

# Interação e convergência entre o instrumental e o eletrônico em *Poussières Cosmiques*

Danilo Rossetti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Artes UNICAMP/Centre de recherche  
Informatique et Création Musicale Université Paris VIII

danilo\_rossetti@hotmail.com

**Resumo.** Neste artigo procuramos descrever e analisar o processo criativo da peça *Poussières cosmiques*, abordando sua concepção instrumental e os tratamentos eletrônicos. Os processos de interação e convergência entre estes dois meios são relacionados à ideia de morfologia sonora, fundamentada nos modelos ondulatório e granular de construção e/ou decomposição do som. Concluímos através da discussão a respeito da dualidade entre o contínuo e o descontínuo, a qual perpassa os diferentes níveis temporais da peça.

**Abstract.** In this article we describe and analyze the creative process of the work *Poussières cosmiques*, addressing its instrumental conception and the electronic treatments. The procedures of interaction and convergence between these two universes are related to the idea of sound morphology, based on the undulatory and granular models of sound construction and/or decomposition. We conclude addressing the duality between the continuous and the discontinuous, which passes by the different temporal levels of the work.

## 1. Introdução

*Poussières cosmiques*, obra para piano e eletrônica em tempo real, foi composta entre novembro de 2014 e fevereiro de 2015, durante o período sanduíche de nosso doutorado, junto ao CICM (*Centre de recherche Informatique et Création Musicale*) da *Université Paris VIII*. A peça possui duas versões, sendo a primeira uma versão pedagógica, interpretada pelo pianista Adrien Udo no concerto *Modes de Jeux* n° 8, realizado no auditório AmphiX da *Université Paris 8*, em 25 de março de 2015. Adrien Udo é aluno de piano do segundo ciclo do Conservatório de Saint Denis e construiu sua interpretação conjuntamente com seus professores que participaram do projeto.

A segunda versão, que apresenta uma escrita pianística mais elaborada, foi executada por Sophia Vaillant em seu recital *Musiques mixtes pour le piano*, em 12 de junho de 2014, também no AmphiX. Sophia Vaillant, além de executar a parte do piano, controlou a sequência dos efeitos eletroacústicos através de um pedal MIDI. A eletrônica das duas versões, cujos tratamentos são aplicados sobre o som captado do piano, apresenta os mesmos processos e a mesma programação, gerando um resultado sonoro semelhante. Neste artigo, analisaremos e discutiremos os processos de composição empregados na segunda versão da peça.

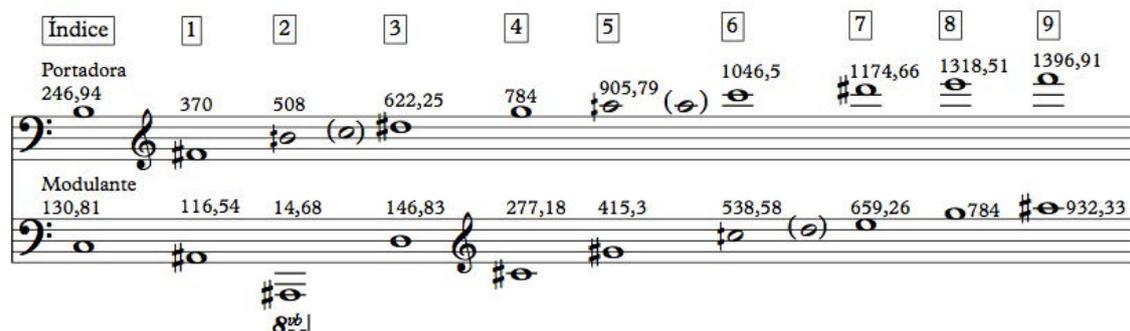
## 2. Concepção instrumental da obra

Considerando a ideia de síntese instrumental proposta por Gérard Grisey (1979, 1991), buscamos, como processo criativo, algumas possibilidades de utilização e transferência

de procedimentos utilizados na música eletrônica para o contexto da escrita instrumental. Desta feita, para a aplicação desta ideia, nos baseamos na concepção teórica da síntese por modulação de frequência [CHOWNING, 1973] para o estabelecimento das principais alturas musicais utilizadas na peça.

