


LES PARTITIONS VIRTUELLES DE PHILIPPE MANOURY, ILLUSTRATION AVEC LE MODULE *CHAPO* DE *JUPITER* (1987)

Maxence Larrieu

Digital Media and Arts Research Centre,
University of Limerick, Ireland

maxence@larri.eu

 orcid.org/0000-0002-1834-3007

RÉSUMÉ

Jupiter (1987) pour flûte traversière et électronique est une pièce majeure du répertoire de la musique d'informatique. Composée par Philippe Manoury avec Miller Puckette, c'est en effet une des premières pièces à utiliser la technologie numérique pour tisser des interactions entre un instrument traditionnel et l'électronique. Cette idée d'interaction durant le concert est théorisée par le compositeur à la fin des années 1990 avec le principe de « partition virtuelle ». Dans *Jupiter*, une telle interaction est présente dans la section VI. Dans le médium numérique de la pièce, couramment appelé le *patch*, cette interaction est le fruit d'un module nommé *Chapo*. Notre article investit ce dernier. Dans un premier temps nous le décrivons technologiquement et dans un second nous éclairons la composition réalisée avec celui-ci dans la section VI. Enfin, nous utilisons la connaissance acquise sur cette interaction pour éclairer l'idée chère au compositeur de partition virtuelle.

1. INTRODUCTION

Jupiter est une pièce pour flûte traversière et électronique en temps-réel, composée par Philippe Manoury avec l'assistance scientifique et technique de Miller Puckette. Elle est créée en 1987 dans l'espace de projection de l'Ircam. C'est une pièce majeure du répertoire de la musique mixte car c'est une des premières à utiliser le numérique pour réaliser des interactions entre instrument traditionnel et électronique¹. Certes, à l'époque de la création ces types d'interactions existaient déjà. Citons par exemple *Alone* (1987) de Thierry Aloni, pour mezzo-soprano, chœur d'enfants, ensemble et électronique, qui fut créée le même jour que *Jupiter*, pour les 10 ans de l'Ircam. Ou encore *Diadèmes* (1986) de Marc-André Dalbavie pour alto, ensemble instrumental et électronique (cf. [9]). Cependant, *Jupiter* se démarque par les possibilités

musicales permises par la technologie développée. Comme le précise May Andrew dans un support pédagogique à destination de ses étudiants « *Jupiter* (...) includes the "first use" of more technologies than you can shake a stick at »². La pièce se démarque d'abord avec le suiveur de partition, qui va permettre de synchroniser des événements électroniques sur l'interprétation réalisée par l'instrumentiste. Ensuite par la possibilité d'interconnexion entre les modules – ce que nous appelons le *routing* (cf. [6]) – et enfin par les *algorithms* qui permettent de lier l'interprétation de la flûte à une production électronique particulière.

Ces algorithmes³ sont des suites de calculs réalisés dans le temps de l'interprétation. Dans *Jupiter*, ils ont la particularité de recevoir en entrée des données extraites du jeu de la flûte, comme l'intensité ou la hauteur des notes jouées. La sortie de ces algorithmes va alimenter une production électronique de manière à créer une interaction.

Deux algorithmes sont présents dans la pièce. Le premier est inclus dans un module nommé *Sampler*, il a pour fonction de réaliser des interpolations rythmiques, le second est inclus dans un module nommé *Chapo*, il permet de réaliser une interaction continue entre flûte et électronique.

Cette idée de tisser des liens entre instrument traditionnel et électronique, par la technologie, est essentielle pour le compositeur. La pièce *Jupiter* ouvre le cycle *Sonus ex Machina*, avec lequel le compositeur va développer cette idée d'interaction entre ces « deux univers » [13]. En 1997, une fois le cycle terminé, le compositeur théorise ses idées avec les « partitions virtuelles » : « La partition virtuelle est donc une partition dont on connaît, a priori, la nature des éléments qui vont être traités mais dont on ignore les valeurs exactes qui vont définir ces éléments. [13] ».

Notre article se propose d'éclairer le principe de partition virtuelle à l'aide d'un cas concret, le module

¹ Dans la mesure où *Répons* (1981) de Pierre Boulez utilise aussi la machine 4X et applique des traitements sur des instruments traditionnels, cette phrase pourrait être contredite. Elle fait cependant sens puisqu'il ne s'agit pas du même type d'interaction : *Répons* ne fait pas appel à l'analyse en direct d'un instrument traditionnel et ne nécessite pas un suiveur de partition. En effet, les traitements présents dans *Répons* sont lancés soit par un opérateur soit automatiquement par un chronomètre cf.[4].

² « *Jupiter* contient le premier usage d'une multitude de technologie », traduction personnelle. Extrait d'un document présent sur le Web en 2016, indisponible en 2019.

³ Lors d'un entretien avec le compositeur [10] nous avons appris qu'il était critique vis-à-vis de l'analogie « orchestre numérique » parfois utilisée pour qualifier les *patches* de ses œuvres, car, justement, ces *patches* contiennent autre chose qu'un « orchestre », quelque chose qui effectue des opérations, que nous appelons ici algorithme.

Chapo de la pièce *Jupiter*⁴. Dans une première partie nous décrivons le module techniquement, entre l’algorithme et la production sonore, et dans une seconde nous décrivons la composition réalisée avec le module dans la section VI de la pièce. Enfin nous éclairons ce principe de partition virtuelle avec les connaissances acquises.

L’étude du *Chapo* se réalise avec le medium numérique de la pièce, plus communément appelé le *patch*. *Jupiter* est aussi une pièce particulière pour le nombre de version de *patch* qu’elle connaît⁵, comme le précise Serge Lemouton : « [Jupiter] détient sans doute le record du nombre de plateforme d’informatique musicales sur lesquelles elle est passée (...) : au moins cinq systèmes différents (4X, ISPW, JMax, MaxMsp, PureData) [8].

