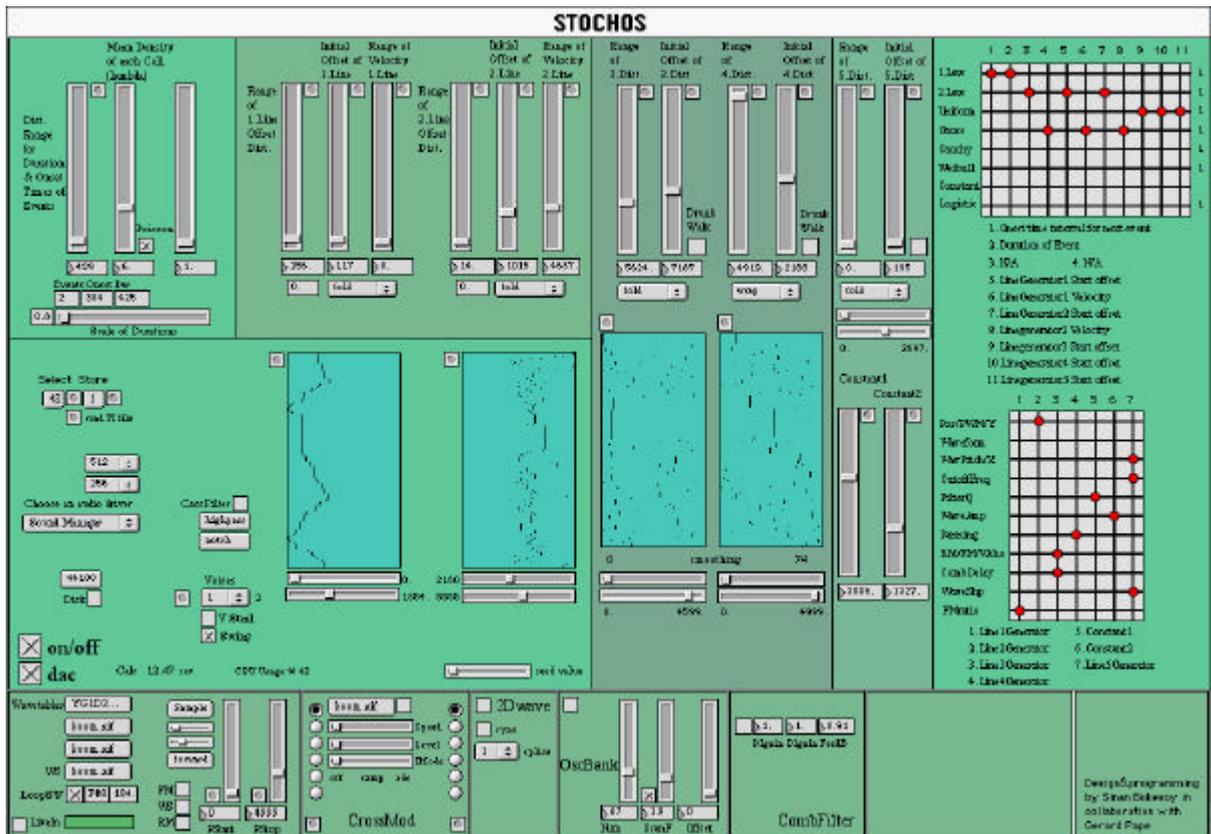


PRESENTATION DE « STOCHOS »  
Sinan Bokesoy et Gérard Pape



« Stochos » est un générateur en temps réel d'événements, il est stochastique, chaotique et déterministe. « Stochos » a une interface de réglage unique qui permet d'assigner des courbes stochastiques, chaotiques, et/ou déterministes à différentes transformations sonores/synthèses de paramètres, pour créer un environnement de composition, l'utilisateur ayant accès à un grand ambitus d'échelles de temps pour ces opérations. « Stochos » étant toujours en phase de développement, nous allons vous présenter ses capacités actuelles et nos objectifs à long terme pour ce programme. "Stochos" est un programme de Sinan Bokesoy fait en collaboration avec Gérard Pape. Bokesoy a développé, programmé et réalisé "Stochos" alors que Pape a travaillé lors de sa conception .

L'idée de distribuer des événements acoustiques dans l'espace sonore a d'abord été réalisée par Iannis Xenakis dans son œuvre *Achorripsis*, suivie de ses séries de compositions « ST ». Il a proposé l'utilisation des probabilités et a inventé « La Synthèse Stochastique Dynamique », concept qui a débouché sur son programme « Gendyn ». Dans son livre « *Musiques Formelles* » il a décrit l'origine mathématique de ces modèles, il a aussi donné des exemples d'applications à des compositions dans plusieurs chapitres différents.

Le physicien Denis Gabor, a été le premier à avoir l'idée d'une représentation quantique du son. Mais Xenakis a bien été la première personne à développer une théorie de la composition pour « des quanta de son », aussi appelés « grains ». Le concept de « synthèse granulaire » est donc né de ces idées. Dans ce concept, de courts événements sonores (qui

contiennent une certaine forme d'onde, synthétique ou échantillonnée) sont perçus comme des quanta musicaux distribués dans l'espace sonore qui utilisent des paramètres comme la densité, la taille du grain, et des « fonctions-fenêtre » pour envelopper la courbe. Lorsqu'on change la hauteur du son et l'amplitude de la forme d'onde originale en prenant en compte ces paramètres, un effet secondaire est introduit dans le domaine spectral.