A síntese por modulação de frequência (FM), por definição, gera novos parciais a partir da interação entre duas frequências iniciais, uma onda portadora e outra modulante, apresentando como uma de suas principais características a possibilidade de implementação de modificações espectrais (no timbre) da onda resultante ao longo do tempo. Novas frequências são geradas a partir da adição e subtração das duas ondas envolvidas, sendo o valor desta última ainda dependente de sua multiplicação pelo índice de modulação ( $i$ )<sup>1</sup>. As novas frequências são geradas por este processo através da fórmula  $f = p + (i * m)$  ou  $f = p - (i * m)$ . Para a utilização deste procedimento no âmbito da música instrumental, as alturas foram determinadas através da transposição dos valores frequenciais em Hertz para alturas musicais<sup>2</sup> (considerando Lá 4 = 440Hz).

Como valores das ondas portadora e modulante, adotamos os valores frequenciais relativos ao intervalo de sétima maior entre o Dó 3 (130,81Hz) e o Si 3 (246,94Hz). A partir destes valores, utilizando a fórmula da síntese por modulação de frequência apresentada, geramos os seguintes alturas (aplicando a modulação de frequência dentro do conceito de síntese instrumental), com o índice de modulação variando entre 1 e 9.



**Figura 1. Geração das alturas a partir do processo de síntese instrumental por modulação de frequência**

Em relação às aproximações necessárias durante a conversão dos valores de frequência para alturas musicais, os índices 2, 5 e 6, por exemplo, apresentam valores em Hz que, quando convertidos para alturas, geraram intervalos de quartos de tom. Estes intervalos foram aproximados para os semitons cromáticos superiores.

Na manipulação das durações da peça, para a variação dos andamentos, utilizamos o procedimento de modulação métrica por *accelerandi* e *rallentandi*, tal como manejado pelo compositor José Manuel López López<sup>3</sup>. Para a modulação dos

<sup>1</sup> O índice de modulação ( $i$ ), cuja variação é proporcional à amplitude da onda modulante, representa o fator através do qual a onda modulante é multiplicada, antes de seu valor ser somado ou subtraído da onda portadora. O valor do índice é calculado pela razão entre o desvio de pico ( $d$ ) e o valor da frequência modulante ( $m$ ).

<sup>2</sup> No caso do piano, que é um instrumento de afinação temperada, algumas aproximações foram necessárias durante a transposição das frequências para alturas musicais.

<sup>3</sup> O método de modulação métrica utilizado por López López é similar ao conhecido método homônimo implementado por Elliott Carter.

andamentos, antecipa-se o novo valor da pulsação métrica através da utilização de quiálteras que correspondam ao andamento que se deseja alcançar. Neste contexto, transitamos entre os valores de 48, 60, 90, 72, 60, 75 e 94 pulsações por minuto, valores estes obtidos através das transições métricas apresentadas na tabela a seguir.

**Tabela 1: Modulações métricas em *Poussières cosmiques***

Andamento inicial	Andamento a ser atingido	Relação métrica
♩ = 48	♩ = 60	♩ <sub>5</sub> = ♪
♩ = 60	♩ = 90	♩ <sub>3</sub> = ♪
♩ = 90	♩ = 72	♩ = ♪ <sub>5</sub>
♩ = 72	♩ = 57,6 $\cong$ 60	♩ = ♪ <sub>5</sub>
♩ = 60	♩ = 75	♩ <sub>5</sub> = ♪
♩ = 75	♩ = 94	♩ <sub>5</sub> = ♪

### 3. Tratamentos eletrônicos

O *patch* utilizado na peça foi realizado em Max, a partir do objeto *process~*, que realiza diferentes tratamentos sonoros, além da espacialização do som em ambisonia. Este objeto está presente na biblioteca HOA (*High Order Ambisonics Library*), desenvolvida pelo CICM/*Université Paris VIII*. Na peça, tratamentos de granulação, decorrelação microtemporal, modulação em anel e *delay* são aplicados ao som captado do piano. Estes tratamentos foram utilizados separadamente ou através de uma combinação envolvendo dois deles, combinação esta definida em função da escrita pianística presente nos diferentes momentos da peça. Na nossa programação, os objetos *process~* realizam a espacialização em octofonia do som do piano captado, juntamente com os tratamentos determinados.