Nous travaillons ici avec la version de Miller Puckette, réalisée dans les années 2000 avec le langage informatique qu’il a conçu, PureData. Ce *patch* est diffusé dans le cadre d’un projet aussi novateur qu’ambitieux, intitulé « New Public-Domain Realizations of Standard Pieces for Instruments and Live Electronics » [15]

2. PATCH ET INTERACTIONS

2.1. Vue globale du *patch*

Pour commencer nous souhaitons donner une vue globale du *patch*. Trois ensembles clés peuvent être distingués : un premier qui analyse la flûte en direct ; un deuxième ensemble chargé de la production sonore, et un dernier chargé de la synchronisation entre le jeu de la flûte d’une part et les écritures électroniques⁶ fixées par le compositeur – ce qui est communément appelé les *qlist* – d’autre part.

Le deuxième ensemble est constitué de 9 modules, nommés *Sampler*, *Chapo*, *Additive* et *Paf* pour ceux de synthèse, et *Harmonizer*, *Frequency Shifter*, *Reverb*, *Noise*, *Spat* pour ceux de traitement. La description de chacun de ces modules ne rentre pas dans le cadre de cet article – voir [2] et [7] pour cela – mais afin d’éclairer le

⁴ Le *Sampler* reste à traiter dans un travail substantiel, mais nous pouvons déjà dire qu’il s’agit difficilement d’une d’interaction : l’idée des interpolations du *Sampler* est de capturer deux fragments rythmiques joués à la flûte dans une section, d’effectuer les calculs, puis, quelques sections après, de diffuser le résultat musical obtenu. Entre la capture du jeu de la flûte et l’écoute du résultat il s’écoule ainsi plusieurs minutes, c’est pourquoi il est difficile de parler d’interaction.

⁵ Pour une introduction plus ample à *Jupiter* voir [7] et [14]

⁶ Nous souhaitons parler d’écriture électronique afin de tendre vers une compréhension musicologique du *patch*, ou réciproquement d’éviter une circonscription technologique de ce dernier. Cette volonté est aussi présente chez Laura Zattra [16] qui, dans le cadre d’une étude génétique, est amenée à concevoir les données de synthèse comme du *texte*. Nous développons plus amplement notre idée d’écriture électronique avec la musique d’informatique dans un récent article, cf. [5]

lecteur nous proposons le résumé suivant : *Sampler* est utilisé seul pour réaliser des interpolations ou en parallèle de la flûte afin d’augmenter son jeu ; *Additive* réalise des gestes électroniques très fluides dans une partie de la section III seulement ; *Paf* est utilisé tout le long de la pièce afin d’augmenter le rendu de la flûte à l’aide de formants électroniques ; *Harmonizer* est utilisé pour produire des agrégats à partir des notes de la flûte ; *Frequency Shifter* est utilisé pour brouiller le timbre de la flûte ; *Reverb* est utilisé fréquemment pour prolonger des notes de la flûte sur la durée d’une phrase afin de créer des tapis ; *Noise* permet d’enrichir les sons synthétiques en ajoutant des irrégularités ; enfin le *Spat* permet de spatialiser les différents signaux dans un système quadraphonique encadrant le public.

La figure ci-dessous représente les éléments clés du *patch*.

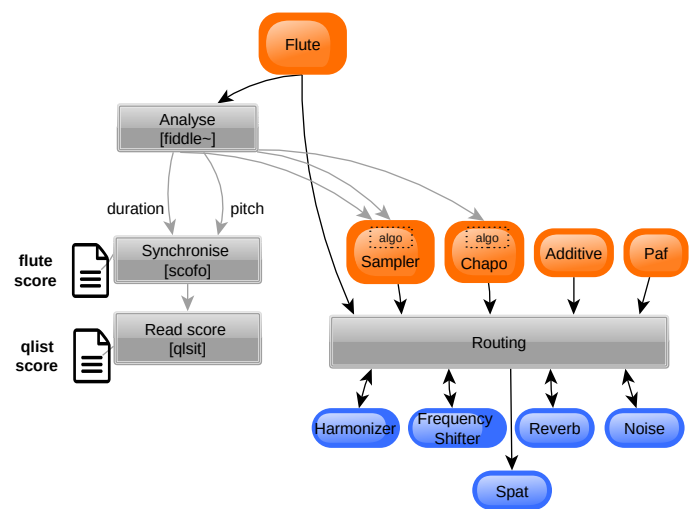


Figure 1. Les éléments clés du *patch*.

En orange sont représentés les modules de synthèses, en bleu ceux de traitements⁷, et dans les boîtes grises les différentes fonctions clés du *patch*.

2.2. Interactions flûte et électronique

Le *patch* permet deux sortes d’interactions entre la flûte et l’électronique. La première est réalisée par le suiveur de partition, c’est une interaction générale car elle est présente tout au long de la pièce. La seconde est réalisée par le module *Chapo*, c’est une interaction particulière présente dans les sections VI et XII de la pièce.

⁷ La figure 1 témoigne de la spécificité du *Spat*. Dans la mesure où ce module reçoit du signal il s’apparente à un module de traitement, cependant il s’en éloigne, car sa sortie ne peut évidemment pas être redistribuée dans le routing. Toute la spécificité du *Spat* tient dans le fait qu’il ne peut se penser sans l’implantation spatiale de la diffusion – en l’occurrence un système stéréophonique doublé d’un quadraphonique qui entoure le public cf. [7] p.171

2.2.1. Suiveur de partition

Le suiveur de partition permet de synchroniser des événements électroniques sur l'interprétation réalisée à la flûte. Les événements électroniques sont écrits dans les *qlist*. Par exemple, l'événement 48 de la section I utilise le module *Paf* pour ajouter un formant sur le Do# de la flûte et, de plus, applique la *Reverb* en mode infini sur la flûte et le formant du module *Paf*.

The image shows a musical score for event 48. It consists of two staves. The top staff is for the flute, with a note marked '48' and '49'. The bottom staff is for the electronic part, with a tempo of 60 and a 'molto vibr.' marking. Dynamics include 'ffz' and 'mf'. There are also some handwritten annotations like 'Paf' and '(Rev. ∞)'.

```
0 48 ----- 570;  
nto2 97;  
nto4 97;  
puffq -1, 6100, 6120, 6700, 6720;  
pufcf -1, 74, 74, 79, 79;  
pufbw -1, 54, 54, 41, 41;  
amp1 127;  
amp2 127;  
fnois 16;  
dtr 127;  
rgate 127;  
rout 127;  
revfb 127;
```

Figure 2. Événement 48 de la section I dans la partition, accompagné d'un extrait de l'événement dans les *qlist*.