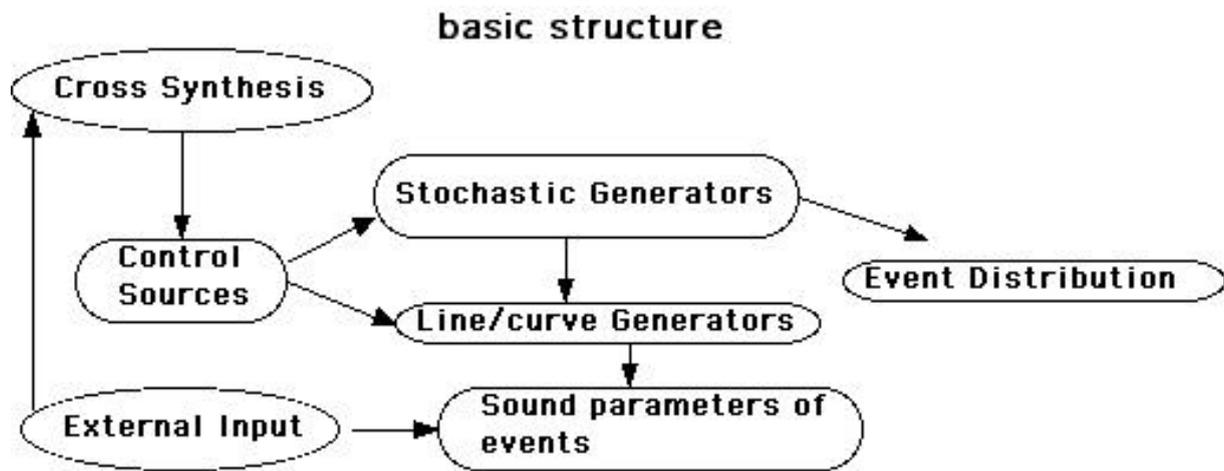
Les compositeurs/chercheurs Curtis Roads et Barry Truax ont fait des recherches poussées sur les applications musicales de la « synthèse granulaire » pour la composition. Curtis Roads a proposé les termes de synthèse granulaire « asynchrone » et synthèse granulaire « hauteur-synchrone », il a aussi inventé le terme de technique de « granulation ». Dans des ouvrages comme *Musical Signal Processing*, *The Computer Music Tutorial*, et *Microsound*, il explique ces termes et leurs applications. Son programme « Cloud Generator » est un exemple permettant à l'utilisateur de contrôler le processus de distribution des événements en sélectionnant l'état de départ et de fin pour les paramètres de synthèse granulaire. Le résultat montre des nuages de grains qui remplissent un espace sonore évoluant dans le temps. Une application plus récente de Roads, « Pulsar Générateur », travaille avec des ondes très courtes. En contrôlant les paramètres de synthèse granulaire, « Pulsar Generator » peut stimuler « une synthèse formante », qui représente un effet secondaire dans le domaine spectral, comme Roads l'explique dans son essai, « La Transformation du Son par Convolution », trouvé dans son ouvrage *Music Signal Processing*.

« Stochos » est une application qui permet aussi d'atteindre le niveau micro-son des applications génératrices d'événements de « générateur de nuages » et « synthèse Pulsar » de Roads. « Stochos » fournit à l'utilisateur un contrôle poussé des différents paramètres de synthèse provenant de nombreuses sources de modulation qui jouent un rôle important dans cet environnement de composition.

Le point de départ de « Stochos » est le modèle de « l'Achorripsis » de Xenakis. Nous allons voir comment « Stochos » s'est construit à partir des idées de Xenakis et comment il combine les possibilités de synthèses et transformations sonores qui viennent de « la synthèse granulaire », « de la synthèse de stochastique dynamique », de la « granulation » et de la « synthèse pulsar ».

Vous pouvez visualiser ci-dessous la structure de « Stochos ». Pour définir un événement, on doit fixer son temps de départ, et aussi sa durée. Les événements vont avoir un timbre, une intensité, une information sur la hauteur des sons et d'autres paramètres de synthèse qu'on leur a assigné. On peut penser un événement comme « un vecteur d'entité sonore dans l'espace du son ». Les événements peuvent remplir un grand ambitus de l'espace sonore avec des « micro-sons » très courts, comme des grains, mais aussi avec des objets plus longs, tels que les « macro-sons ». Puisque de nombreux paramètres de « Stochos » peuvent être automatisés, l'utilisateur peut faire évoluer les différents états du processus de génération d'événements.

*Figure 1. Structure de base*



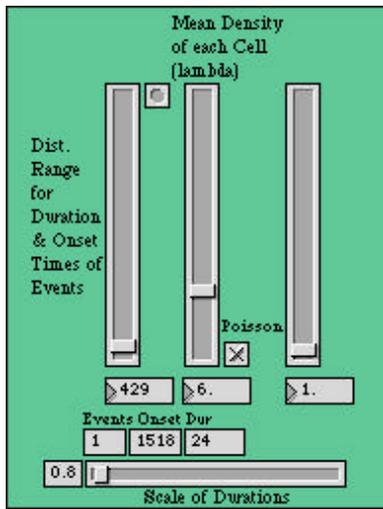
Le processus de génération d'événements définit une « cellule » ayant une durée moyenne sur la ligne du temps. La « longueur de la cellule » nous donne un ambitus de distribution pour les durées des événements et pour des intervalles fixés au départ entre les événements. Mais combien d'événements vont être distribués à l'intérieur d'une cellule ? Comme dans le modèle de « l'Achorripsis », la loi *Poisson*, (loi sur les apparitions d'événements aléatoires rares) trouve sa mise en œuvre dans « Stochos ».