Descritivamente, o *patch* que implementamos funciona da seguinte forma: Há três microfones que captam o som do piano, cujos volumes de entrada podem ser controlados separadamente. Os três objetos que controlam o nível do sinal de entrada são enviados a dois objetos *gate~*, que definem a combinação dos tratamentos eletroacústicos aplicados ao som do piano. O primeiro objeto *gate~* faz a seleção entre os tratamentos de granulação (1), decorrelação microtemporal (2), modulação em anel (3), ou nenhum tratamento (0). O segundo objeto *gate~* seleciona os tratamentos de *delay* (1), decorrelação microtemporal (2), ou nenhum tratamento (0). Através da combinação entre os tratamentos selecionados pelos dois objetos *gate~* temos a produção do efeito eletroacústico desejado. Desta feita, podem haver momentos na peça em que não há nenhum processamento eletrônico (escolha do valor 0 nos dois objetos *gate~*), momentos em que há apenas um tratamento (valor 1, 2 ou 3 no primeiro *gate~* e valor 0 no segundo), ou momentos em que há dois tratamentos simultâneos (valor 1, 2, ou 3 no primeiro objeto e valor 1 ou 2 no segundo).

As saídas dos objetos *gate~* são conectadas aos seguintes objetos HOA *process~*: *Syn.Grain*, *Syn.Decorrelation*, *Syn.RingModulation* e *Syn.Delay*. Nestes objetos ainda ocorre a conversão do sinal mono para oito canais em modo ambisonia. Estes quatro objetos são colocados em paralelo e, como vimos, podem funcionar separadamente ou combinados em dupla. A saída destes objetos, em oito canais, é

enviada ao objeto *hoa.2d.decoder*, que decodifica os harmônicos espaciais da ambisonia e realiza sua conversão para oito sinais mono, os quais são enviados à saída do sistema em octofonia (*hoa.dac~1:8*). Uma amplificação direta do som captado do piano (cujo volume é definido separadamente) é enviada ao harmônico 0 do decodificador.

As valores aplicados às variáveis relativas aos tratamentos utilizados no objeto *process~* (granulação, descorrelação microtemporal, modulação em anel e *delay*) são registradas no objeto Max *pattrstorage*, totalizando 27 *presets*. A transição entre os *presets* é realizada através de interpolações temporais cuja duração em segundos é estritamente definida. Desta maneira, a mudança do som resultante dos tratamentos é feita gradualmente, fazendo com que a alteração dos parâmetros dos efeitos não seja sentida de forma brusca pelos ouvintes. A seguir, apresentamos o diagrama em blocos do *patch* de *Poussières cosmiques*.