Les sections de la pièce possèdent ainsi un certain nombre d'événements. Du côté de la flûte, ces événements sont des repères placés dans la partition ; du côté de l'électronique, ce sont des écritures placées dans les *qlist*. Le rôle du suiveur de partition est de synchroniser les écritures électroniques aux repères placés dans la partition, et cela au fil de l'interprétation. Il est à noter que cette synchronisation n'est pas exclusivement réalisée par la machine mais peut être réalisée par un humain, situé en régie, qui va, à l'aide du *patch*, déclencher l'événement suivant et ainsi de suite⁸.

Cette interaction est au cœur de *Jupiter*, c'est avec celle-ci que le compositeur va articuler l'électronique sur le jeu de la flûte.

⁸ Sur la fenêtre principale du *patch* on trouve ainsi un important bouton qui permet de déclencher l'événement suivant.

2.2.2. Interaction réalisée avec le Chapo

L'interaction permise par le *Chapo* est particulière, elle correspond à une idée musicale du compositeur :

« L'idée initiale consistait en un prélèvement de l'enveloppe spectrale de la flûte, afin de contrôler les amplitudes d'un groupe d'oscillateurs » [12].

Le module tisse ainsi un lien entre les hauteurs jouées à la flûte et une distribution de l'énergie dans le spectre des sons électroniques. Utiliser la technologie pour lier instrument traditionnel et électronique est une idée chère au compositeur. Elle permet d'aller plus loin dans l'interaction que ce que ne permet le suiveur de partition. Avec ce dernier, l'interaction est en effet fondamentalement discrétisée, absente entre deux événements, et ne peut descendre en dessous du niveau de la note. À la différence, l'interaction du *Chapo* se fait, comme nous le verrons, en dessous du niveau de la note, continuellement, à une fréquence de 20 ms.

3. LE MODULE CHAPO

3.1. Description Globale

Trois éléments peuvent être différenciés dans le module. En haut il y a un algorithme qui définit l'interaction entre la flûte et le signal produit, en bas un banc de 28 oscillateurs, qui génèrent le signal, et entre les deux se trouve une enveloppe spectrale qui permet de paramétrer le banc d'oscillateur.

3.1.1. Entrées et sortie de l'algorithme

Avant de détailler davantage l'algorithme nous souhaitons en donner un aperçu à l'aide du concept de boîte noire [1], c'est-à-dire en l'isolant et en se focalisant sur ses entrées et sorties. En entrée l'algorithme reçoit la valeur MIDI des hauteurs jouées à la flûte⁹, une variable que nous nommons *flutePitch*, et deux autres variables présentes dans les *qlist*, *chat* et *porta*. En sortie l'algorithme produit une nouvelle variable que nous nommons *facteur f*.

3.1.2. Banc d'oscillateurs

C'est la synthèse additive qui est utilisée pour générer le signal, à l'aide de 28 oscillateurs. Ces derniers peuvent lire deux forme d'onde, une sinusoïde ou la somme d'un fondamental avec un harmonique de rang 3. La sélection de la forme d'onde est commune à tous les oscillateurs et se fait avec la variable *chapo-tab*.

L'affectation en fréquence des oscillateurs est simple, elle se fait à l'aide de la variable *chapo* sous forme de liste, comme le montre l'extrait des *qlist* ci-dessous (section VI événement 12) :

⁹ Le signal de la flûte est analysé à l'aide de l'objet [fiddle~]

```

chapo 0 32.700001;
chapo 1 187.779999;
chapo 2 142.;
chapo 3 297.779999;
chapo 4 261.619995;
chapo 5 407.779999;
chapo 6 362.;
chapo 7 517.779968;

```

Le premier argument indique le numéro de l'oscillateur, le second sa fréquence. L'amplitude, elle, n'est pas paramétrée manuellement à l'aide des *qlist* mais est déduite de l'enveloppe spectrale. En effet cette dernière peut être vue comme un moyen pour paramétrer l'amplitude des 28 oscillateurs.

3.1.3. Enveloppe spectrale

Elle est réalisée à l'aide d'une simple table de données, nommée *chapo_spect*, chargée dès l'ouverture du *patch*. Cette table associe pour un index compris dans l'intervalle [0-127] une valeur comprise entre [0-126], avec la répartition de la figure ci-dessous.

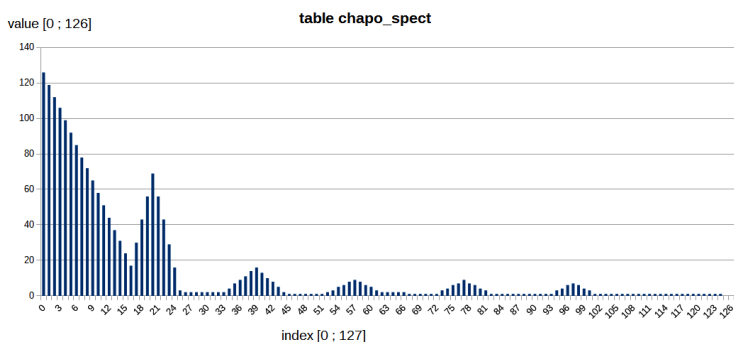


Figure 3. La table chapo_spect

L'index de la table est le résultat de la multiplication entre le *facteur f* et la fréquence affectée à l'oscillateur. On retrouve ainsi un spectre qui respecte *grosso-modo* la distribution des instruments traditionnels : les premiers partiels ont une amplitude inversement proportionnelle à leur fréquence, jusqu'à l'apparition de cinq formants dont l'amplitude décroît aussi avec la fréquence. Enfin, comme la table contient de nombreuses valeurs nulles, relevons que toutes les fréquences distribuées par la variable *chapo* ne seront pas audibles.

3.2. Zoom sur l'algorithme

L'algorithme est fait de deux parties. Une première qui fixe le rapport entre les variations de hauteurs de la flûte et le spectre du signal produit, la variable *chat*, une seconde qui détermine le comportement temporel de l'enveloppe spectrale, la variable *porta*.

