

L'HARMONISEUR AUGMENTÉ : LE DISPOSITIF D'ÉCRITURE MIXTE DANS L'ŒUVRE LE PATCH BIEN TEMPÉRÉ III

Tom Mays

Académie Supérieure de Musique de Strasbourg

CICM – Université de Paris VIII

contact@tommys.net

RÉSUMÉ

Faisant partie d'une suite d'œuvres pour instrument seul et transformations en temps réel, *Le Patch Bien Tempéré III*, pour flûte, contrôleur Karlax et électronique est présentée sous l'angle des processus de composition et d'écriture pour la flûte et pour les traitements en temps réel, ces derniers comprenant uniquement des harmoniseurs et des délais. Après une présentation des objectifs de la pièce, l'auteur décrit les choix et les implémentations du dispositif nécessaires pour les atteindre, puis explique les différentes configurations d'interaction implémentées. Les stratégies d'écriture pour la flûte et ses harmoniseurs sont ensuite détaillées, section par section, dans l'œuvre. Pour finir, il y a une présentation de la partie Karlax, le son de synthèse que celui-ci contrôle, les bases des stratégies de mapping et les relations au son et à l'écriture de la flûte.

1. INTRODUCTION

La composition *Le Patch Bien Tempéré III* pour flûte, Karlax et dispositif en temps réel est partie intégrante d'un doctorat en cours de l'auteur au sein du CICM à l'Université de Paris 8. Il y est question notamment de faire émerger des catégories musicales de traitements en temps réel de base, puis d'écrire un certain nombre d'œuvres pour instrument seul en explorant principalement, pour chacune, une seule nature de traitement. Ces traitements opèrent dans les domaines du temps, du timbre, de la hauteur, de l'amplitude, de l'espace et de la matière. L'objectif est de poser un regard neuf sur ces traitements, à la fois pour explorer les nouvelles possibilités offertes par la technologie informatique la plus récente, mais également afin de présenter de manière claire les techniques d'écriture musicale associées à chaque traitement, ceci en construisant progressivement et modestement une sorte de traité de composition du temps réel. (Mays, 2010)[2]. Dans une première étape, *Le Patch Bien Tempéré I* avait traité les aspects du temps en confrontant l'écriture d'un vibraphone à une batterie de six lignes à retard réglées rythmiquement afin de construire un champs polyphonique (Mays, 2010, pp 82-96)[2]. Dans *Le Patch*

Bien Tempéré II, le timbre d'un saxophone était traité par quatre modulateurs en anneau, ceux-ci contrôlés par détection d'amplitude afin de créer un instrument hybride (Mays, Bittencourt, 2013)[4]. Dans *Le Patch Bien Tempéré III*, objet de cet article, le traitement de la hauteur est développé autour d'une flûte et de trois harmoniseurs "intelligents", dont les paramètres sont modifiés par des suivis d'amplitude et de hauteur. En outre, dans cette pièce, un instrument purement électronique, construit avec le contrôleur Karlax, joue un algorithme de synthèse en écriture de duo avec la flûte dans un esprit de musique de chambre électronique.

Dans cet article, nous allons donc analyser le dispositif de traitement en temps réel appliqué à la flûte dans le cadre de l'œuvre *Le Patch Bien Tempéré III*, mais aussi les techniques musicales employées dans l'écriture instrumentale et électronique, en situant cette analyse dans le contexte d'une présentation globale de la partie de flûte. Nous ferons également une courte présentation de l'instrument Karlax dans l'œuvre, en relation notamment avec la flûte.

2. L'ŒUVRE ET L'ÉCRITURE

2.1. Les objectifs de la pièce

La composition du *Patch Bien Tempéré III* a été motivée par plusieurs objectifs :

1. Approfondir l'utilisation d'un simple harmoniseur « classique » bénéficiant des possibilités de contrôle et d'interaction offertes par un dispositif en temps réel contemporain.
2. Favoriser la perception d'une transformation de la flûte elle-même, et non pas de l'adjonction d'un accompagnement.
3. Intégrer les harmoniseurs au jeu instrumental par le biais des suivis d'amplitude et de hauteur.
4. Limiter autant que possible à la seule transformation de hauteur le traitement, tout en s'autorisant l'utilisation du délai afin de mieux distinguer les harmonisations.