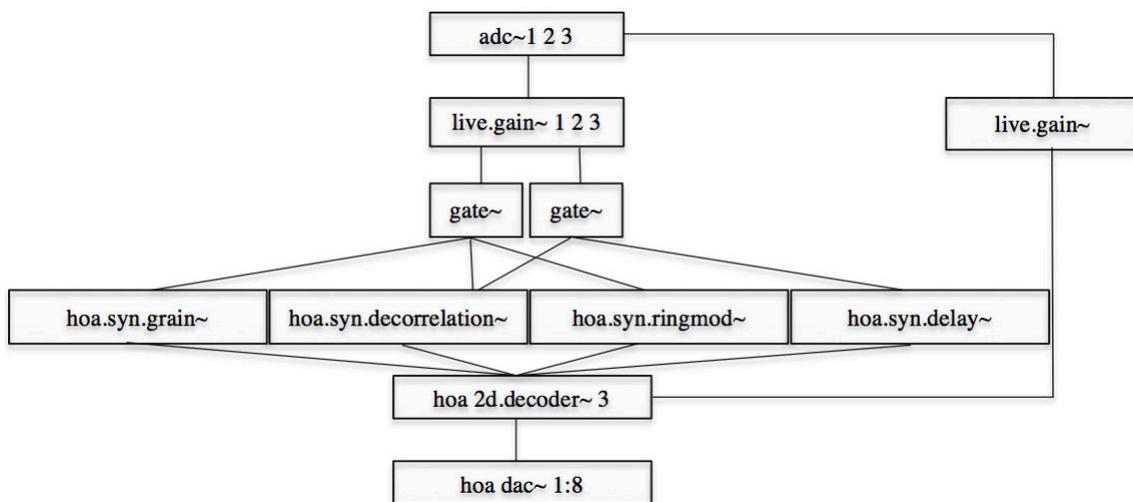


Figura 2: *Patch* de *Poussières cosmiques* representado em diagrama de blocos

#### 4. Interação e convergência

A escrita instrumental da peça é dividida em sete partes, para as quais foram atribuídas um tipo ou uma combinação de tratamentos eletrônicos. A escolha do tratamento eletrônico a ser aplicado à determinado tipo de escrita instrumental levou em consideração a morfologia resultante do som executado pelo pianista, principalmente em relação aos modelos granular (descontínuo) e ondulatório (contínuo) do som, questão esta que será desenvolvida mais adiante. Desta feita, os tratamentos atribuídos a cada parte da peça foram distribuídos da seguinte forma:

Parte 1: granulação

Parte 2: descorrelação microtemporal + *delay*

Parte 3: modulação em anel + *delay*

Parte 4: granulação

Parte 5: granulação

Parte 6: granulação + descorrelação microtemporal

Parte 7: granulação

Todas as sete partes da peça não têm uma relação direta entre si considerando os materiais utilizados, ainda que os tratamentos eletrônicos muitas vezes se repitam. A concepção formal da peça foi baseada na ideia de forma momento (*Momentform*), desenvolvida por Karlheinz Stockhausen (1960). A forma momento, de maneira geral, seria um tipo de justaposição de unidades de forma, ideia aplicada, entre outras, na sua obra *Kontakte* (1958 – 60). Por definição, o momento é toda a unidade de forma que possui, numa determinada composição, uma característica pessoal estritamente atribuível, possuindo um pensamento autônomo.

Apresentaremos, a seguir, três exemplos de combinações realizadas entre a escrita instrumental e os tratamentos eletroacústicos. No primeiro exemplo (Figura 3), referente aos compassos 26 a 28, temos uma escrita pianística concentrada na região extremamente grave do instrumento. Notas, em sua maioria semicolcheias, são escritas para as duas mãos, apresentando ritmos levemente diferentes, com o intuito de produzir pequenas decalagens temporais entre as duas vozes. A mão direita mantém um ritmo constante em semicolcheias, enquanto que a mão esquerda realiza variações métricas, passando por quáteras de 9:8, 11:8, 3:2, 6:4, 7:4, 5:4, 3:2, além de alguns trinados.

As pequenas variações temporais que produzem uma dessincronia entre as duas mãos geram auditivamente um tipo de granulação instrumental. Em convergência a este tipo de escrita pianística são aplicados os tratamentos da descorrelação microtemporal e do *delay*. A descorrelação microtemporal<sup>4</sup> é um tratamento similar ao *delay*, a qual gera a sensação de pequenas decalagens microtemporais entre as pistas (alto-falantes) de um sistema multicanal. Através destas pequenas decalagens e dependendo da fase do som (num plano de 360°) são produzidas mudanças na percepção espacial deste som através da criação de um campo sonoro difuso.

Como resultado desta combinação do instrumento com a eletrônica, temos a criação de um campo sonoro difuso (que é espacializado em oito canais), oriundo do som captado e transformado do piano pelos efeitos mencionados. Temos, desta forma, um tipo de granulação produzida a partir da escrita instrumental que é modulado por efeitos que enfatizam e amplificam as propriedades desta escrita granular, fazendo emergir uma nova sonoridade decorrente da interação entre estes dois meios.

Abaixo dos dois pentagramas do piano, temos uma pauta reservada à eletrônica na qual observa-se uma linha pontilhada que culmina na marcação 2.4, seguida de uma linha contínua. Este número remete à quarta variação dos parâmetros referentes aos efeitos utilizados na segunda parte da peça. A linha pontilhada demonstra o momento de interpolação entre os parâmetros determinados entre as variações 2.3 e 2.4, enquanto que a linha contínua significa que os parâmetros dos tratamentos eletroacústicos são mantidos constantes.

---

<sup>4</sup> Sobre a descorrelação microtemporal e sua aplicação na música eletroacústica, Cf. Kendall (1995), Vaggione (2002) e Sèdes (2015).