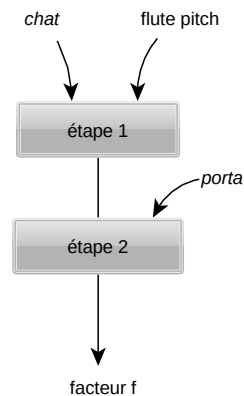


Figure 4. Les étapes de l'algorithme

3.2.1. Rapports hauteur flûte et spectre produit

Les calculs sont tels que le *facteur f* est inversement proportionnel à la hauteur de la flûte. Ainsi, plus les notes de la flûte sont aiguës, plus le *facteur f* est faible, soit, en regard de la table, plus les amplitudes des oscillateurs sont conséquentes.

Parallèlement la variable *chat* impacte la variation du *facteur f*: une valeur faible entraîne des valeurs élevées et inversement. Cette variable permet ainsi d'avoir un contrôle global sur l'amplitude du signal produit.

3.2.2. Évolution temporelle de l'enveloppe

À la fin de l'étape précédente, le *facteur f* évolue en synchronicité avec la flûte : à chaque changement de hauteur une nouvelle position de l'enveloppe spectrale est donnée. Cette seconde étape permet de fluidifier les changements de position de l'enveloppe, à l'aide d'un lissage du *facteur f*, ce qui va autoriser un balayage de l'enveloppe. Les valeurs du *facteur f* vont ainsi devenir des points de destination ; nous parlerons de balistique.

Le lissage est effectué à l'aide d'un système avec boucle de rétroaction, de sorte que la valeur sortante est calculée en fonction de celle sortante et celle entrante.

$$output = output + k(input - output)$$

k : un facteur déterminé par la variable *porta*.

Ce système fonctionne à une fréquence de 20 ms à l'aide d'un objet [metro 20]. Ainsi, toutes les 20 ms, que la flûte joue ou non, une nouvelle valeur du *facteur f* est calculée, ce qui engendre un déplacement fluide de l'enveloppe spectrale.

La variable *porta* permet de contrôler ce système balistique. Elle peut être vue comme la définition d'un nombre de paliers à insérer entre la valeur de destination (*input*) et la valeur sortante (*output*). Par exemple à l'instant *t0* avec un nombre de paliers égal à 100 entre la

valeur de destination et celle sortante, la nouvelle valeur sortante correspondra au premier palier de cette centaine. 20 ms après, au temps $t1$, la différence est recalculée et de nouveau 100 paliers sont affectés dans cette différence, et la valeur sortante sera de nouveau le premier palier de la centaine représentant cette différence, qui s'est amoindrie, et ainsi de suite.

Ainsi, plus la valeur de destination est éloignée de la valeur actuelle, plus le changement du *facteur f* est conséquent.

En exécutant le patch et en prélevant la valeur entrante et le *facteur f*, nous pouvons obtenir une représentation de ce comportement¹⁰.



Figure 5. Comportement balistique du *facteur f*. En noire les valeurs de destination, en gris celles du *facteur f*

Comme nous le voyons, plus le *facteur f* est proche de la valeur de destination, moins les changements sont grands, et inversement.

3.2.3. Corrélation hauteur et spectre

L'interaction entre la flûte et le module est maintenant limpide : des notes aiguës de la flûte entraînent un déplacement de l'enveloppe vers le bas, donc un spectre plus riche, tandis que des notes graves de la flûte entraînent un balayement vers le haut, donc un spectre moins riche.

Le contrôle *porta* s'avère maintenant essentiel. Plus sa valeur est grande plus le balayement de l'enveloppe

sera long, et inversement. Son nom vient de l'effet obtenu, qui évoque un *portamento*.

3.3. Représentation du module

La figure ci-après représente l'ensemble du module, entre banc d'oscillateurs, enveloppe spectrale et algorithme, et la table en dessous rend compte des contrôles du module.

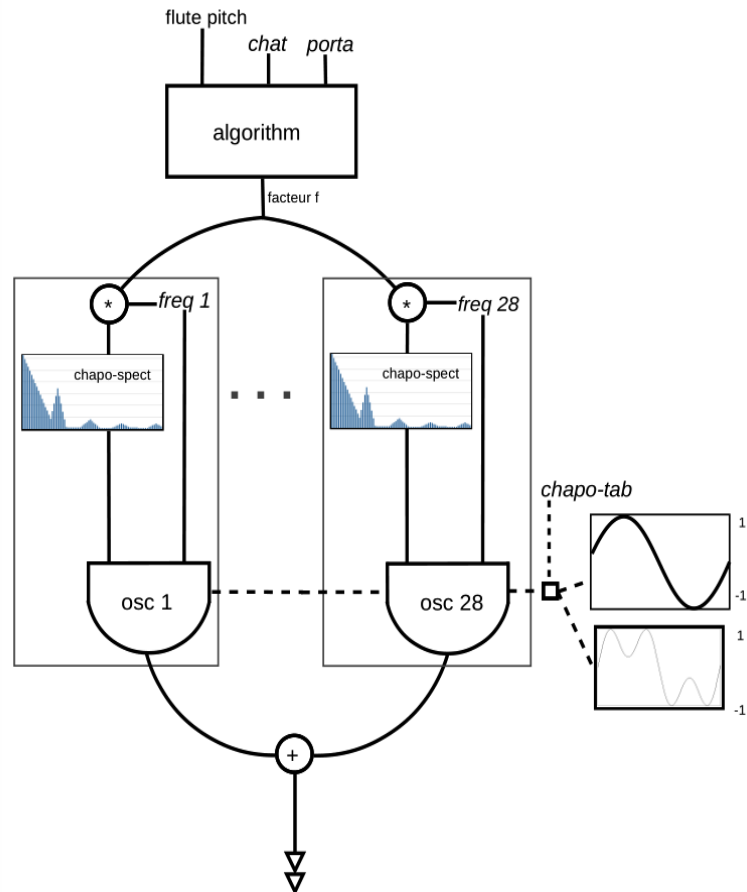


Figure 6. Représentation du module *Chapo*.

