fichier. Faire varier cette position par le geste selon l'axe du temps va permettre de lire le son à la main (« technique dite de « scrubbing »). La relation entre la vitesse à laquelle le pointeur se déplace et la fréquence de déclenchement des grains va permettre de créer des effets dûs à la superposition des grains. En introduisant de manière algorithmique des variations sur la position de lecture du grain, on peut également créer des effets de type bégaiement, délai ou réverbération. On notera que les allers-retours selon l'axe temporel sont illimités ici, contrairement au traitement granulaire de type ligne à retard.

4.5. Facteur de transposition

Un paramètre qui apporte également des possibilités intéressantes est le facteur de transposition. Il permet de changer la hauteur tonale de chaque grain de manière indépendante. Plusieurs algorithmes existent pour cela, qui utilisent des représentations temps-fréquence (transformée de Fourier glissante, transformée en ondelettes), on peut également dilater ou compresser le grain pour obtenir une transposition. Par simplicité d'implémentation (et donc économie de temps de calcul), mon application ne visant pas à des reproductions parfaites du signal, une simple lecture à vitesse variable dans le fichier audio pour obtenir un grain transposé d'un intervalle tonal donné est suffisante. Elle nécessite néanmoins une interpolation entre les échantillons pour éviter l'introduction de fréquences parasites, en particulier lorsque la vitesse de lecture est inférieure à celle d'origine. Les distorsions spectrales sont plus ou moins présentes selon le type d'interpolation utilisée. La plus simple et économique est une interpolation linéaire. Une interpolation non-linéaire donnera dans certains cas de meilleurs résultats, mais va intensifier considérablement l'utilisation du processeur.

[2] dans un plan où l'auditeur est placé à l'origine

5. DESCRIPTION DE L'INSTRUMENT

L'instrument décrit ici est basé sur la manipulation par des techniques granulaires de segments sonores enregistrés. Il permet par exemple de lire « à la main » un segment sonore en déplaçant un pointeur sur la représentation de la forme d'onde de celui-ci. Il permet également de transposer le son lu et de produire différents effets grâce à des techniques granulaires. Une partie du contrôle des paramètres est explicite permettant un contrôle plus ou moins direct selon la mapping adopté, une autre partie est plus explicite et utilise un processus algorithmique pour gérer des évolutions de paramètres néanmoins à l'origine contrôlés par le geste.

6. OUTILS DE GRANULATION

Pour manipuler les segments sonores j'ai utilisé un objet externe que j'ai eu l'occasion de programmer en 2003 au GMEM lors de ma participation au projet GMU. Dans le cadre de ce projet, en collaboration avec Laurent Pottier, une famille d'objets externes a été développée. Ces objets se différentient les uns des autres par le type d'enveloppe (trapézoïdale, gaussienne, sinusoïdale), la source du grain (segment sonore, flux, synthèse), les types de contrôle et de diffusion utilisée. Le projet GMU, et les outils développés dans le cadre du projet ont depuis évolués grace au travaux de Laurent Pottier et Charles Bascou. En particulier, ils ont été optimisés et des méthodes d'analyse et de contrôle synthèse microsonore a été développée [8] [2] [3] [9].

Dans une implémentation « temps réel », plusieurs considérations interviennent pour obtenir un résultat correspondant à nos attentes :

- Le recours à certaines enveloppes peut apporter des modifications du spectre, mais peut aussi minimiser ou au contraire intensifier l'utilisation du processeur.
- La méthode d'activation des grains, qui peut être de différents types (synchrone, stochastique), doit être adaptée à la précision temporelle désirée.
- La gestion de la polyphonie des grains va influer sur les limites de densité et de taille des grains.
- Le passage des paramètres doit être indépendant pour chaque grain.

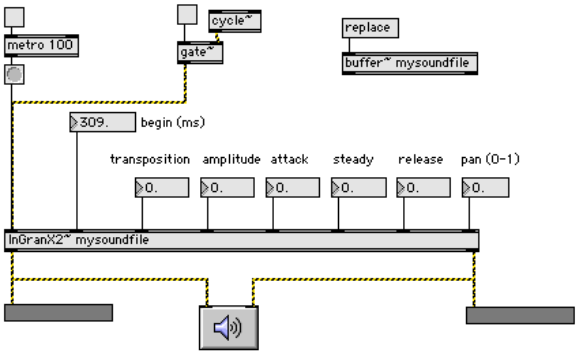

Figure 2. Patch d'exemple de l'utilisation de l'objet externe Max/MSP lnGranX2∼

– La lecture à vitesse variable dans le segment sonore va générer des distorsions spectrales selon le type d'interpolation utilisée, en contrepartie une interpolation non linéaire va intensifier l'utilisation du processeur.