Figura 3: Partitura de *Poussières cosmiques*, compassos 26 a 28

O segundo exemplo se refere a um trecho da terceira parte da peça, no qual a escrita instrumental, que neste trecho valoriza a sobreposição de alturas num contexto ondulatório/harmônico/contrapontístico, é combinado ao tratamento eletrônico da modulação em anel. A modulação em anel [BODE, 1967], um tipo de modulação de amplitude, também se dá através da soma e da subtração das frequências de duas ondas, uma portadora e outra modulante. Neste caso, a onda portadora é o som captado do piano, sendo que o valor frequencial da onda modulante (uma onda senoidal) é controlado e definido por uma das variáveis do objeto *process~*.

A utilização da modulação em anel como tratamento eletrônico reforça o contexto ondulatório desta parte pois, além da grande quantidade de parciais sobrepostos decorrentes da sobreposição de várias alturas do piano, este tratamento ainda gera novos parciais oriundos da soma e da subtração das frequências portadora e modulante. Em relação à frequência modulante, foram selecionados apenas valores entre 1 e 20Hz, os quais produzem um efeito de vibrato (modulação de amplitude) no som resultante. Este fato ocorre porque, dentro desta escala de valores, não estamos no âmbito da percepção sonora, mas da percepção do ritmo.

Há também a aplicação de um *delay* cuja duração é curta, não excedendo 240ms. Este *delay* nos proporciona principalmente uma mudança no timbre do som resultante, já que o tempo de repetição determinado é bastante curto. No caso da escrita instrumental, a disposição dos acordes não nos remete a nenhuma função harmônica, ou seja, não há uma hierarquia funcional entre eles, os quais são auditivamente percebidos como “cores” diferentes.

O trecho apresentado na figura a seguir (entre os compassos 67 e 72) se refere ao final da terceira parte, no qual há uma direcionalidade dos acordes rumo à tessitura aguda do piano, além de um aumento gradual de sua intensidade, de *p* a *ff*. Quanto aos tratamentos eletrônicos utilizados, os valores da frequência modulante crescem gradualmente (de 5 a 19Hz) assim como o tempo de duração e a taxa de realimentação (*feedback*) do *delay*, que vão de 120ms e 20% a 240ms e 35%. No compasso 67, o *preset* que armazena as variáveis é o 3.5, o qual se mantém inalterado até o fim do compasso 68. No compasso 69, há a transição dos valores de 3.5 e 3.6, os quais se mantêm constantes até o compasso 72, havendo apenas mudanças harmônicas na escrita do piano.

Figura 4: Compassos 67 a 72 da obra

O terceiro exemplo abordado (Figura 5) se refere à sétima parte da peça, novamente um trecho no qual a escrita do piano se dá numa região bastante grave, a qual é combinada ao tratamento eletrônico da granulação. Há, na escrita instrumental, uma ênfase na utilização de técnicas que geram uma sonoridade descontínua, tais como trêmulos e trilos. Os trêmulos, que se iniciam no compasso 78, vão de uma dinâmica *pp* até *ff* (compasso 80), e novamente retornam a *pp*, no final do compasso 81.

Os trêmulos têm, como intervalos utilizados, uma sétima maior Dó – Si (mão esquerda), uma oitava abaixo do intervalo gerador do processo de síntese instrumental por modulação de frequência (Figura 1), além do intervalo Ré# - Fá# (mão direita), obtido através dos índices 3 e 1, respectivamente, deste processo de modulação. O trinado existente entre os compassos 82 e 84 é executado a partir da nota Lá#, altura também gerada a partir do índice 1 da modulação de frequência.

Quanto aos parâmetros utilizados no tratamento eletrônico da granulação, partimos, na parte 7, de um grão de duração de 200ms, um *delay* de 800ms e uma taxa de realimentação de 70%. No compasso 80, há uma transição para o *preset 7.1*, cujas variáveis têm os respectivos valores de 150ms, 600ms e 80%. O *preset 7.2*, que é atingido no último compasso da obra (o qual contém apenas a ressonância do piano e da eletrônica), apresenta os valores de 100ms, 1500ms e 100%. Há, portanto, uma direcionalidade de granulação no sentido de um tamanho menor do grão – uma sonoridade que se dirige ao ruído – além de um aumento no tempo do *delay* e de sua taxa de realimentação.