5. Faire en sorte que le déroulement de la pièce soit réalisé, autant que possible, par un suivi de partition.
6. Offrir à l'instrumentiste un dispositif intuitif, musical et sensible, lui donnant envie d'explorer les possibilités d'interprétation et d'expression.

Afin de réaliser ces objectifs, il a été important de bien relever les usages des harmoniseurs proposés dans le répertoire existant, puis ensuite de passer par une assez longue période d'expérimentation. Nous avons d'abord travaillé avec des *bends* légers de hauteur ambigües, associés à des changements progressifs de dynamique et à des glissés en micro-intervalle provoqués par une rotation de l'embouchure ou par des doigtés progressifs. L'emploi du suivi d'amplitude a permis de lier directement des changements subtils de transposition aux crescendos/décrescendos et d'autres changements de dynamique de la flûte, soudant ainsi la transformation et le jeu instrumental. Le suivi de hauteur a permis à la fois une possibilité de déclenchement automatique d'événements, mais aussi une différenciation des traitements par zones de hauteur. Ce même suivi a également permis, à la fin de la pièce, un travail sur des notes cibles immuables, afin de créer un champ harmonique stable, ceci malgré les changements de notes de l'instrument.

2.2. Le dispositif

2.2.1. Le choix de la technique des harmoniseurs

Le dispositif choisi par l'auteur est l'environnement modulable d'écriture en temps réel *tapemovie*¹, programmé dans *Max* de Cycling74, qui fournit une architecture souple basée sur une matrice audio et des fonctions de mapping et de contrôle temporel, tous nécessaires à ce projet (Mays, Rubiano, 2010)[3]. *Tapemovie* contient deux types d'harmoniseur : un « classique » par granulation temporelle (Roads, 2007)[8], et un harmoniseur opérant dans le domaine fréquentiel, basé sur le modèle de correction d'enveloppe spectrale de Laroche-Dolson, l'objet *gizmo~* de Max (Dudas, 2002)[1]. D'après des comparaisons d'écoute des deux méthodes, les résultats les meilleurs et donnant le moins d'artefacts sont ceux relevant des transformations dans le domaine fréquentiel offertes par l'objet *gizmo~*².

L'éditeur du module *gizmo* réalisé dans *tapemovie* est représenté **Figure 1**. Cet éditeur propose un contrôle des paramètres de transposition en cents, du délai en millisecondes, d'un coefficient de réinjection de 0 à 1, et de volumes d'entrée et de sortie. Il comprend également

un réglage de la spatialisation et diffusion de la sortie audio.

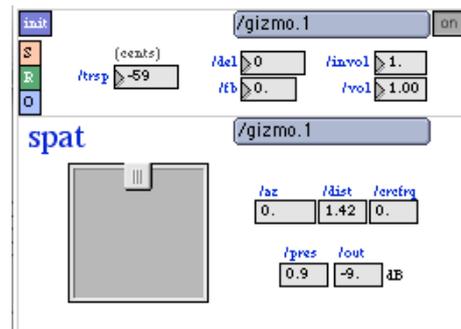


Figure 1. L'éditeur de l'harmoniseur *gizmo* dans *tapemovie*.