Nom variable	Signification
chapo	Variable de type liste : numéro d'oscillateur, fréquence (Hz)
chat	Amplitude générale du module
porta	Temps de lissage de l'enveloppe spectrale
chapo-tab	Sélectionne la forme d'onde des oscillateurs

Table 1. Les contrôles du module *Chapo*

¹⁰Comme il s'agit de relever le comportement du système et non les valeurs des variables, le graphique ne possède pas d'unité sur l'axe des ordonnées ; en abscisse c'est le temps

4. UTILISATION DU MODULE

Dans le précédent titre nous avons décrit le module dans les détails. Ceci a pu être réalisé en l'isolant, en fixant des frontières et en observant son comportement. Afin de dépasser cette description technique il nous faut maintenant retirer ces frontières et étudier le module dans la composition. En effet, le module ainsi décrit possède un très vaste potentiel de sonorités, qui dépend, pour l'essentiel, des valeurs en fréquence attribuées (la variable *chapo*) et de l'écriture de la flûte. Dans le présent titre nous décrivons maintenant l'utilisation du module faite par le compositeur.

4.1. Utilisation dans la pièce

Jupiter est composée de treize sections, d'une durée variable comprise entre 40 secondes et 3 minutes 30. Le module *Chapo* possède une section qui lui est dédiée, la plus longue, la VI, construite autour de l'interaction entre flûte et électronique permise par le module. On retrouve le *Chapo* ensuite dans la section XII, mais davantage mélangé aux autres modules. Dans ce titre nous traitons donc de la section VI.

4.2. Une phrase comme modèle

La construction de la section VI est très limpide, elle est faite de 16 phrases à partir desquelles il est aisé d'induire un certain modèle. Il s'agit d'un modèle tension/détente fait de deux phases : sur la première la flûte traversière joue un Do3 marqué d'un point d'orgue. Cette note avoisine la limite inférieure de la tessiture de l'instrument, son spectre met ainsi du temps à s'établir (attaque d'environ 50 ms) et donne une impression forte de commencement. Par contraste, le *Chapo* juxtapose à cette note d'assise un impact de masse complexe percussif qui va évoluer tout le long de la phrase. Sur la seconde phase du modèle, la flûte va jouer des notes en direction de l'aiguë ; l'impact du *Chapo* va progressivement s'enrichir avec la corrélation que nous avons vue : plus les notes de la flûte sont aiguës plus le spectre sera riche.



Figure 7. Exemple de phrase dans la section VI.

Nous souhaitons maintenant rendre compte des écritures du *Chapo*, e.g. quelles fréquences composent ces impacts ?

Deux écritures peuvent être différenciées, une première, verticale, qui concerne l'empilement des sinusoïdes, et une seconde, horizontale, relative à l'évolution du module dans la section.

4.3. Écriture verticale

À la suite d'un entretien avec le compositeur [10] nous avons appris que les valeurs en fréquence du *Chapo* résultaient d'un calcul, inspiré du spectre obtenu avec la synthèse par modulation de fréquence. En prenant les *qlist*, où sont présentes toutes ces valeurs en fréquence, nous avons pu retrouver ce calcul. Voici un extrait d'une distribution pour les 9 premiers oscillateurs :

```

chapo 1 155.559998;
chapo 2 77.779999;
chapo 3 233.080002;
chapo 4 155.559998;
chapo 5 311.130005;
chapo 6 233.080002;
chapo 7 388.779999;
chapo 8 311.130005;
chapo 9 466.160004;

```

Les 28 oscillateurs sont répartis en deux séries de 14, et un calcul est effectué pour chacune des séries. D'abord, une fréquence de référence est déterminée (*fref*), commune aux deux séries, et ensuite un coefficient est fixé pour chaque série, *k1* et *k2* compris dans l'intervalle]0 ; 1[. Le calcul des fréquences pour la première série est alors le suivant :

$$\begin{aligned}
 f_1 &= k_1 \times f_{ref} \\
 f_2 &= (k_1+1) \times f_{ref} \\
 f_3 &= (k_1+2) \times f_{ref} \\
 f_4 &= (k_1+3) \times f_{ref} \\
 &\dots \\
 f_{14} &= (k_1+13) \times f_{ref}
 \end{aligned}$$

Le même calcul est effectué pour la deuxième série avec le coefficient *k2*.

Ce calcul donne au spectre deux propriétés à la fois harmonique et inharmonique. Pour chaque série la différence en fréquence d'un rang à l'autre est en effet la même, ce qui tend à un rendu harmonique. L'inharmonicité, quant à elle, est doublement présente : d'abord *fref* est absent et ensuite les coefficients *k1* et *k2* ne sont jamais entiers. De plus, ce calcul n'est pas appliqué avec rigueur et l'on trouve de nombreuses altérations. Nous en avons repéré trois : (i) les deux premières fréquences des séries sont souvent remplacées par le fondamental de la note jouée à la flûte (ii) souvent, la distribution en fréquence se fait à l'aide de plus de deux coefficients, de manière à brouiller la

régularité (iii) enfin, certaines des distributions sont pleinement harmoniques – dans la section VI sur 30 impacts 4 sont pleinement harmoniques.

4.4. Écriture horizontale

Après une étude des sections VI et XII nous nous sommes aperçus que l'écriture horizontale du *Chapo* respectait un certain schéma. Ce schéma concerne la valeur de *fref* pour chacune des distributions. *fref* prend simplement la valeur du fondamental de la suite de note suivante {Ré#1, La1, Ré2, Sol2}, répétée quatre fois pour la section VI – pour la section XII c'est la suite {La2, La#2, Ré#3, Mi3} qui est utilisée, répétée aussi quatre fois. Cependant nous remarquons que ce schéma reste peu audible : d'une part les coefficients *k1* et *k2* changent à chaque distribution, et d'autre part l'application de l'enveloppe spectrale, plus son balayement, viennent rompre une quelconque régularité.