La probabilité selon laquelle les événements  $k$  seront distribués dans une cellule est donnée par la formule :

$$P_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

Le paramètre  $\lambda$  dans la distribution dite *Poisson*, qui est fixé par l'utilisateur, est le nombre moyen d'événements dans une cellule. « Stochos » conduit les générateurs stochastiques autant de fois que le résultat de la distribution de *Poisson* l'exige, comme il est déterministe par le paramètre  $\lambda$ , afin de calculer l'information requise pour le nombre d'événements voulus par cellule. Une autre option serait de fixer le nombre d'événements par cellule en tant que constante. La longueur totale de chaque cellule est en fait la somme des intervalles du temps de départ calculée pour chaque événement dans la cellule. Un événement peut en chevaucher un autre mais peut aussi chevaucher la cellule qui le suit.

Figure 2. Module de génération d'événement



Ceci peut arriver en multipliant les temps de durée par un facteur utilisant le curseur de l'« Echelle de Durées ».

Un certain nombre de lois stochastiques sont appliquées dans le programme pour distribuer les événements en temps et en lieu et pour contrôler les générateurs de courbes qui peuvent être assignés par une matrice de contrôle pour synthétiser les paramètres reliés au processus de génération des événements.

Les fonctions stochastiques suivantes sont actuellement appliquées dans « Stochos ».

**Exponentielle (1<sup>ère</sup> loi) :** Voici la distribution *Exponentielle* dans les statistiques. La fonction de la densité est :  $f(x) = ce^{-cx}$  et la fonction de distribution de probabilité est :  $P(x) = 1 - e^{-cx}$

**Linéaire (2<sup>ème</sup> loi) :** Voici la distribution *Linéaire*. La fonction de densité est :

$$f(x) = \frac{2}{a} \left(1 - \frac{x}{a}\right) \text{ Et la fonction de probabilité de distribution est :}$$

$$P(x) = \frac{2x}{a} - \frac{x^2}{a^2}$$

**Uniforme :** Voici la distribution *Uniforme* dans laquelle tous les événements ont la même probabilité de se passer. Jusqu'à présent, c'est la fonction de distribution qui a été le plus communément utilisée dans les applications de synthèse granulaire.

**Gauss :** Voici la distribution *Gaussienne*, connue aussi sous le nom de la distribution *Normale*. La fonction de densité est :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-m}{s}\right)^2} \text{ et une procédure aléatoire sur un tableau est}$$

utilisée pour obtenir les valeurs de distribution de la probabilité.

**Cauchy :** Voici la distribution de *Cauchy*. La fonction de densité est :

$$f(x) = \frac{1}{\pi b \left[1 + \left(\frac{x-a}{b}\right)^2\right]} \text{ Et une procédure aléatoire sur un tableau est}$$

utilisée pour obtenir les valeurs de distribution de la probabilité.

**Weibull :** Voici la distribution de *Weibull*. La fonction de densité est :  
 $f(x) = \alpha b^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/b)^\alpha}$  Si  $x > 0$  et la fonction de distribution de la probabilité est  $P(x) = 1 - e^{-(x/b)^\alpha}$ . Dans « Stochos »,  $\beta$  est choisi 1, et  $\alpha$  est ajustable par l'utilisateur.

**Plan Logistique :** Le *Plan Logistique* est un générateur chaotique ou logistique  
 $x_n = rx_{n-1}(1 - x_{n-1})$

**Constante :** Ce n'est pas une distribution stochastique, mais une valeur constante qui est assignée à de différents paramètres comme la durée, les intervalles du temps de départ...etc.

Pour diriger chaque fonction (exceptée le Plan Logistique), nous résolvons l'équation de probabilité pour le variable  $x$  et insérons des valeurs uniformes aléatoires pour  $P(x)$  ; nous obtenons alors une distribution des événements qui est le résultat de la fonction stochastique choisie.

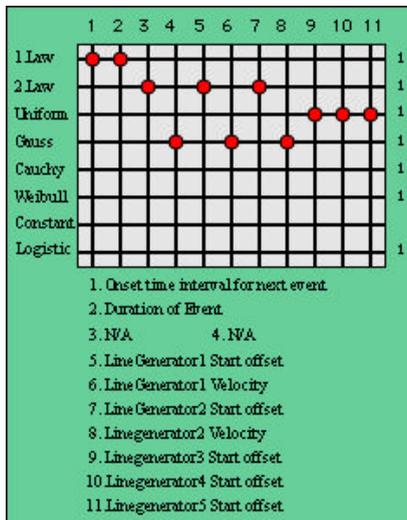
Ces fonctions sont mises en pratique dans « Stochos » pour produire des valeurs aléatoires suivant leurs distributions de probabilité. Les paramètres qui entrent dans les générateurs stochastiques dépendent de la configuration de la première matrice.