2.2.2. L'implémentation des harmoniseurs

Le son de la flûte entre directement dans trois harmoniseurs, dont les volumes, les transpositions et les temps de délai sont déterminés par le suivi d'enveloppe. La **Figure 2** montre la configuration du début de la pièce, dans laquelle la flûte alimente le suiveur d'enveloppe et le suiveur de hauteur (en 1/4 de ton). Le suiveur d'enveloppe est utilisé pour :

- contrôler progressivement les volumes des trois harmoniseurs
- modifier les transpositions
- modifier légèrement les temps de délai de 0 à 125 millisecondes

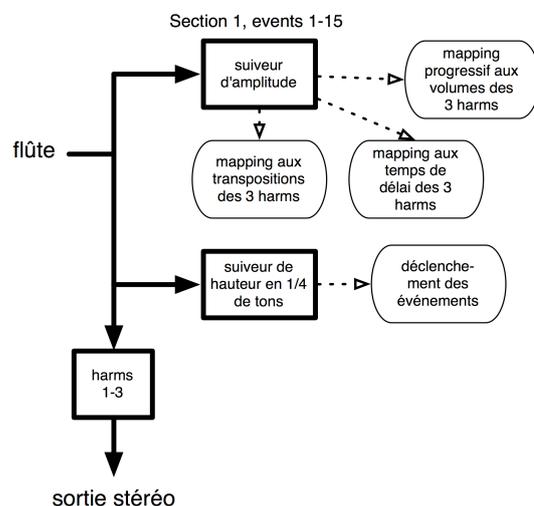


Figure 2. Schéma de l'implémentation de la section 1a.

La deuxième configuration abordée dans la pièce est un peu différente. Elle comprend quatre groupes de trois harmoniseurs (**Figure 3**). Le niveau d'entrée de la flûte

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

² Bien qu'il existe des objets de transposition par vocodeur de phase de l'IRCAM, la collection *supervp~*, qui donnent en général les meilleurs résultats, la latence et le cout cpu induit ont été prohibitifs dans ce contexte.

dans chacun des groupes est déterminé par la hauteur jouée : 4 zones de hauteur exprimées en notes MIDI :

- 59 à 68
- 68 à 78
- 78 à 88
- 88 à 99

Ainsi, les notes Si2 à Sol#3 passent dans groupe 1, Sol#3 à Fa#4 dans groupe 2, et ainsi de suite. Le suiveur d'amplitude continue à modifier les valeurs de transposition et les temps de délai, mais n'agit plus sur les volumes. Quant au temps de délai, ils deviennent bien plus importants que dans la première configuration, s'agissant des valeurs qui s'étalent entre 0 et environ une seconde.

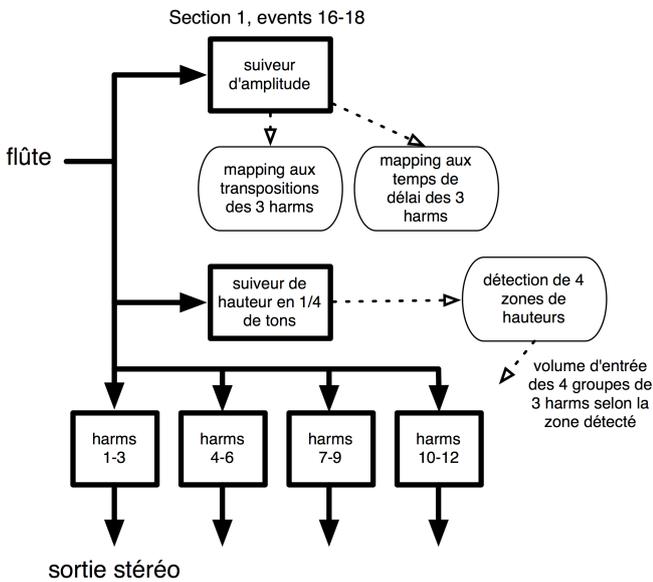


Figure 3. Schéma d'implémentation de la section 1b.

La troisième configuration (Figure 4) est utilisée dans la section finale de la pièce. Elle comprend trois transpositions, celles-ci produisant des hauteurs fixes et non relatives aux notes jouées. Le suiveur de hauteur détermine la hauteur jouée, puis cette valeur est soustraite de la note « cible » pour déterminer la transposition à appliquer. Le résultat est une sorte de « pédale » en forme d'accord – procédé décrit par Settel[9] en l'appelant *harmoniseur de hauteur absolue*, ou par Winkler[9] qui élabore l'idée de *smart harmonization* où chaque note serait transposée selon un mappage d'harmonie. Quant aux temps de délai, dans cette configuration ils deviennent fixes, s'étalant sur plusieurs seconds, calculés en termes de temps rythmique.

