

Extraits de l'article:

MODULATEURS EN ANNEAU ET SAXOPHONE : LE DISPOSITIF D'ECRITURE MIXTE ET L'INTERPRETATION PARTICIPATIVE DANS L'ŒUVRE *LE PATCH BIEN TEMPERE II*

Tom Mays
CICM – Université de Paris VIII
CNSMD de Paris
contact@tommays.net

Pedro Bittencourt
CICM – Université de Paris VIII
EM Universidade Federal do Rio de Janeiro
contact@pedrobittencourt.info

[...]

3.2. Le dispositif

Le patch bien tempéré II a été réalisé dans l'environnement *tapemovie*¹ qui est lui-même un patch Max/MSP modulable et scriptable [MAYS, RUBIANO, 2010]. Avant de continuer sur l'exposition du dispositif, nous allons voir un bref historique des modulateurs en anneau et un aperçu de son fonctionnement sur le plan théorique.

3.2.1 Les modulateurs en anneau – historique et théorie

Bien que l'historique et la théorie de la modulation en anneau soient bien connus du public averti de la musique électronique et de l'informatique musicale, nous préférons faire ici un récapitulatif complet pour que même des débutants puissent suivre dans un contexte pédagogique.

La modulation en anneau est sûrement le traitement le plus perceptible et le moins dangereux à faire en temps réel de tous. Cette transformation est perceptible car le spectre et donc le timbre du son se trouvent modifiés de façon significative et cette *séparation* du son traité du son d'origine augmente très fortement sa perceptibilité. Le même décalage du spectre qui rend la modulation en anneau perceptible diminue énormément les risques d'effet Larsen, car les fréquences qui sortent des haut-parleurs ne sont pas les mêmes que celles qui rentrent via le microphone. Ainsi on empêche le *renforcement* qui provoque l'effet Larsen.

La modulation en anneau existe depuis les années 1930 dans des applications de téléphonie, mais ne sert dans la musique que depuis les années 50, surtout en Allemagne, au Japon et en Italie. Vers le début des années 60 cependant, la moitié des studios de musique électroacoustique au monde possédait un modulateur en anneau .

Karlheinz Stockhausen, travaillant dans les studios du WDR Cologne, a employé des modulateurs en anneau dans plusieurs pièces – notamment *Mixtur* (pour orchestre et 4 générateurs de sinus et modulateurs en anneau), *Mikrophonie II* (pour 12 chanteurs, Orgue Hammond, comme porteuse, et 4 modulateurs en anneau) et *Mantra* (pour deux pianos, deux générateurs de sinus et 2 modulateurs en anneau) [DAVIES, 1976].

Tous ces modulateurs en anneau historiques étaient bien sûr des appareils analogiques. Aujourd'hui il est beaucoup plus *simple* et *portable* de faire des modulateurs en anneau avec des moyens informatiques, mais le son n'est pas tout à fait pareil. Le modulateur en anneau numérique manque le comportement non-linéaire et les harmoniques supplémentaires d'un modulateur en anneau analogique [PARKER, 2011]. Cependant le dispositif numérique permet un contrôle précis et varié qui n'est pas facilement reproductible avec les moyens analogiques.

Pour faire une modulation en anneau en informatique (dans Max/MSP² ou PureData³, par exemple) on prend un signal complexe (entrée micro par exemple) et on le multiplie avec un oscillateur sinusoïdal *bipolaire* (oscillation

¹ Le site de *tapemovie*: <http://tapemovie.org/>

² Max/MSP de Cycling 74 : www.cycling74.com

³ PureData de Miller Puckette : <http://fr.flossmanuals.net/puredata/>

positif et négatif autour de « 0 »). Le résultat est la somme ET la différence de toutes les fréquences du signal complexe (porteuse) avec la fréquence de l'oscillateur.

Si un son complexe avec un spectre harmonique de 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz et 4000 Hz est modulé à 250 Hz, le résultat est :

diff	somme
750	1250
1750	2250
2750	3250
3750	4250

La porteuse et la modulante disparaissent et il n'y a plus de rapport harmonique entre les partiels. Le son est devenu *inharmonique* et sa structure spectrale est perturbée [DAVIES, 1976] [OBERHEIM, 2008].