Vous trouverez un exemple dans le tableau ci-dessous, dans lequel la durée de l'événement et l'intervalle de temps entre les événements sont fixés pour être définis par la *Distribution Exponentielle (1<sup>ère</sup> Loi)*.

La longueur de la cellule moyenne et le nombre d'événements dans la cellule sont assignés par la Loi de *Poisson* comme ses paramètres, pour calculer la durée des événements et les intervalles du temps de départ. Certaines distributions stochastiques peuvent produire des résultats unipolaires comme les distributions *Uniforme, de Gauss et Cauchy*. En ce qui concerne leur destination dans la matrice de contrôle, leur valeur absolue sera prise en compte, puisque par exemple les valeurs négatives sont impossibles pour les durées d'événements. La possibilité de changer leur vitesse indépendamment les uns des autres est une mise en application intéressante des générateurs stochastiques.

La colonne la plus à droite sur le schéma ci-dessous permet à l'utilisateur de fixer le cycle qui détermine combien de fois la nouvelle valeur va être produite par le générateur stochastique.

*Figure 3. Fonctions de connections de la matrice et leurs destinations*



Ce réglage de la matrice assigne des fonctions stochastiques à leur destination. La liste des destinations est donnée sous la matrice dans le tableau ci-dessus. Il est possible d'assigner la même distribution stochastique à plusieurs destinations de matrice en même temps.

Les générateurs stochastiques dirigent aussi les cinq générateurs de courbes dans « Stochos ». Ce sont des sources de modulation qui peuvent générer des « glissandi » pour la modulation de la hauteur, par exemple. Les générateurs de courbes sont des signaux de contrôle indépendants les uns des autres. Ils établissent un lien entre les générateurs d'événements et le moteur de synthèse du son en utilisant une matrice de contrôle. Il est possible de définir la courbure des lignes générées. Elles peuvent varier entre des formes logarithmiques ou exponentielles et des segments linéaires, si la courbure est fixée sur zéro.

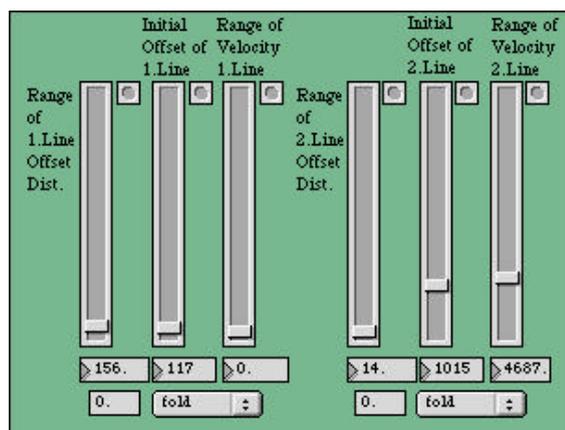
Les deux premiers générateurs de courbes sont des objets glissandi typiques qu'on peut retrouver dans les modèle « Achorripsis » de Xenakis. Le décalage de départ (offset)  $s$  définit l'endroit où le courant glissando devrait commencer par rapport au précédent ; et le paramètre de vitesse  $v$ , définit la vitesse du glissando pendant l'existence de l'événement temporel auquel on l'a associé. Ainsi la formule d'un segment de ligne serait une fonction du temps  $t$  :

$$G(t) = s + vt$$

Les premier et second générateurs de courbe ont tous deux un décalage de départ (offset) et un paramètre de vitesse contrôlé par les générateurs stochastiques. Prenons l'exemple suivant : la valeur de vitesse d'un glissando est calculée en utilisant la distribution de *Gauss* et la valeur de décalage de départ (offset) est calculée en utilisant la distribution *Linéaire (2<sup>ème</sup> Loi)*. On retrouve ce cas dans la mise en application d'« Achorripsis » de Xenakis.

Comme vous pouvez le voir ci-dessous, les curseurs peuvent être utilisés pour fixer l'ambitus de la distribution pour chaque paramètre. Un autre point de décalage de départ (offset) peut être défini par l'utilisateur pour déplacer toute la modulation autour de cette valeur. Les décalages de départ (offsets) des troisième, quatrième et cinquième générateurs de courbes ne peuvent pas être définis par des fonctions stochastiques.

Figure 4 : Curseurs de distribution d'ambitus



L'utilisateur peut établir une valeur de réglage fixe, pour que le signal de modulation oscille autour de cette valeur avec son générateur stochastique approprié.

Les résultats produits par les générateurs de courbes peuvent être limités par des barrières fixées par l'utilisateur. Le concept de barrière n'était pas dans le modèle « Achorripsis » mais dans le modèle de synthèse stochastique dynamique de Xenakis, réalisé dans son programme « Gendyn ». C'est un modèle qui synthétise une onde changeant dans le temps en utilisant des fonctions stochastiques pour générer des segments de droite qui « écrivent » la forme d'onde et qui sont limitées par les barrières X/Y. En plus du programme « Gendyn » de Xenakis, qui était une application écrite en Basics mais pas en temps réel, le musicologue Peter Hoffman a réalisé pour Windows une application en temps réel de l'algorithme « Gendyn ». Quelques années plus tard, le compositeur Paul Doornbusch, aidé par une équipe de jeunes ingénieurs australiens, a développé le programme « gX », qui a aussi reproduit l'algorithme « Gendyn », mais cette fois sur Macintosh.