Section 2, events 1-11

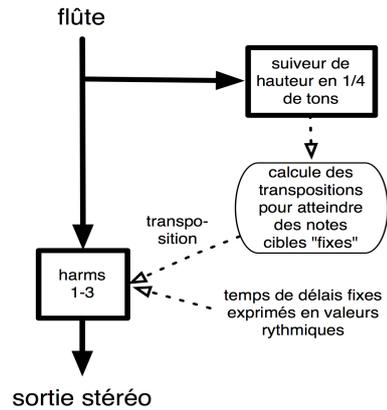


Figure 4. Schéma d'implémentation de la section 2.

2.2.3. Les suiveurs d'amplitude et de hauteur

Le suivi d'amplitude proposé dans *tapemovie* est une enveloppe simplement calculée à partir de la valeur absolue du signal de la flûte, et d'un lissage par filtre de type IIR réagissant différemment pour les valeurs croissantes et pour les valeurs décroissantes (l'objet *slide~* dans Max). La Figure 5 montre l'éditeur du *afol*, le suiveur d'amplitude, ainsi que son éditeur de mapping.

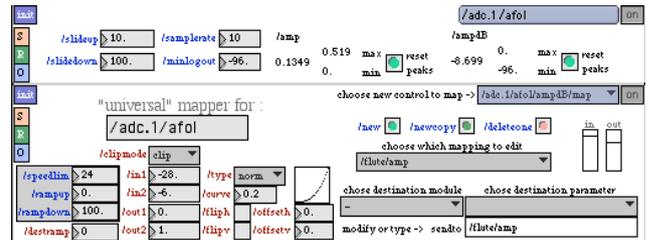


Figure 5. L'éditeur du suiveur d'amplitude (*afol* dans *tapemovie*) et son éditeur de mapping.

Le suiveur de hauteur est réalisé avec l'objet *fiddle~* de Miller Puckette³[7], dont nous voyons l'éditeur Figure 6.

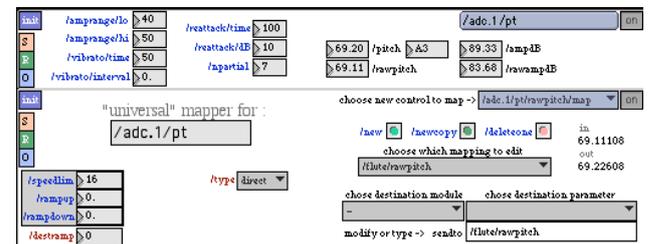


Figure 6. L'éditeur du suiveur de hauteur (*pitch track* ou *pt* dans *tapemovie*) et son éditeur de mapping.

³ D'après une conversation de l'auteur de cet article avec Miller Puckette, toutes les fonctions de *fiddle~* sont disponibles maintenant dans son objet plus récent, *sigmund~*.

Les mappings du suiveur de hauteur servent à gérer les zones de hauteur, ainsi que les déclenchements d'événements dès l'arrivée d'une note attendue.

2.2.4. Le déroulement de la pièce

La technique choisie pour le déroulement de la pièce s'est portée sur l'utilisation très simple d'un suiveur de hauteur (et non pas de *partition*) pour déclencher l'événement suivant. Ainsi, quand un prochain événement correspond à un changement de hauteur, l'arrivée de cette hauteur déclenche l'événement. Grâce à une écriture de hauteurs en expansion et en évolution, la note de déclenchement ne se trouvait pas toujours dans les mesures précédentes, donc il y avait la possibilité d'en faire un système robuste. Ceci dit, l'écriture en micro-intervalle et des erreurs qui peuvent arriver dans le suivi font que les déclenchements ne sont pas finalement toujours fiables, arrivant parfois bien trop tôt. Un simple déclenchement par pédale a été donc ajouté pour fiabiliser le système.