Enfin la gestion de la polyphonie lors de la synthèse des grains, qui permet la coexistence de plusieurs grains à la fois, a également nécessité des efforts pour économiser les ressources de la machine.

7. CONTROLEURS

Dans cette réalisation, j'ai utilisé un écran tactile basé sur l'utilisation d'un stylet pour la main préférée et une surface tactile multipoints utilisable directement avec les doigts pour la main non préférée.

L'écran utilisable avec un stylet permet de manipuler directement des objets à l'écran, mais ne permet pas d'agir simultanément sur plusieurs points de l'image. Il permet par contre de connaître la force de pression exercé sur la pointe du stylet, et d'utiliser 3 boutons situés sur le côté du stylet.

La surface tactile fournit une matrice contenant les pressions exercées sur une surface composée de 6 X 12 cellules : on peut ainsi connaître simultanément la position de plusieurs doigts et la pression qu'ils exercent en ces points. Pour cela il est nécessaire de d'interpréter les données de manière à connaître les points où sont exercés les maxima de pression et les valeurs de la pression en ces points. Ceci peut notamment se faire par le calcul des barycentres de pression.

8. MAPPING DANS LE ARPGRAN

Cette réalisation s'inscrit dans une recherche sur la mise en correspondance entre geste et paramètres de synthèse. Les stratégies adoptées ici ont été développées dans [1].

Figure 3. Cintiq et Tactex

8.1. Main préférée

La main préférée utilise soit une tablette graphique soit un écran utilisable avec un stylet qui procure une interaction directe avec le retour visuel. Le stylet est utilisé en premier lieu pour pointer sur l'axe temporel de la représentation temporelle de la forme d'onde afin de déterminer la position globale du grain dans le segment sonore.

La pression exercée permet de moduler l'amplitude sonore du grain. La dimension verticale est assignée à la transposition du grain, elle permet de transposer le grain de +/- une octave. Les principes de zones stables et de transitions continues possible entre ces zones stables, qui ont été utilisés dans le Voicer, peuvent également être utilisé ici.

Les boutons du stylet servent également, comme pour le Voicer, à la sélection d'octave selon le même principe ; appuyer sur le bouton vers l'arrière sélectionne l'octave en dessous, appuyer sur le bouton vers l'avant sélectionne l'octave au-dessus.

8.2. Main non-préférée

La surface tactile permet de contrôler les paramètres de variations du contrôle algorithmique, les paramètres de spatialisation des grains, ainsi que la forme des grains. Pour cela j'ai réutilisé un principe développé par Matthew Wright et ces collaborateurs au CNMAT [14]. Celui-ci consiste à interpréter les positions de trois doigts sur la surface tactile comme les sommets d'un triangle. Ensuite les paramètres de ce triangle sont utilisés pour contrôler les paramètres de contrôle de la synthèse sonore. On peut donc, par exemple, utiliser l'aire du triangle, la longueur

de ses côtés, ses positions x et y moyennes, l'orientation de la base, la surface ou le rayon du cercle inscrit. Dans leurs travaux, l'ensemble des 14 paramètres du triangle sont utilisables sous forme d'adresses OSC. Par le geste, certains paramètres du triangle sont plus difficiles à gérer de façon indépendantes que d'autres. Pour le contrôle d'un « granulateur », Matthew Wright a utilisé les paramètres et le mapping que l'on trouvera dans le tableau 1.

Table 1. Mapping du triangle utilisé par Matthew Wright

Paramètres du triangle	Paramètres de synthèse
Aire du triangle	Plage de variation de position
X moyen	Position du grain
Y moyen	Transposition moyenne
Aire du cercle inscrit	Variation de la transposition
Pression moyenne	Durée du grain

J'ai utilisé pour ma part un mapping différent qui découle d'une répartition des tâches entre les deux mains, mais aussi du degré d'indépendance possible des paramètres, et d'adéquation avec le caractère de mon application.

Dans ma réalisation, l'aire du triangle détermine la taille du grain. J'ai choisi pour cela, dans un premier temps, d'agir uniquement sur le temps de maintien de l'enveloppe et de laisser fixe le temps de montée et de descente de celle-ci. Ces temps pourraient être éventuellement mis en correspondance avec la longueur des deux plus petits côtés du triangle (qui ne sont pas la base de celui-ci), et dans ce cas on pourrait reconsidérer le choix de l'aire en envisageant une substitution par la longueur de la base.