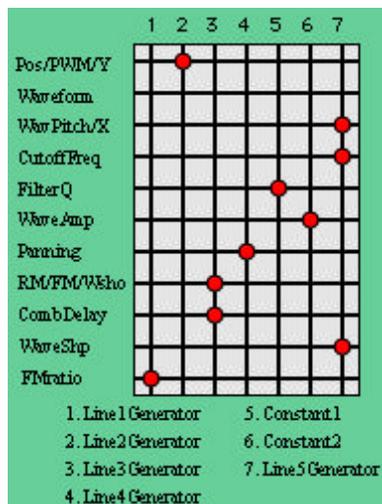
Lorsque la puissance des générateurs de courbes de « Stochos » outrepassent les barrières, les courbes viennent entourer les barrières, cela était déjà le cas avec l'algorithme de « Gendyn ».

Comme tous les curseurs des générateurs de courbes permettent l'automatisation par les utilisateurs, la possibilité de modulation des barrières est grande, mais nous en reparlerons plus tard.

Les troisième et quatrième générateurs de courbes ont une fonction lissage à leur sortie pour filtrer les changements abruptes ou la valeur de départ. Le degré de lissage peut être défini par l'utilisateur.

La représentation graphique de « Stochos » montre l'évolution des segments de la courbe. « Stochos » est totalement mis en application dans « Max/MSP ». Pour l'instant, la représentation graphique qui est disponible n'est qu'au niveau des générateurs de courbe. Nous n'avons pas encore la représentation graphique « de la partition » ; il est cependant possible de contrôler les curseurs de façon déterministe. C'est-à-dire, nous pouvons dessiner des segments de courbes au lieu de les générer de façon stochastique ou chaotique.

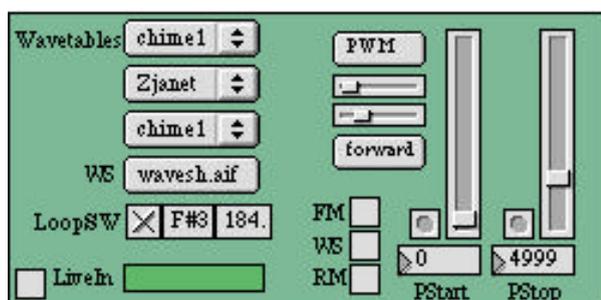
Figure 5. Matrice qui assigne les générateurs de courbes aux sources de modulation



Pour chaque événement, des segments de droites indépendants sont assignés en tant que source de modulation. Les destinations de modulation sont définies par l'utilisateur sur la deuxième matrice de contrôle (voir la figure ci-dessus). Sur les colonnes de la seconde matrice de contrôle, on peut voir différentes destinations de modulation comme la hauteur, l'amplitude du son, la spatialisation... Il y a aussi deux curseurs de contrôle dans « Stochos » qui peuvent assigner des valeurs constantes aux destinations qui se trouvent dans la matrice.

Le moteur de synthèse du son donne une « voix » à chaque événement pendant qu'il lit une onde à partir du tableau d'information sur cette courbe gardée en mémoire. Il y a quatre tableaux d'informations sur la courbe en mémoire, chacun peut contenir un dossier AIFF différent, qui est lu d'un disque dur à un tampon en mémoire. (Voir la figure ci-dessous). Les points de départ et d'arrivée du tableau sont ajustables. Pendant l'exécution, un bouton met en boucle l'onde entre ces points de départ et d'arrivée. L'utilisateur doit aussi définir une fréquence d'accord d'onde. En plus des échantillons, l'usager peut utiliser des bruits, des sinus ou des ondes pulsées. En modulant la largeur d'onde pulsée avec un générateur de courbe, on peut créer des sons riches PWM (modulation de la largeur d'onde).

Figure 6. Module pour les techniques de synthèse et les tableaux d'onde



Des boutons peuvent activer les techniques de synthèse FM, WS et RM. Leurs paramètres sont modulés par des générateurs de courbes qui peuvent être orientés stochastiquement.

FM est une Modulation de Fréquences de base dans laquelle il y a deux paramètres qui sont conduits par des générateurs de courbes assignées dans la matrice de contrôle : le ratio  $F_m/F_c$  et l'index de modulation  $A_m/F_m$ . Une onde sinus est utilisée comme modulateur.

WS : (waveshaping) module la forme d'onde dans le premier tampon avec l'onde dans le quatrième tampon

On peut changer l'amplitude d'onde donnée dans le « waveshaper » avec n'importe quel générateur de courbes dans la matrice de modulation. Cela signifie que l'ambitus du tableau qui contient l'onde peut être modulé stochastiquement.

RM « ring modulation » permet la modulation en anneaux d'onde dans le premier tampon avec une onde sinus. La fréquence d'onde sinus peut être modulée avec un générateur de courbes assigné dans la matrice de modulation.

Il y a un bouton « filtre » pour activer deux filtres en « cascade » dans « Stochos ». Chacun de ces deux filtres en « cascade » peut être choisi à partir de quatre types différents : filtre passe-haut, passe-bas, passe-bande, coupe-bande et « notch filter ». Le caractère résonant ('Q') et la fréquence de coupure de ces filtres peuvent être modulés par les générateurs de courbes.