Figura 5: Compassos 78 a 85 da obra

## 5. Modelos ondulatório e granular

Propomos relacionar as questões de interação e convergência entre a escrita instrumental e os tratamentos eletroacústicos utilizados na peça (considerando a

morfologia sonora do som resultante) aos paradigmas ondulatório e granular de construção/manipulação do som. Como fundamentação teórica para o paradigma ondulatório, utilizamos o modelo acústico de Helmholtz (1885) – baseado Lei de Ohm – no qual o som é concebido como um fenômeno que pode ser decomposto em uma superposição de parciais. Em relação ao paradigma granular, partimos do modelo de Xenakis (1962, Capítulo II), no qual qualquer som pode ser pensado como uma integração de grãos, partículas elementares sonoras, quanta sonoros.

O objetivo em nosso trabalho composicional foi de relacionar os universos instrumental e eletroacústico, buscando uma convergência da morfologia sonora destes dois universos, de forma similar e complementar. Para uma visualização e discussão deste aspecto, apresentamos, na Figura 6, os espectrogramas das partes 2 (a partir de 2.3), 3 (a partir de 3.1) e 7 da obra. As partes 2 e 7 têm em comum a utilização do tratamento eletrônico da granulação, enquanto que na parte 3 foi utilizada a modulação em anel (relacionada ao modelo ondulatório). Em relação à escrita instrumental, optou-se, nas partes 2 e 7, a valorização de sonoridades descontínuas (através da execução de trilos, trêmolos ou figurações com pequenas decalagens temporais entre as diferentes vozes. Na parte 3, a escrita apresentava predominantemente acordes sem função harmônica definida, valorizando sua sonoridade intrínseca enquanto “cor”.

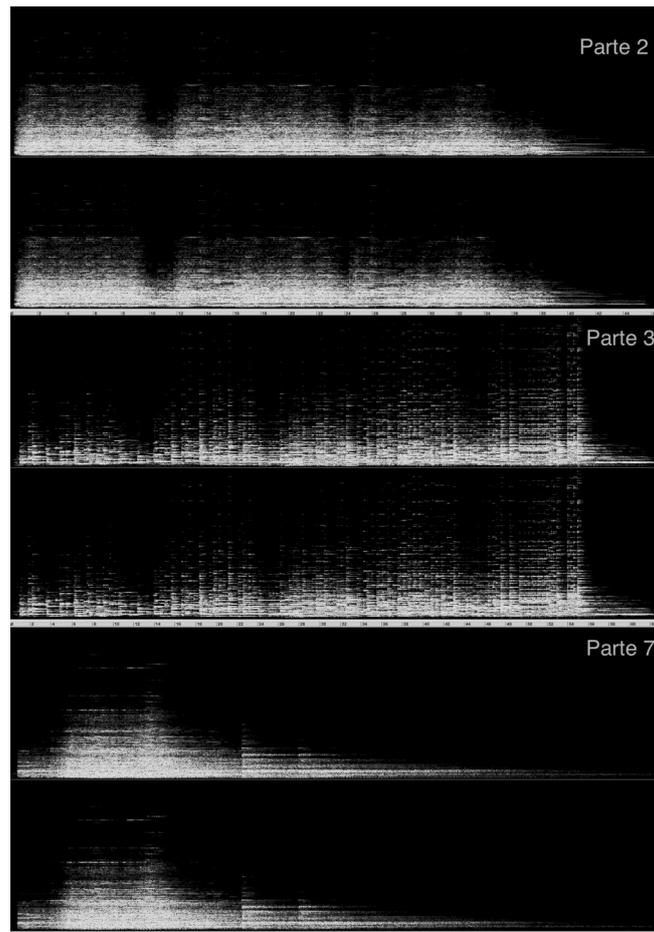


Figura 6: Espectrogramas das partes 2, 3 e 7<sup>5</sup>

<sup>5</sup> A duração dos três espectrogramas apresentados é diferente, respectivamente 46, 63 e 42 segundos.