4.5. Représentation des écritures, section VI

La figure ci-dessous représente les écritures verticale et horizontale de la section VI. En abscisse se trouvent non pas le temps mais les événements, placés à équidistance, de la section VI qui contiennent les écritures du *Chapo*. En ordonnée sont représentées les valeurs en fréquence. Les impacts harmoniques sont indiqués en bleu. Nous retrouvons dans la figure le calcul effectué sur l'écriture verticale : il y a le même espacement par paire de points. Nous retrouvons aussi le schéma de quatre notes de l'écriture horizontale sur le sommet des distributions, avec un groupe de quatre répétés quatre fois¹¹.

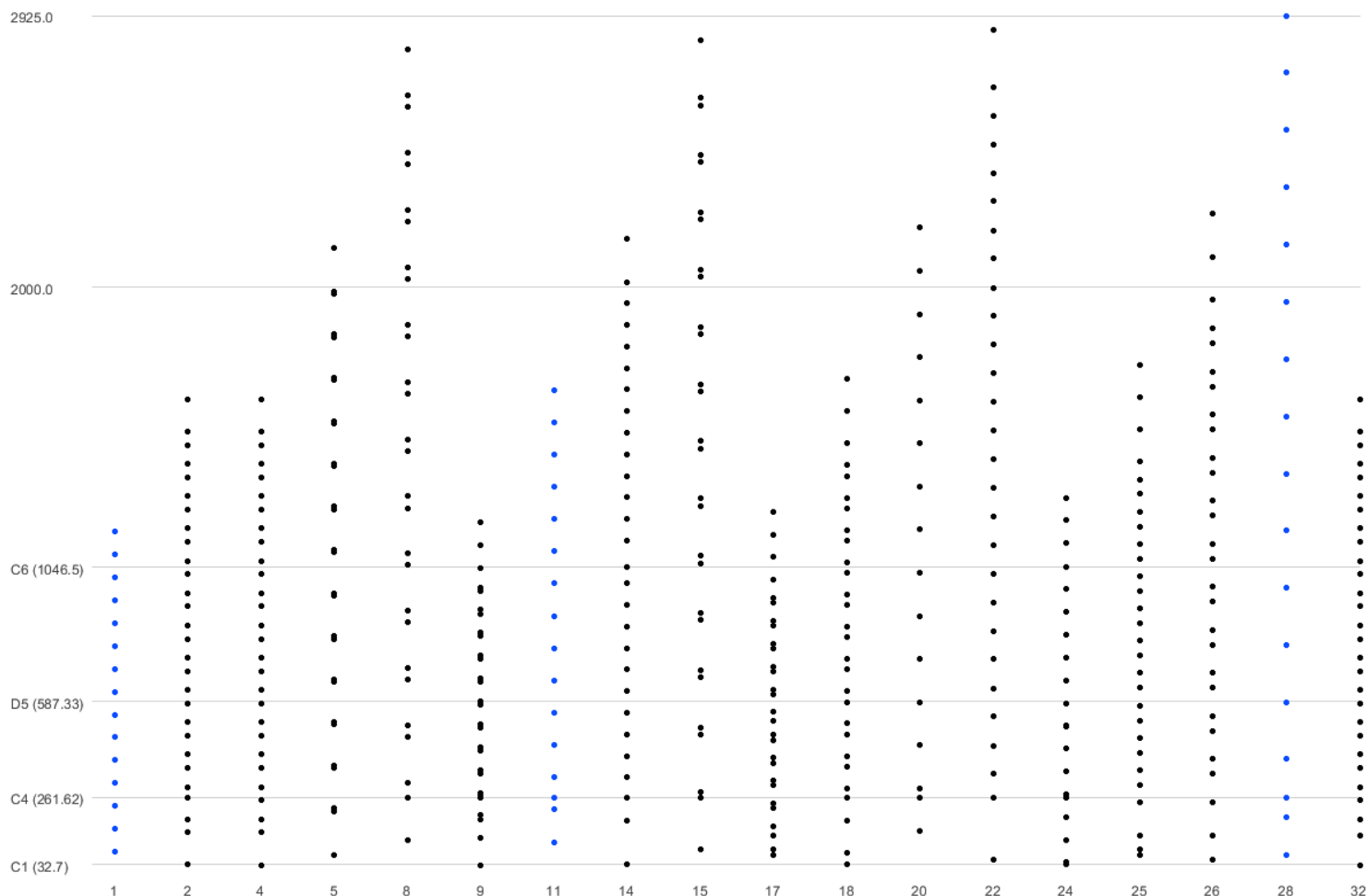


Figure 8. Écritures en fréquence du *Chapo* dans la section VI

¹¹ Le schéma horizontal est juste altéré à l'événement 4 qui répète la distribution de l'événement 2. En fait, l'événement 2 correspond à un impact très rapide et percussif, le seul de la section ; il vient annoncer l'impact standard de la phrase suivante.

4.6. Composition avec le *Chapo* dans la section VI

Nous souhaitons maintenant rendre compte de la composition réalisée entre le module et la flûte dans la section VI.

4.6.1. Synchronisation de l'enveloppe

Le premier élément que nous relevons apparaît sporadiquement. Il permet au compositeur d'ajouter du relief entre les phrases. La phrase modèle de la section possède un temps de balayement conséquent (*porta* = 1024) de l'ordre de 2 secondes. L'impact électronique, juxtaposés au Do3 de la flûte, va ainsi avoir le temps de se déplacer, ce qui créera d'importantes saillances. Pour lier les phrases, la variable *porta* est parfois fixée à 0 en début de phrase, ce qui supprimera le temps de balayement et atténuera considérablement ces saillances. C'est par exemple le cas entre les phrases C et D.

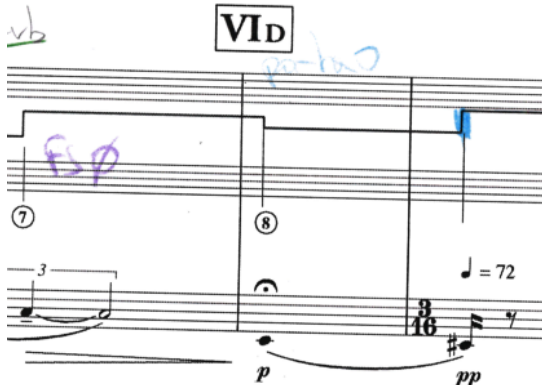


Figure 9. Enchaînement des phrases C et D

En supprimant l'important balayement le compositeur va pouvoir regrouper certaines phrases. De plus, ce temps de synchronisation est aussi utilisé à l'intérieur des phrases, pour amener du contraste.