Les paramètres pour le filtre à peigne, dernière étape dans le moteur de synthèse, sont à l'extrême droite en bas de l'écran. Son paramètre de délai peut être modulé par des générateurs de courbes.

Comme on peut le voir sur la seconde matrice de contrôle, les générateurs de courbe peuvent aussi moduler le point de départ du tableau d'onde. Une des quatre courbes choisies au préalable peut être assignée à un des quatre tampons d'onde, stochastiquement, pour créer un mélange imprévisible d'ondes.

Figure 7 : module du tableau d'accord



Dans la figure 7, une fenêtre permet de définir une table d'accord pour la modulation de la hauteur dans « Stochos ». Pour l'utiliser, on doit sélectionner le 5<sup>ème</sup> générateur de courbes pour moduler la hauteur. Ceci est assigné dans la seconde matrice de contrôle. À l'extrême droite de la fenêtre, un curseur définit le ratio qui va définir les octaves. Lorsqu'il est positionné sur 2, on obtient la gamme de 12 tons égaux ; lorsqu'il est sur 3, on obtient la gamme de tons entiers. Pour les ratios inférieurs à 1, on obtient des gammes de micro-tons. L'octave est toujours divisée en 12 parties pour que le ratio entre les parties factorisées par 12 donne le coefficient de l'octave. L'accord de chaque partie peut-être fixé par son propre curseur. Les nombres dans les cases représentent la fréquence de chaque partie en Hertz.

Cette table d'accord crée une « quantification selon la gamme » des données du cinquième générateur de courbes pendant que l'on utilise cette échelle d'accord.

Autre application intéressante, alimenter les tampons avec des données audio « live ». Cette donnée « live » est enregistrée dans un tampon qui a la longueur d'une « cellule » de l'événement, et qui est par la suite traitée en temps réel avec le moteur sonore de « Stochos ». Les tampons peuvent aussi être scannés en suivant l'ordre chronologique, l'ordre inverse ou le hasard. On peut aussi scanner au hasard dans les deux directions suivantes, l'ordre chronologique et le sens inverse.

Un module « Crossmod » pour la « synthèse croisée » a aussi été développé (voir la figure ci-dessous).

À cet endroit, on peut extraire les enveloppes de la hauteur et de l'amplitude d'un échantillon d'onde ou d'une donnée « live » et l'appliquer aux paramètres du premier et du second générateur de courbes pour contrôler l'ambitus de la durée de départ des événements et/ou la valeur de densité moyenne des « cellules ».

Figure 8. Module « CrossMod »



Pour notre module de « synthèse croisée », la vitesse de l'exécution et le niveau d'entrée du signal d'origine est ajustable pendant que l'on utilise les échantillons d'ondes. La quantité de profondeur de la modulation pour chaque destination est aussi ajustable avec de l'algèbre linéaire.

Des versions plus anciennes de « Stochos » pouvaient envoyer les paramètres de sons des événements en format MIDI. On pouvait jouer le résultat avec un instrument VST lancé à l'intérieur de « Stochos » ou enregistré en tant que fichier MIDI qui pouvait être exporté vers un autre logiciel. Cependant les glissandi n'était pas réalisables avec le MIDI car la résolution de la hauteur posait un problème, la donnée finale montrait une résolution inadéquate. Le MIDI peut seulement produire des messages de contrôleur 7 bit et une bonne résolution du timing n'est pas toujours possible ; en conséquence, nous avons décidé de ne pas utiliser l'option MIDI dans « Stochos ».

« Stochos » a été conçu et développé sur la logiciel Max/MSP . La facilité de programmer Max/MSP et le fait qu'il soit en temps réel sont les deux principales raisons qui ont fait que ce projet a pu être réalisé en moins d'une année. Ces traits de synthèse peuvent encore être développés ; on peut aller plus loin dans les applications personnalisées étant donné la structure modulable de la deuxième matrice de contrôle. Avec l'utilisation de Jitter, un environnement à données 3D pour les générateurs de contrôle de courbe et l'interaction des utilisateurs serait un premier but de développement dans un futur proche. La destinée commerciale de « Stochos » dépendra des résultats de notre recherche de sponsors financiers pour ce projet de recherches. Autre but, à plus long terme, réécrire l'application C++ pour une efficacité plus poussée.

En ce qui concerne l'utilisation CPU de « Stochos », nous trouvons qu'avec un portable Macintosh G4 400Mhz Titanium équipé d'une configuration standard, on peut jouer jusqu'à 10 « voix » différentes simultanément. Pour obtenir une plus grande densité de « voix », l'option « non-realtime mode » permet le rendu des données sonores finales de « Stochos » d'être enregistrées directement sur le disque en tant que fichier AIFF. Pendant le processus d'enregistrement, on peut toujours continuer à changer les valeurs des paramètres. En mode « non-realtime », on ne peut malheureusement pas entendre le résultat avant qu'il ne soit rendu. On peut aussi enregistrer un résultat sonore directement sur le disque tout en écoutant chaque paramètre de « Stochos » changer pendant ce processus. Dans un futur proche, le protocole OSC (développé par CNMAT) sera appliqué à « Stochos ». Par conséquent, plusieurs ordinateurs connectés les uns aux autres par Ethernet pourront partager les événements générés par « Stochos » et les calculer en partageant leurs CPU combinés en temps réel. Cela va donc beaucoup améliorer les possibilités de performances « live » de « Stochos ». La possibilité de générer une partition graphique en temps réel avec l'aide de « Jitter » nous intéresse vivement.