O que se observa, a partir destes espectrogramas, é uma semelhança morfológica entre as partes 2 e 7, que podem ser interpretadas majoritariamente como uma massa sonora de diferentes densidades, cuja área abrangida é proporcional às alturas executadas pelo pianista. Por outro lado, no espectrograma da parte 3, observamos nitidamente a presença do som estruturado através da sobreposição de parciais, correspondentes ao processo de modulação em anel, realizado a partir das frequências executadas pelo piano (além da presença do próprio som do piano).

Esta dualidade contínuo/descontínuo permeia todo o processo composicional de *Poussières cosmiques*, desde o universo microtemporal da composição interna do som, representado pela dualidade dos paradigmas ondulatório e granular, mas também pelas questões de interação e convergência entre os universos instrumental e eletroacústico. No nível temporal médio (mesoescalar), no caso da definição das alturas principais utilizadas na peça, optou-se pela simulação instrumental do processo de síntese por modulação de frequência, processo claramente calcado no modelo ondulatório.

Esta discussão, de forma não menos importante, também é aplicada ao nível do macrotempo, ou seja, ao nível formal da peça. A escolha pela utilização da ideia de forma momento implica em uma escolha pela não continuidade entre as diferentes partes da peça. Estas partes, desta forma, se projetam como a afirmação da ideia do instante presente, já que este tipo de configuração formal nos leva a pensar o tempo a partir de cortes verticais, os quais retiram estes diferentes instantes da continuidade causal entre passado, presente e futuro. Os diferentes momentos nos transmitem a sensação de estarmos sempre vivenciando as tensões do presente, sem a necessidade de recorrermos à memória para relacionarmos o presente aos instantes que passaram, nem tampouco criarmos expectativas sobre os materiais que estão por vir.

## 6. Referências

- BODE, H. (1967). “The multiplier-type ring modulator”, In: *Electronic Music Review* vol. 1, Reynold Weidenaar e Robert Moog (Ed.), Trumansburg, Independent Electronic Music Center, p. 9 – 15.
- CHOWNING, J. (1973) “The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation”, In: *Journal of the Audio of Engineering Society* v. 21 n° 7, [https://ccrma.stanford.edu/sites/default/files/user/jc/fm\\_synthesispaper-2.pdf](https://ccrma.stanford.edu/sites/default/files/user/jc/fm_synthesispaper-2.pdf).
- GRISEY, G. (1979) “A propos de la synthèse instrumentale”, *Écrits ou l’invention de la musique spectrale*, G. Grisey, Paris, Éditions MF, 2008, p. 35 – 37.
- \_\_\_\_\_. (1991) “Structuration des timbres dans la musique instrumentale”, *Écrits ou l’invention de la musique spectrale*, G. Grisey, Paris, Éditions MF, 2008, p. 89 – 120.
- HELMHOLTZ, H. (1885) *On the sensations of the tone*, Nova York, Dover Publications, 1954.
- KENDALL, G. (1995) “The decorrelation of audio signals and its impact in spatial imagery”, In: *Computer Music Journal* v. 19 n° 4, Cambridge, The MIT Press, p. 71 – 87.
- ROADS, C., *Microsound*, Cambridge, The MIT Press, 2001.

- ROSSETTI, D. (2015) Poussières cosmiques version 2, pour piano et électronique, Partitura.
- SÈDES, Anne. (2015) “Approche musicale de la décorrélation microtemporelle dans la bibliothèque HOA” In: Actes de Conférence des Journées d’Informatique Musicale, Montréal, [http://jim2015.oicrm.org/actes/JIM15\\_Sedes\\_A.pdf](http://jim2015.oicrm.org/actes/JIM15_Sedes_A.pdf).
- STOCKHAUSEN, K. (1960) “Momentform: Nouvelles corrélations entre durée d’exécution, durée de l’œuvre et moment”, In: Contrechamps n° 9, Paris, Éditions L’Age d’homme, 1989, p. 101 – 120.
- VAGGIONE, H. (2002) “Décorrélation microtemporelle: morphologies et figurations spatiales”, In: Actes de Conférence des Journées d’Informatique Musicale, Marseille, [http://jim.afim-asso.org/jim2002/articles/L27\\_Vaggione.pdf](http://jim.afim-asso.org/jim2002/articles/L27_Vaggione.pdf).
- XENAKIS, I. Musiques Formelles, Paris, La Revue Musicale Richard Masse, 1962.