4.6.2. Intervalles de la flûte et balayements

Nous relevons ensuite une méthode compositionnelle utilisée tout le long de la section VI, qui va contribuer à sa structuration. À l'issue de la description du *Chapo* nous savons maintenant qu'au Do3 de la flûte – qui ouvre la phrase modèle – correspond un spectre électronique faible en énergie. A contrario, la dernière note du modèle est aiguë et renvoie donc à un spectre fort en énergie. La méthode compositionnelle consiste à jouer sur cet intervalle de manière à contrôler l'importance, sur le plan des hauteurs, du balayement, entre un spectre riche (note aiguë) et un moins riche (Do3). Plus la dernière note d'une phrase sera aiguë, plus l'impact et le balayement de la phrase suivante seront conséquents. Cette méthode est par exemple utilisée pour le climax de la section, au début de la 12^e phrase.

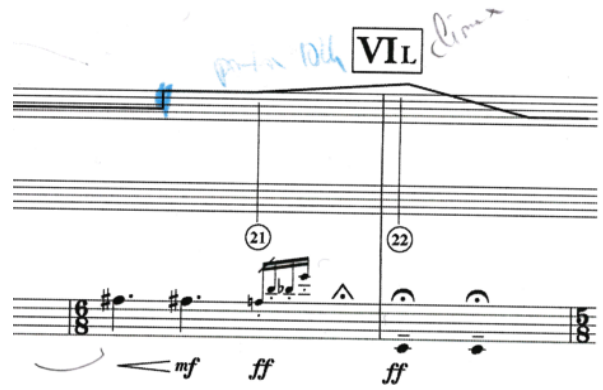


Figure 10. Le climax de la section VI

La phrase K se finit avec des triples croches qui mènent au Mi5, la note la plus haute de la section. Ce geste engendre d'abord un déplacement vers l'aigu de l'enveloppe spectrale, très saillant, et ensuite un impact de forte amplitude qui ouvre la phrase L et marque ainsi le climax. Cette énergie spectrale va s'amoinrir avec un long balayement au fil des Do3 en point d'orgue de la flûte.

De l'autre côté, quand le compositeur souhaite grouper des phrases, en plus de synchroniser la flûte et l'enveloppe, il précise un intervalle faible à la flûte, comme le montre l'enchaînement des phrases C à D de la figure 9.

Au centre de la section VI se trouve donc cette interaction entre flûte et électronique permise par le *Chapo*. Après quelques phrases l'auditeur comprend qu'il y a une correspondance entre le jeu de la flûte et l'évolution du spectre électronique, mais celle-ci n'est pas limpide. Elle est troublée par le *porta* et par le module *Frequency Shifter* qui va apporter d'autres sonorités. La section peut ainsi se comprendre comme un jeu autour de l'interaction permise par le *Chapo*. Ce n'est qu'à la *coda* que l'interaction est dévoilée. La flûte joue des croches espacées en temps et en hauteur, dans les extrêmes de sa tessiture, entre lesquelles les balayements se déploient.

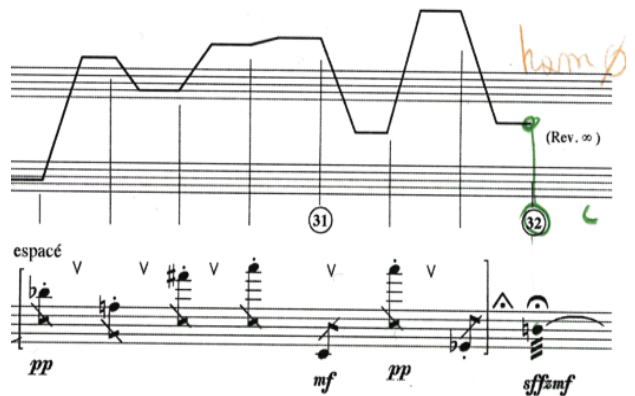


Figure 11. La coda de la section VI

5. PARTITION VIRTUELLE

5.1. Approche théorique

Nous pouvons à présent éclairer les partitions virtuelles du compositeur. Cette idée part d'une compréhension de la partition traditionnelle et de son interprétation comme une articulation de composants absolus et relatifs :

« Ces deux entités que sont la notation et l'interprétation se définissent par le choix de la nature *absolue* ou *relative* des composants » [13] (souligné dans le texte).

Le principe se comprend, ensuite, dans une volonté d'introduire dans l'électronique d'une pièce mixte la richesse qu'apporte l'interprétation instrumentale, soit d'introduire dans l'électronique une articulation entre composants relatifs et absolus. Ceux relatifs prendront leur valeur exacte au moment du concert, et, *a contrario*, ceux absolus sont stables d'une interprétation à l'autre :

« [Les partitions virtuelles] ne donnent pas la totalité du contenu sonore, mais une partie seulement. Cette partie, qui est codée dans la mémoire de la machine, demeure invariable quelle que soit la manière dont l'interprète agira » [13].

Enfin, les composants relatifs électroniques ne prennent pas leur valeur exacte avec des processus aléatoires, mais avec une analyse de l'interprétation qui est en train de se faire :

« C'est l'analyse en temps-réel des données instrumentales, ou vocales, qui définira les valeurs réelles qui serviront à produire le son » [13].

5.2. Illustration avec le module *Chapo*

L'étude que nous avons faite du *Chapo* peut maintenant nous permettre d'éclairer ce principe. Les composants fixes (ou absolus) de ces partitions sont les écritures en fréquence des oscillateurs. Inscrites dans les *qlist* ces dernières sont en effet identiques d'une interprétation à l'autre. Par contre, les amplitudes des oscillateurs ne sont, elles, pas fixées. Elles prennent leurs valeurs exactes au moment de l'interprétation, à l'issue d'une analyse du jeu de la flûte ; il s'agit donc des composants relatifs de la partition virtuelle.