J'ai utilisé l'orientation de la base pour contrôler l'angle de spatialisation. Celui-ci peut correspondre à la panoramisation entre deux haut -parleurs ou à une répartition entre un nombre supérieur de haut-parleurs répartis en cercle autour des auditeurs. Dans ce cas d'autres paramètres de spatialisation tels que l'angle de diffusion (qui détermine l'étalement sur plusieurs haut-parleurs contigus du son), ou un éventuel taux de réverbération, ou une équalisation par filtrage pour simuler un éloignement, peuvent également entrer en jeu. Ces paramètres sont souvent liés par un mapping divergent (un-vers-plusieurs=one-to-many) dans les spatialisateurs, le paramètre de contrôle étant « l'éloignement ». Ils n'ont pas été considérés ici mais peuvent être facilement ajoutés en dehors du contexte bi-manuel du contrôle, par exemple par l'utilisation d'une pédale.

La position x moyenne contrôle un paramètre global du processus algorithmique modulant la position des grains dans le segment sonore. Ce paramètre détermine la proportion entre les grains qui vont être choisis « à gauche » de la position moyenne des grains, c'est-à-dire en arrière dans le temps, et ceux qui vont être choisis « à droite », c'est-à-dire en avant dans le temps.

La position y moyenne contrôle un paramètre global du processus algorithmique modulant la transposition. Ce paramètre détermine la proportion entre les grains qui vont être transposés dans l'octave en-dessous, et ceux qui vont être choisis dans l'octave au-dessus. Cette transposition est relative à la transposition déterminée par la position verticale du stylet utilisé par la main préférée.

Table 2. Mapping dans le ArpGran

Paramètre de contrôle	Paramètre de synthèse granulaire
Aire du triangle	Durée du grain
X moyen du triangle	Facteur de variation de position arrière/avant
Y moyen du triangle	Facteur de variation de hauteur tonale vers le bas/vers le haut
Orientation de la base du triangle	Angle de spatialisation
Position verticale sur la tablette Wacom	Facteur de transposition du grain
Position du pointeur sur la forme (position horizontale sur la tablette)	Position (moyenne) du grain dans le fichier son
Pression sur la pointe du stylet de la tablette Wacom	Amplitude du grain
Bouton du stylet	Sélection d'octave
Pression moyenne sur la Tactex	Largeur de la plage de variation de la position du grain

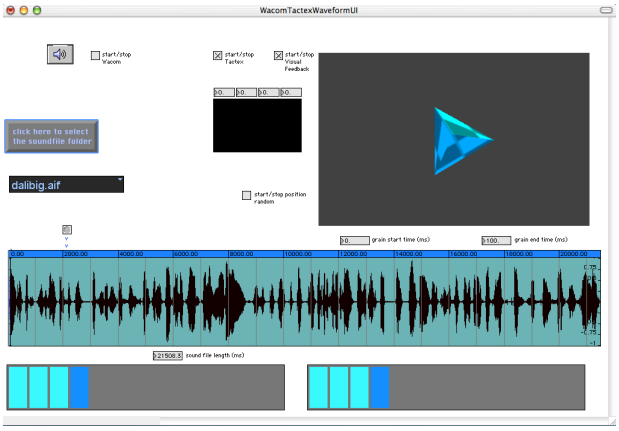

Figure 4. Interface visuelle du ArpGran

La pression moyenne appliquée sur la surface de la Tactex est utilisée pour le contrôle de la largeur de la plage de variation de la position autour de la position centrale. La largeur de la plage de variation détermine à quelle distance sur l'axe temporel dans le fichier son, des grains vont être choisis aléatoirement autour de la position déterminée par la main préférée.

9. LE RETOUR VISUEL

Le triangle est représenté par un objet 3D généré grâce à un objet externe utilisant la librairie OpenGL. Celui-ci est en fait une pyramide tétraédrique donc les paramètres varient en fonction de ceux du triangle. Sa couleur dépend, elle, de la transposition globale utilisée.

Le choix d'une représentation 3D est dans un premier temps esthétique et un choix personnel motivé par l'envie de me familiariser avec les outils de la 3D. Mais une représentation 3D semble aussi bien plus « parlante » et stimulante qu'une représentation 2D.

10. DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette réalisation regroupe plusieurs concepts et métaphores de la manipulation de segments sonores échantillonnés comme le « scrubbing », le ralentissement, la transposition qui sont parfois présents dans des application comme les échantillonneurs ou les éditeurs audionumériques. Mais le contrôle gestuel y est généralement très approximatif, voire absent. Ma réalisation apporte une précision de contrôle, un dynamisme de celui-ci ainsi qu'une simultanéité de contrôle multiparamétrique qui permet de faire de ce système un outil, un instrument, d'expression musicale.