Si nous modulons un son harmonique avec une fréquence égale à la fondamentale de ce son, on retrouve un son quasi identique à l'original. Par exemple, modulons 100-200-300-400 Hz avec 100 Hz et nous avons :

diff	somme
0	200
100	300
200	400
300	500

Le 0 Hz va disparaître de la perception car 0 Hz n'est pas audible et le reste va faire un son parfaitement aligné avec le spectre du son d'origine, avec un partiel de 500 Hz en plus. Dans le résultat, le 100Hz sera un peu moins fort que le 100 Hz dans le son d'origine car c'est le 2e harmonique décalée plus bas. Mais globalement nous allons avoir un timbre très proche.

Cela voudrait dire que pour différents *rappports* entre la hauteur du son d'origine et la fréquence de modulation, on a différents timbres qui sont plus ou moins *harmoniques* ou *inharmoniques*. Les changements de timbres s'effectuent soit en changeant la fréquence de modulation sur une hauteur constante, soit en changeant la hauteur sur une fréquence de modulation constante.

Si la fréquence de modulation est très basse, entre 0 Hz et 20 Hz, le résultat est un son avec des battements - un effet de *lfo*. Les battements sont d'une fréquence 2 fois plus que la fréquence de modulation car c'est le résultat d'un écart entre la somme et la différence [DAVIES, 1976].

Si la fréquence de modulation est au dessus de la fondamentale de la note jouée, la *différence* crée une fréquence qui descend en dessous de 0 Hz. Dans ce cas la fréquence se trouve repliée autour de zéro et redevient positive, subissant juste une inversion de phase.

Le *Frequency Shifter* (transposition de fréquence) est proche de la modulation en anneau, donnant uniquement la somme ou la différence, mais pas les deux en même temps. Il le fait en décalant la phase de la porteuse de 90 degrés avant de la moduler avec un signal sinusoïdal également décalé de 90 degrés. Le rapport de phase du résultat fait qu'il n'y a qu'une bande de côté qui reste, l'autre étant annulé [BODE, 1984 p. 6]. Nous pouvons facilement recombinaison un shifting « haut » et un shifting « bas » pour reconstruire les deux côtés de la modulation en anneau.

Le *Frequency Shifter* (transposition de fréquence) est proche de la modulation en anneau, donnant uniquement la somme OU la différence, mais pas les deux en même temps. Il le fait en décalant la phase de la porteuse de 90 degrés avant de la moduler avec un signal sinusoïdal également décalé de 90 degrés. Le rapport de phase du résultat fait qu'il n'y a qu'une bande de côté qui reste, l'autre étant annulé [BODE, 1984 p. 6]. Nous pouvons facilement recombinaison un shifting « haut » et un shifting « bas » pour reconstruire les deux côtés de la modulation en anneau.

[...]

3.3. Stratégies d'écriture pour modulateurs

Le travail musical avec modulation en anneau et/ou *frequency shifter* tourne autour de trois axes qui correspondent à trois *zones* de fréquences :

1. Création de *battements* avec des fréquences de modulation sub-audio – de 0 Hz à 20 Hz, mais les valeurs les plus marquées sont surtout de 0 à 10 Hz.
2. Création d'un instrument *préparé* où chaque note de l'instrument sonne avec un timbre différent. Dans ce cas on *accorde* la modulation à une note quelque part au milieu de la tessiture du jeu.

3. Un effet de *scintillement* ou une sorte de *pédale aigue* en utilisant une fréquence de modulation bien supérieure aux notes jouées par l'instrument.

Pour les deux premières techniques, le son transformé est tellement lié à l'instrument acoustique que nous avons l'impression que l'instrument lui-même a été altéré. Par exemple, si nous utilisons la modulation pour créer l'impression des *multiphoniques* sur l'instrument, il est très difficile pour l'auditeur d'entendre que c'est un traitement et non un vrai multiphonique. Le même phénomène s'applique pour les battements qu'on pense fait par l'instrumentiste.

Le troisième technique se détache de l'instrument car le scintillement aigu est bien au dessus de la tessiture de l'instrument et ne change pas de façon significative avec chaque note. Dans cette zone de fréquences, nous avons plutôt un « effet » qu'une réelle transformation de l'instrument.