Depuis l'écriture de la pièce, l'auteur s'est penché sur le système *Antescofo* d'Arshia Cont et l'équipe des Représentations Musicales de l'IRCAM⁴, et il planifie de refaire le déroulement de la pièce ainsi à la prochaine occasion.

2.3. Stratégies d'écriture

Les stratégies d'écriture à la fois pour la flûte et pour les harmoniseurs se déclinent en trois familles de techniques, correspondant à trois parties distinctes de l'œuvre. Section 1A propose une écriture de lignes géométriques en contrepoint – l'unisson vers la séparation, ou la séparation vers l'unisson. La section 1B utilise les zones de hauteur décrites plus haut pour alimenter des groupes d'harmoniseurs réglés et mappés séparément. L'ajout des temps de délais plus importants crée un contrepoint plus angulaire et même pointilliste. La dernière partie se sert des harmoniseurs pour créer des champs harmoniques fixes, comme une suite d'accords.

2.3.1. Section 1A

Au début de la pièce, c'est l'idée de séparation par étirement qui est explorée. A partir de l'unisson, les trois harmoniseurs se décalent un par un en fonction de l'amplitude, afin de créer des lignes qui se séparent progressivement et dynamiquement de la flûte.

A la mesure 2 (voir **Figure 7**), lors d'un crescendo sur un Mi $\frac{1}{4}$ bas, les trois harmoniseurs à l'unisson montent légèrement jusqu'à +50 cents, puis redescendent. Pour l'auditeur, ce premier traitement reste encore très subtil, s'agissant d'une légère perturbation dans la flûte.

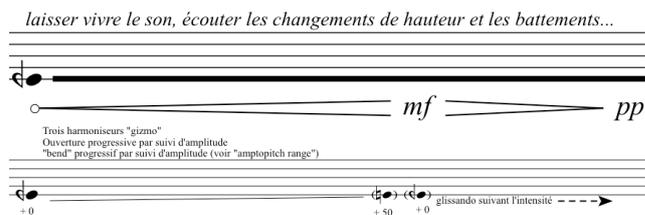


Figure 7. étirement vers le haut à la mesure 2.

Ensuite, un mouvement contraire se crée par les harmoniseurs qui glissent vers le bas un demi-ton suivant le crescendo de la flûte qui glisse vers le haut d'un quart de ton (**Figure 8**). La montée de la flûte annule une partie de la descente des harmoniseurs, créant une séparation symétrique autour de l'unisson – que l'on retrouve avec le decrescendo à la fin.

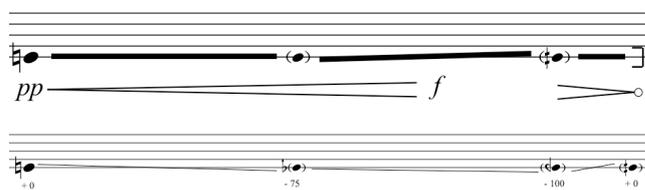


Figure 8. Mouvement contraire, mesure 5.

A la mesure 7 (**Figure 9**), une sorte de géométrie en forme de triangles obtus se crée par les harmoniseurs qui descendent puis remontent lors du crescendo/decrescendo, alors que la flûte reste stable. Sur le deuxième crescendo, la flûte elle-même monte naturellement, ce qui rend le résultat plus ambigu.

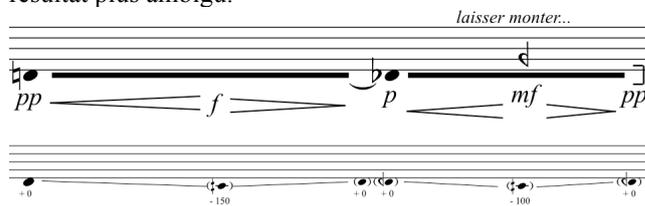


Figure 9. Triangles obtus, mesure 7.