### **Résumé et implications de « Stochos » pour la composition**

« Stochos » nous permet de composer trois types possibles d'événements : déterministes (en dessinant des courbes sur la « timeline »), stochastiques (en utilisant différentes probabilités de distribution qui sont appliquées) et chaotiques (ici, jusqu'à présent, nous n'avons mis en application que le « plan logistique » avec plusieurs autres « attracteurs étranges » à venir). Les temps de départ des événements, leurs durées, leurs densités, c'est-à-dire le nombre d'événements par cellule, ainsi que d'autres paramètres pour la synthèse/transformation du son et la spatialisation, tout cela peut être composé grâce aux fonctions de type déterministe, stochastique, et/ou chaotique.

« Stochos » est un programme qui permet au compositeur d'avoir accès au vaste discontinuum-continuum du son et rythmes décrits par Julio Estrada, un discontinuum-continuum spatio-temporel et multidimensionnel, qui va du micro-son discontinu au macro-son continu.

En ce qui concerne les durées des temps de départ de sons, on a accès aux transformations continues qui évoluent entre des micro-sons extrêmement courts qui durent pendant une ou plusieurs millièmes de secondes, et les « macro-sons » qui peuvent durer plusieurs minutes. Les sons qui ont des différences de temps de départ très courtes ne sont pas forcément des « micro-sons » dans notre programme. Comme nous pouvons étalonner les durées d'événements, nous pouvons faire en sorte que ces sons aient une différence minuscule entre leurs temps de chevauchement, c'est-à-dire ils peuvent durer autant de temps que nous le voulons. On distingue donc le domaine des « micro-sons » de départ (effets de « micro-phasing » ou « micro-chorusing ») du domaine de la durée « micro-sons » (domaine des « grains » et des « pulsars »...). Les deux domaines micro-temps sont indépendants les uns des autres dans « Stochos ».

En termes d'ambitus de fréquence, on peut transformer les sons de façon continue dans le temps entre les valeurs les plus graves (inférieures à 1 hertz) et les fréquences les plus aiguës que nous pouvons entendre (aux alentours de 22 000 hertz). Dans le cas de l'amplitude ou de l'intensité, on peut aussi passer de façon continue des intensités les plus graves possible aux plus aiguës. Avec ces fréquences continues et ces transformations d'intensité, la vitesse de ces transformations peut aussi varier continuellement, ainsi que leur direction (c'est-à-dire accélérations ou décélérations qui peuvent être séquentiellement plus aiguës ou plus graves,

plus ou moins rapides) résultant de notre concept d'un événement sonore en tant que « vecteur d'une entité sonore dans l'espace son ».

On peut ajouter à ces fréquences en variation continue et à ces transformations d'amplitude des variations de micro-timbre qui sont le résultat de l'utilisation des méthodes de transformation/synthèse comme le « filtrage » la « modulation de fréquences », « wave-shaping » et la « synthèse croisée ». Toutes ces méthodes peuvent aussi avoir leurs paramètres qui varient continuellement de façon déterministe dans le temps, de façon stochastique et/ou chaotique.

Pour finir, on peut aussi générer des mouvements spatiaux pour nos sons. C'est-à-dire que nous pouvons avoir un mouvement de spatialisation qui varie constamment et des courbes qui génèrent des mouvements de rotation pour chaque « voix » indépendamment jusqu'à huit.

Toutes ces dimensions du son, à l'exception de celles qui appartiennent au domaine de génération d'événements, sont contrôlables en utilisant les générateurs de courbes de « Stochos ». Nous avons intégré l'œuvre la plus ancienne de Xenakis à la plus récente. En effet, Xenakis a d'abord travaillé avec les distributions stochastiques dans des œuvres comme "Pithoprakta", "Achorripsis", ou les pièces "ST", afin de créer des « masses » ou des « nuages » de sons qui varient selon leurs temps de départ, leurs durées et densités.

Cet aspect d'une des premières œuvres de Xenakis correspond à la partie sur la génération d'événement de « Stochos », avec ses variations de densité dans les deux dimensions temporelles, horizontale (événements/cellule) et verticale (nombre de « voix » simultanées).

Plus tard, le programme « Gendyn » de Xenakis a utilisé les fonctions probabilistes pour réécrire les formes d'ondes en utilisant les générateurs stochastiques de lignes. Ces générateurs de ligne « Gendyn » peuvent être vus comme les descendants des glissandi de Xenakis. Ces glissandi étaient en effet des lignes générées stochastiquement pour contrôler la vitesse et la direction de transformations continues de la hauteur. Nous avons retenu ces caractéristiques du glissando pour nos transformations de la hauteur. Cependant nos générateurs glissandi peuvent aussi être appliqués à toutes les autres dimensions du son comme l'intensité, la transformation micro-timbre, ou la spatialisation.

Comme nous n'avons pas mis en application le modèle « Gendyn » au niveau de la génération de la ligne de la forme d'onde, nous trouvons que la capacité d'appliquer le modèle de génération continue des lignes à toutes les dimensions du son ajoutée aux transformations continues du temps de départ/de la durée/ de la densité des événements sonores nous permet de « réécrire » continuellement la forme d'onde de façon très précise.