En travaillant musicalement avec un instrument acoustique et la modulation en anneau, il faut penser aux possibilités de ces trois « axes » de travail, en trouvant des moyens de changer la fréquence de modulation pour varier le résultat musical - de préférence lié aux phrases musicales.

On peut également mettre plusieurs modulateurs en parallèle pour densifier le résultat ou n'utiliser qu'un côté d'un *frequency shifter* pour épurer la densité.

On peut aussi modifier les paramètres de la modulation ou le niveau d'écoute de la modulation avec des détections de paramètres du son joué comme l'enveloppe d'amplitude ou la hauteur.

1. REFERENCES

- [1] BARKATI, K. [2009] « La polysémie du temps réel et du temps différé », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Grenoble, 2009. Disponible sous forme électronique : <http://acroie.imag.fr/jim09/index.php/descrip/conf/schedConf/actes>, consulté le 27.02.13
- [2] BITTENCOURT, P. S. [2013] « Interpretação participativa na música mista contemporânea », *Revista Interfaces* n°18, Vol. I/2013, Centro de Letras e Artes UFRJ, éd. 7 Letras, Rio de Janeiro, à paraître, disponible en forme électronique: <http://www.cla.ufrj.br/index.php/periodicos/revista-interfaces>
- [3] BODE, H. [1984] « History of electronic sound modification », *Journal of the Audio Engineering Society*, vol 32, no. 10. pp. 730-738. Disponible sous forme électronique : http://cec.sonus.ca/econtact/13_4/bode_history.html, consulté le 27.02.13
- [4] DAHAN, K., LALIBERTÉ, M. [2008] « Réflexions autour de la question d'interprétation de la musique électroacoustique », *Actes des Journées d'Informatique Musicale (JIM)*, Albi, 2008. Disponible sous forme électronique : <http://gmea.net/jim08/index.php/Articles>, consulté le 27.02.13
- [5] DAVIES, H. [1976] « A Simple Ring Modulator », in *MUSICS - an impromental experivisation arts magazine*, numéro 6, publication indépendante, Londres. Disponible sous forme électronique : http://electro-music.com/forum/phpbb-files/hughdaviesringmod_140.pdf, consulté le 27.02.13
- [6] DURAND, D. [1979] *La systématique*, Collection Encyclopédique Que sais-je ?, dixième édition mise à jour [2006], éd. Presses Universitaires Françaises, Paris
- [7] LIPPE, C. [2002] « Real-Time interaction among composers, performers and computer systems », in *Information Processing Society of Japan SIG Notes Volume 2002, Number 123*, pp. 1-6, Disponible sous forme électronique : <http://www.music.buffalo.edu/faculty/lippe/lippepublications.shtml>, consulté le 27.02.13
- [8] MAYS, T [2010] *TRAITEMENTS TEMPS REEL ET ECRITURE : Vers un lexique musical de divers traitements sonores de base*, mémoire de Master II, Université de Paris VIII, p. 82, Paris
- [9] MAYS, T., RUBIANO, R., [2010] « Tapemovie : Un environnement logiciel pour la création temps réel intermédia », *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2010*, Rennes. Disponible en forme électronique : <http://jim10.afim-asso.org/actes/81mays.pdf>, consulté le 27.02.13
- [10] MORIN, A. [2010] *Cheminer ensemble dans la réalité complexe. La recherche-action intégrale et systématique*, éd. L'Harmattan, Paris

- [11] OBERHEIM, T [2008] Lecture/Interveiw pour le Red Bull Music Academy, Barcelona. Transcript disponible sous forme électronique : http://www.redbullmusicacademy.com/lectures/tom-oberheim-polyphonic-one-love?template=RBMA_Lecture%2Ftranscript, consulté le 27.02.13
- [12] PARKER, Julian [2011] « A Simple Digital Model of the Diode-Based Ring-Modulator », *Proceedings of the 14th Internatinal Conference on Digital Audio Effects*, Paris. Disponible en forme électronique: http://www.academia.edu/1047370/A_Simple_Digital_Model_of_the_Diode-Based_Ring-Modulator, consulté le 27.02.13
- [13] VARELA, F. [1989] *Invitation aux sciences cognitives*, éd. Du Seuil, Paris
- [14] WATZLAWICK, P., BEAVIN, J.H., JACKSON, D.D. [1972] *Une logique de la communication*, éd. du Seuil, Paris