A la mesure 8 (**Figure 10**), les harmoniseurs commencent à un ton plus haut pour ensuite glisser bas vers l'unisson durant les sforzandi. Quand, à la fin, la flûte glisse vers le haut en crescendo, le glissando descendant des harmoniseurs due au crescendo est annulée par le glissando ascendant de la flûte. Ainsi, en résulte que la flûte semble monter vers l'unisson alors que les harmoniseurs restent stables.



Figure 10. Accélération et annulation, mesure 8.

⁴ <http://repmus.ircam.fr/antescofo>

A la mesure 17 (**Figure 11**), les harmoniseurs se séparent enfin en trois voix, une qui monte en fonction du crescendo, et deux qui descendent.

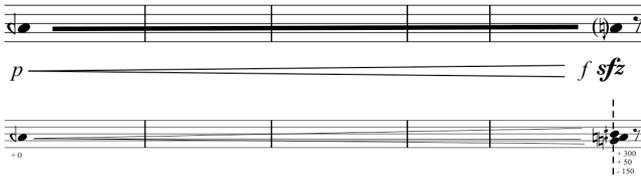


Figure 11. Séparation des harmoniseurs en 3 voix, mes. 17.

A la mesure 22 (**Figure 12**), l'unisson disparaît. Les harmoniseurs commencent la phrase en formant un accord, puis ils s'étirent d'avantage sous l'influence du crescendo.



Figure 12. La perte de l'unisson, mes. 22.

2.3.2. Section 1B

Dans la section 1B, à partir de la mesure 41, le système change. Un suivi de hauteur compare la note jouée à une grille de 4 zones de hauteurs, et dirige le son de la flûte vers un de 4 groupes de trois harmoniseurs selon la hauteur détectée. Les transpositions et les temps de délai demeurent connectés au suivi d'amplitude, mais les ambitus de modulation changent par rapport à la partie précédente.

Musicalement, ces 4 groupes d'harmoniseurs donnent l'impression d'un vrai éclatement de notes dans l'espace. L'écriture alterne sauts angulaires et notes proches liées. Les temps de délais, reliés à l'enveloppe d'amplitude, atteignent des valeurs plus importantes jusqu'à une seconde, avec un peu de réinjection pour les maintenir. Les transpositions varient peu, mais sont beaucoup plus espacées – d'un quart de ton pour certains, jusqu'à plus d'une octave pour d'autres. La **Figure 13** montre la partie de flûte du début de cette configuration.



Figure 13. Le début de la partie flûte de la section 2, mes. 41.

Grâce à toute la variation que fournit cette harmonisation par zones, la même configuration reste en place durant 13 mesures. A la mesure 55, des traits d'accélération amènent à des trilles aigus montant progressivement jusqu'au sol5 (**Figure 14**). Un crescendo vers sforzando à la mesure 61 fait terminer la section en une explosion de transpositions avec délai/feedback formant des arpèges qui montent et descendent vers les extrêmes.



Figure 14. Fin de la section 1.

2.3.3. Section 2

La section 2 fonctionne comme une longue coda où la flûte est suspendue dans des champs d'harmoniseurs à hauteurs fixes étalés dans le temps par des délais longs de plusieurs secondes avec réinjection. Comme expliqué plus haut, le suivi de hauteur permet de transposer vers une note cible à partir de n'importe quelle note jouée par la flûte. Cette partie comprend donc 10 accords en arpèges lents et étirés, générés à partir de la flûte qui se balade elle-même parmi eux.

Dans la **Figure 15**, nous voyons ce que joue la flûte au début de cette section, et dans la **Figure 16**, le résultat des trois harmoniseurs sur chacune des trois notes jouées.

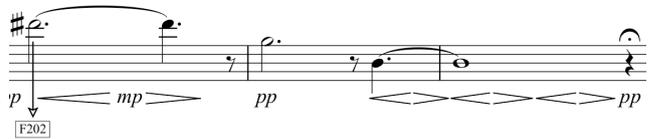


Figure 15. Partie flûte, mes. 70.