J'ai également introduit dans cette réalisation des éléments de contrôle algorithmique contrôlés par le geste par l'intermédiaire de paramètres de haut niveau. Il existe un champ de recherche varié et complexe pour ce type de contrôle et de nombreuses possibilités pourraient être ajoutées pour une version plus élaborée du « ArpGran ».

Un autre élément qu'il serait intéressant d'ajouter serait la présence de l'adaptation des transformations par rapport au contenu des segments sonores. Ce concept est présent et a donné des résultats dans le contexte des effets audionumériques adaptatifs [13]. Cet instrument est d'ailleurs en quelque sorte un exemple de contrôle gestuel d'effet audionumérique.

Il permet également des possibilités de jeu avec la spatialisation multi-Haut-Parleurs en tant que paramètre musical à part entière. Ici aussi une couche de contrôle algorithmique pourrait être intéressante, en particulier en intégrant la manipulation de trajectoire de diffusion spatiale, qu'il est possible d'éditer avec un logiciel tel que « Holophon »[5].

D'autres algorithmes pourraient être utilisés, notamment pour la transposition et les étirements temporels, mais leur utilisation aura un coût supérieur en ressources machine (sans doute plus raisonnable dans les années à venir avec l'augmentation des performances des machines).

11. REFERENCES

[1] Daniel ARFIB, Jean-Michel COUTURIER, Loïc KESSOUS et Vincent VERFAILLE : Strategies of mapping between gesture parameters and synthesis model parameters using perceptual spaces. *Organised Sound, An International Journal of Music Technology, Cambridge University Press*, 7(2):127–144, August 2002.

[2] Charles BASCOU et Laurent POTTIER : Gmu, a flexible granular synthesis environment in max/msp. *In Proceedings of the Sound and Music Computing Conference (SMC05)*, Salerno, Italie, novembre 2005.

[3] Charles BASCOU et Laurent POTTIER : New sound decomposition method applyed to granular synthesis. *In Proceedings of the International Computer Music Conference, (ICMC)*, Barcelone, Espagne, septembre 2005.

[4] Ross BENCINA : Implementing real-time granular synthesis. *Audio Anecdotes 2003, ISBN 1-56881-104-7*, 2003.

[5] Benjamin CABAUD et Laurent POTTIER : Le contrôle de la spatialisation multi-sources - Nouvelles fonctionnalités dans Holophon version 2.2. *In JIM - Journées d'Informatique Musicale - (9e édition), http ://www.gmem.org/evenements/jim2002/jim.htm*, Marseille, 2002. GMEM.

[6] Damian KELLER et Chris ROLFE : The corner effect. *In Proceedings of the XII Colloquium of Musical Informatics, Gorizia, Italy*, 1998.

[7] James MCCARTNEY : Synthesis without lookup tables. *Computer Music Journal*, 21(3):5–6, 1997.

[8] Laurent POTTIER : Strategies for the control of microsound synthesis within the gmu project. *In Proceedings of the Computer Music Modeling and Retrieval Conference (CMMR)*, Pise, Italie, septembre 2005.

[9] Laurent POTTIER : *Le contrôle de la synthèse microsonore, "Transiciones de fase" de Manuel Rocha Iturbide »*, chapitre 1. Delatour France, Paris, 2008.

[10] Curtis ROADS : *La synthèse microsonore*. Thèse de doctorat, thèse de doctorat en Musique, Université Paris VIII, 2002.

[11] Manuel ROCHA : *Les techniques granulaires dans la synthèse sonore*. Thèse de doctorat, thèse de doctorat en Musique, Université Paris VIII, 1999.

[12] Barry TRUAX : Real-time granular synthesis with a digital signal processor. *Computer Music Journal*, 12(2):14–26, 1988.

[13] Vincent VERFAILLE : *Effets audionumériques adaptatifs : théorie, mise en oeuvre et usage en création musicale numérique*. Thèse de doctorat, thèse de doctorat en Acoustique Traitement du signal et Informatique Appliqués à la Musique, Université de la Medittérranée, Aix-Marseille II, 2003.

[14] Matthew WRIGHT, Adrian FREED, Ahm LEE, Tim MADDEN et Ali MOMENI : Managing complexity with explicit mapping of gestures to sound control with osc. *In Proceedings of the 2001 International Computer Music Conference, Habana, Cuba*, pages 314–317, 2001.

[15] Ian T. YOUNG et Lucas J. van VLIET : Recursive implementation of the gaussian filter. *Signal Processing*, 44(2):139–151, 1997.