Mettre ensemble le temps de départ continue/la durée/ les transformations de densité avec la fréquence, l'amplitude, le micro-timbre et les transformations de spatialisation permet au compositeur de faire varier continuellement la « chrono-acoustique » d'un seul son, terme inventé par Julio Estrada. La combinaison de ces transformations temporelles multidimensionnelles donne des changements intéressants dans le son résultant, ce que Julio Estrada appelle le « macro-timbre ». « Stochos » doit vraiment être perçu comme un programme privilégié pour composer dans le continuum/discontinuum, et non comme un simple outil de synthèse/transformation du son. Il appartient donc à la même famille que le système UPIC de Xenakis, même si l'écriture de partitions musicales n'est pas son but.

En effet, « Stochos » traite le son comme un objet topologique multidimensionnel qui permet deux types de transformation temporelle. On peut décrire le premier type comme une transformation continue dans le temps de toutes les dimensions d'un seul son, « devenir-dans-le-temps ». L'autre est causée par la variation continue de l'identité temporelle du son lui-même qui est due à sa variation de son « être-en-tant-que-temps ». En faisant varier le temps de départ/la durée/la densité des sons par unité de temps, nous changeons fondamentalement les qualités chrono-acoustiques du son, son identité sonore en tant qu'entité temporelle.

La temporalité d'un son est vraiment l'aspect le plus fondamental de son identité en tant que son. Sans même faire varier directement les autres dimensions du son, il y a déjà un champ significatif de transformation chrono-acoustique pour explorer pendant qu'on écoute les changements profonds dans le « macro-timbre » dont résultent des accélérations continues ou de décélérations d'un temps de départ donné, d'une durée donnée et/ou d'une densité lorsqu'on passe des micro-sons aux macro-sons.

En combinant les transformations continues des durées des sons, leur « être-en-tant-que-temps », avec les transformations des micro-paramètres du son, transformation de la fréquence, de l'amplitude, du timbre, et de l'espace continu (leurs « devenir-dans-le-temps »), nous ouvrons un champ vaste pour l'exploration de la composition dans le discontinuum-continuum.

Je propose d'appeler la totalité de ces transformations de « macro-timbre » que « Stochos » permet « Synthèse Chronacoustique » en l'honneur de Julio Estrada, qui a été le premier à le démontrer, afin d'analyser une entité sonore dans sa totalité, nous devons considérer les dimensions duales de son ET rythme. Ici, l'utilisation que fait Estrada du terme « rythme » ne doit pas être compris comme le rythme métrique qu'on entend d'habitude entre les sons, mais plutôt comme le rythme à l'intérieur des sons. Ce qui j'ai appelé la temporalité duale du son, son «être-dans-le temps" et son "devenir-dans-le-temps", génèrent ensemble une quantité de micro-rythmes ou micro-pulsations à l'intérieur d'un même son. Ces micro-rythmes sont des preuves claires de l'activité complexe et quasi biologique que l'on peut trouver à l'intérieur d'un son « vivant ».

Nous trouvons que « Stochos » est l'outil idéal pour composer la vie intérieure riche et imprévisible d'un son.

## REFERENCES

Bartezty, A. 1997 @STEAM, HfM Berlin

Castine, P. 2002 Litter Power Starter Pack. 4-15 Music & Technology, Berlin.

Estrada, J. 2002 "Focusing on Freedom and Movement in Music: Methods of Transcription Inside a Continuum of Rhythm and Sound" *Perspectives of New Music*, 40 (1): 70-91.

Gabor, D. 1946. "Theory of Communication." *Journal of the Institute of Electrical Engineers Part III*, 93:429-457.

- Gabor, D. 1947. "Acoustical Quanta and the theory of hearing." *Nature* 159 (4044):591-594.
- Hoffman, P. "The New Gendyn Program" *Computer Music Journal* 24(2):31-38.
- Pape, G. 2002. "Iannis Xenakis and the "Real" of Musical Composition." *Computer Music Journal* 26(1):16-21.
- De Poli G., and A. Picciali. 1988. "Forme d'onda per la sintesi granulare sincronica."
- Roads, C. 1996. *The Computer Music Tutorial*. Cambridge:M.I.T.Press.
- Roads, C. 1997. "Sound Transformation by Convolution." in C.Roads, S. Pope, A. Picciali, and G. De Poli, eds. *Musical Signal Processing*. Lisse:Swets and Zeitlinger.
- Roads, C. 2001. *Microsound*. Cambridge:M.I.T.Press.
- Smalley, D. 1986. Spectro-morphology and Structuring Processes. In S. Emmerson (ed.) *The Language of Electroacoustic Music*. Basingstoke:Macmillan, pp.61-93.
- Truax, B. 1987. "Real-time granular synthesis with a digital signal processing computer" *Computer Music Journal* 12(2):14-26.
- Truax, B. 1994. "Discovering inner complexity: time-shifting and transposition with a real-time granulation technique." *Computer Music Journal* 18(2):38-48.
- Wishart, T. 1994. *Audible Design* York, UK: Orpheus the Pantomime
- Wright, M., and Freed, A. 1997. "Open SoundControl: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers", *ICMC1997*
- Xenakis, I. 1992. *Formalized Music*. Revised edition. New York: Pendragon Press