Figure 16. L'harmonisation générée par chaque note de la flûte.

Les accords changent toutes les 2 à 3 mesures pour finir la pièce dans l'épuisement de la résonance du dernier accord à la mesure 94.

3. L'INSTRUMENT KARLAX

Le sujet de cet article étant l'écriture pour flûte et harmoniseurs dans l'œuvre, il est néanmoins intéressant de poser un regard sur le deuxième instrument de ce duo basé sur le contrôleur Karlax.

Le Karlax (inventé par Rémi Dury de DaFact) est un contrôleur gestuel sans fil reliant touches continues, axe de rotation, pistons de vélocité, interrupteurs et trois axes

d'accéléromètres et gyroscopes⁵. Les gestes qui combinent touches, rotation et mouvement peuvent, avec des mappings pertinents, apporter un contrôle très fin et musical sur les processus sonores appliqués.

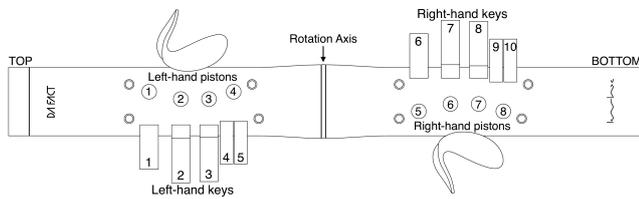


Figure 17. Dessin explicatif du Karlax

Dans *Le Patch Bien Tempéré III*, le Karlax joue un algorithme de synthèse *paf* (Phase Aligned Formant) qui synthétise des formants à une certaine fréquence, largeur de bande et amplitude (Puckette, 1995)[7]. Dans cette œuvre, l'utilisation de la synthèse de ses formants se base sur la définition en fréquence de 10 voyelles, qui servent par ailleurs à toute la construction formelle du système des hauteurs (sujet en dehors du contexte de cet article). Les différentes touches du Karlax servent à activer diverses voix de synthèse, ou bien à modifier leurs paramètres. En générale, la main gauche fait le choix des voix qui vont jouer, et la main droite applique des modifications. L'accélérateur de l'axe Z (mouvement avant-arrière) joue sur la dynamique (intensité et brillance) alors que l'accélérateur de l'axe X (mouvement gauche-droite) agit souvent sur des glissandi de la hauteur de synthèse. Enfin, l'axe de rotation applique un tremolo de vitesse variable. Une système de notation a été développé qui regroupe les contrôles et les gestes du Karlax sur un système de 4 portées. Ainsi, la Figure 18 montre la représentation des gestes d'orientation, les actions sur les touches et les pistons de la main droite, les changements dans l'axe de rotation, et les touches et les pistons de la main gauche (Mays, Faber, 2014)[5].

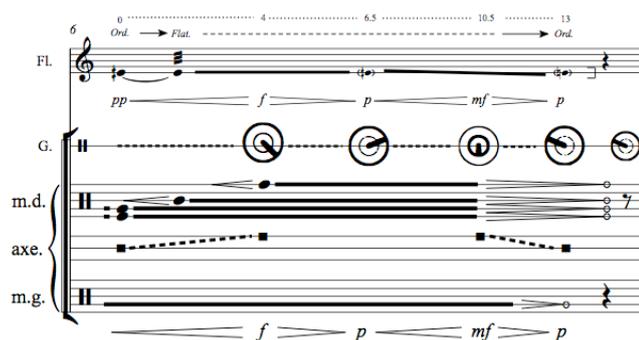


Figure 18. Extrait pour flûte et Karlax de la partition à la mesure 6.

Le fait de faire jouer la synthèse par un instrument électronique gestuel au lieu de la programmer dans la

partie temps réel de la flûte crée une vraie complicité de musiciens entre les deux parties. Egalement, puisque l'écriture des hauteurs de la flûte et des harmoniseurs est basée sur les mêmes fréquences de formants que la synthèse, une unité se crée entre les parties.