Avec le principe de partition virtuelle la composition a maintenant en charge quelque chose de plus. Nous pouvons en effet différencier deux éléments « habituels », un « moteur audio », qui produit le signal, et des écritures qui décrivent les actions à réaliser. Il reste cependant tout le chemin qui lie l'analyse de

l'interprétation à la production audio. C'est ce que nous avons appelé l'algorithme, la connexion entre les données de l'interprétation et la production audio. Au-delà d'une mise en correspondance (*mapping*) trop évidente, l'algorithme est pour nous très singulier au compositeur. En effet, il ne peut se concevoir à partir d'un savoir partagé entre compositeur, à l'image de ce que peut être la théorie musicale traditionnelle, ou encore les différentes méthodes de synthèse. Ainsi l'algorithme est pour nous idiosyncratique, très proche du compositeur ; nous le comprenons comme le reflet (technologique) d'une idée musicale.

6. CONCLUSION

Cet article traite du module *Chapo* de la pièce *Jupiter*. Nous avons d'abord expliqué notre intérêt pour ce module : c'est le seul à tisser une interaction entre flûte et électronique à l'aide d'une analyse en direct du jeu de flûte. Nous avons ainsi fait le lien avec le principe de partition virtuelle du compositeur. Nous avons investi le module en deux temps. D'abord en l'isolant, nous l'avons observé et décrit technologiquement. Ensuite en ciblant l'utilisation faite par le compositeur, nous avons décrit les deux écritures du *Chapo*, et surtout nous avons mis en lumière la composition réalisée avec le *Chapo* dans la section VI. Nous avons vu que cette section était faite de phrases, débutant par un impact électronique, et nous avons décrit la méthode compositionnelle centrale de cette section : le compositeur fait varier la grandeur d'un intervalle à la flûte afin de faire varier l'importance des impacts et leur évolution spectrale. Enfin nous avons fait le lien entre les partitions virtuelles, principe théorique du compositeur, et le *Chapo*, un module de la pièce *Jupiter*. Nous avons utilisé les connaissances acquises par l'étude du *Chapo* pour éclairer le principe de partition virtuelle.

Nous souhaitons pour conclure revenir sur deux points qui nous sont chers et qui mériteraient d'être développés dans un travail ultérieur. Le premier est relatif à la méthode que nous avons utilisée pour étudier le module : après l'avoir étudié isolément et décrit techniquement, nous avons éclairé l'utilisation faite par le compositeur. Distinguer deux niveaux, un premier plus technique, relatif au *patch*, et un second plus musical, relatif à la composition, nous paraît en effet essentiel. Viser l'utilisation nous a permis d'éclairer le module dans sa relation entretenue avec le compositeur, soit d'être proche de la composition et ainsi de pouvoir commencer un travail d'analyse musicale. Le deuxième point est plus global, il concerne les relations entre les idées musicales et le *patch*. Faire le lien entre le *Chapo* et le principe de partition virtuelle nous a été très fécond. À l'issue de ce travail il ne nous semble pas déraisonnable de voir le *patch* comme un moyen pour investir les idées compositionnelles, comme une opportunité pour dépasser une compréhension permise

soit par l'écoute de la musique, soit par l'expression écrite ou orale des idées. Finalement, nos deux points se rejoignent dans une volonté de concevoir le *patch* comme un médium pour éclairer la musique avec laquelle il est inévitablement en relation. Ces idées restent à développer dans un travail substantiel, mais peut-être pourront-elles influencer de futurs travaux musicologiques en relation avec la musique d'informatique.

7. RÉFÉRENCES

- [1] Ashby, W.R. *An introduction to cybernetics*, Chapman & Hall Ltd, Londres, 1957.
- [2] Bonardi, A. "Analyse l'orchestre électronique interactif dans les œuvres de Manoury", *Analyser la musique mixte*, Delatour, Sampzon, 2017. [hal-01575296](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01575296)
- [3] Dufeu, F. "L'instrument numérique comme objet d'analyse des musiques mixtes", Journées d'Informatique Musicale, Rennes, 2010. [halshs-00627207v1](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00627207v1)
- [4] Gerzso, A. "Reflections on Répons", *Contemporary Music Review*, vol. 1 (1). 1984. DOI: [10.1080/07494468400640041](https://doi.org/10.1080/07494468400640041)
- [5] Larrieu, M. "A consideration of the code of computer music as writing, and some thinking on analytical theories", *Organised Sound*, *sous presse*, 2019.
- [6] Larrieu, M. "Outils informatique et analyse musicale : représenter le routing de *Jupiter*". Journées d'Informatique Musicale, Amiens, 2018 [hal-01791378](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01791378)
- [7] Larrieu, M. "Analyse des musiques d'informatique : vers une intégration de l'artefact. Proposition théorique et application sur *Jupiter* (1987) de Philippe Manoury". Thèse, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, 2018. [tel-01757277](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01757277)
- [8] Lemouton, S. "Vingt ans de pratique de la Réalisation en Informatique Musicale". Mémoire de Master 2, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, 2012.
- [9] Lemouton, S., Weissenbrunner, K., Bonardi, A. "À la recherche de *Diadèmes*", *Musimédiane*, Numéro 6, 2011. (musimediane.com/6lemouton-al/, visité le 15 10 2019)
- [10] Manoury, P. *Entretien personnel*, Strasbourg, 2017.
- [11] Manoury, P. "Considérations (toujours actuelles) sur l'état de la musique en temps réel", *Étincelle*, le journal de la création à l'Ircam. Ircam, Paris, 2007.
- [12] Manoury, P., Battier, M., Bonardi, A., Lemouton, S. *Les musiques électroniques de Philippe Manoury*, Ircam, Paris, 2003.
- [13] Manoury, P. "Les partitions virtuelles", Paris, 1997. (philippemanoury.com/?p=340, consulté le 15 01 2019)
- [14] May, A. "Philippe Manoury's *Jupiter*", *Analytical methods of electroacoustic music*, dir. Mary Symony. Routledge, London, 2006.
- [15] Puckette, M. "New Public-Domain Realizations of Standard Pieces for Instruments and Live Electronics", International Computer Music Conference, Havana, Cuba, 2001.
- [16] Zattra, M. "Génétique de la computer music", *Genèses musicales*, dir. N. Donin, A. Grésillon. Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris, 2015.