4. CONCLUSIONS

L'écriture de cette œuvre a servi à explorer une certaine potentielle dans l'usage musical des harmoniseurs avec les moyens informatique actuels. L'implémentation choisie a offert une grande souplesse et expressivité dans l'écriture, permettant une réflexion dans le sens non-seulement de l'écriture verticale, mais du contrepoint rythmique et géométrique.

L'objectif d'entendre une vraie transformation du son de la flûte et non-pas un simple accompagnement a surtout était atteint dans la première partie de la pièce où les perturbations et étirements due aux harmonisations semblent émaner du geste instrumental lui-même. L'idée de ne rester qu'avec la seule transformation de hauteur a pu également bien fonctionner dans la partie *la*, mais s'est avérée trop limitée dans la durée. Pour développer une écriture en contrepoint et ainsi travailler non-seulement la transformation de la flûte mais aussi son contexte, l'emploi du délai s'imposait au fur et à mesure que l'œuvre de déployait.

L'implémentation d'un suivi de hauteur pour le déroulement de la pièce n'a pas fonctionné comme espéré, et une ré-implémentation avec *Antescofo* semble s'imposer.

Quant à l'interprète, l'incorporation des suivis d'amplitude et de hauteur engage une réciprocité qui transforme des traitements passifs en objets musicaux actifs. L'instrumentiste face à ces systèmes se trouve d'avantage impliqué dans la partie électronique, et ne peut plus jouer sans prendre fortement en considération les processus de transformation et interaction.

5. REFERENCES

- [1] Dudas, R., « Spectral Envelope Correction for Real-Time Transposition: Proposal of a « Floating-Formant » Method », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Göteborg, Sweden, 2002, pp. 126-129.
- [2] Mays, T., *Traitements Temps Réel et l'écriture : Vers un lexique musical de divers traitements sonores de base*, mémoire de Master II, Université de Paris VIII, Paris, 2010.
- [3] Mays, T., R. Rubiano, « Tapemovie : Un environnement logiciel pour la création temps réel intermédia », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Rennes, 2010. Disponible en forme

⁵ <http://www.dafact.com/>

électronique : <http://jim10.afim-asso.org/actes/>,
consulté le 5.01.15.

- [4] Mays, T., P. Bittencourt, « Modulateurs en anneau et saxophone : Le dispositif d'écriture mixte et l'interprétation participative dans l'œuvre *Le Patch Bien Tempéré II* », *Actes des Journées d'informatique musicale*, Paris, France, 2013. Disponible en forme électronique : http://www.mshparisnord.fr/JIM2013/actes/jim2013_15.pdf, consulté le 5.01.15.
- [5] Mays, T., F. Faber, « A notation system for the Karlix controller », *Proceedings for New Interfaces for Musical Expression*, Londres, Royaume Uni, 2014. Disponible en forme électronique : http://nime2014.org/proceedings/papers/509_paper.pdf, consulté le 5.01.15.
- [6] Puckette M., « Formant-based audio synthesis using nonlinear distortion », in *Journal of the Audio Engineering Society*, 1995, volume 43 Issue 1/2, pp. 40-47. Disponible en forme électronique : <http://msp.ucsd.edu/Publications/jaes95.ps>, consulté le 01.04.15.
- [7] Puckette, M., Apel, T., and Zicarelli, D., « Real-time audio analysis tools for Pd and MSP », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, San Francisco, USA, 1998, pp. 109-112. Disponible en forme électronique : <http://msp.ucsd.edu/Publications/icmc98.ps> , consulté le 01.04.15.
- [8] Roads, C., *L'audionumérique : Musique et Informatique*, Dunod, Paris, 1998, 2007, pp. 120-123.
- [9] Settel, Z., *The use of real-time interactive music systems in music composition and performance*, thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, 2001, pp. 10, 40.
- [10] Winkler, T., *Composing Interactive Music : Techniques and Ideas Using Max*, MIT Press, Cambridge, London, 2001, pp. 246-252.