

# Notation de l'espace en musique électroacoustique : du geste au signe

Bertrand Merlier  
Université Lumière Lyon 2  
département Musique & Musicologie  
18, quai Claude Bernard  
69365 LYON Cedex 07 - FRANCE  
Bertrand.Merlier@univ-lyon2.fr

*L'écriture a pour fonction de donner du sens à cette grosse pelote embrouillée de sensations, de sentiments et de mémoire que forme notre perception de la réalité.*

*Pierre Lévy (Les technologies de l'intelligence)*

*Cet article prend appui sur une analyse des fonctionnalités des divers dispositifs et logiciels permettant de travailler la spatialisation du son, sur une recherche portant sur les modes de perceptions de l'espace et enfin sur une étude approfondie des différents systèmes de notation. Au vu de l'ensemble de ces connaissances, l'auteur propose une notation des activités de spatialisation reposant sur le paradigme de la notation de la musique classique occidentale. Divers exemples illustrent le bien-fondé et les aspects pratiques de cette proposition. La notation proposée est à la fois descriptive et prescriptive. C'est ainsi qu'une implémentation pratique basée sur la norme MIDI rend aussi envisageable un jeu instrumental de l'espace, la mise en place de processus algorithmiques en lien avec la structuration des idées, mais aussi l'usage de toute la panoplie de logiciels tels que séquenceur MIDI ou écriture de partition.*

Mots clé : espace, spatialisation de la musique électroacoustique, notation, partition.

Le présent article propose un système de notation de l'espace fondé sur le paradigme de la notation de la musique classique occidentale sur portée.

Cette proposition surprenante fait suite :

- à 20 années de pratiques et de recherches (voir bibliographie en fin d'article) ;
- à une analyse approfondie des diverses pratiques de l'espace, des diverses stratégies de travail et de l'ensemble des logiciels disponibles sur le marché (voir résumé dans l'encart n°1 ci-après) ;
- à des tests d'écoute qui ont permis de mettre en évidence des critères inédits de perception de l'espace (confirmant au passage l'inadéquation ou la méconnaissance des phénomènes d'espace par les développeurs de la plupart des logiciels audionumériques) (voir résumé dans l'encart n°2 ci-après) ;

Dans un premier temps (I-Constats), nous allons montrer que les outils de spatialisation actuels – aussi performants soient-ils – travaillent sur une représentation graphique de la réalité (généralement gestuelle). Ces données brutes sont sans rapport avec le concept de notation.

L'article présenté lors de JIM 2005, intitulé : « Réflexions à propos de la mise en espace de la musique électroacoustique dans les logiciels audio numériques » analyse en détail les diverses stratégies de mise en espace, sur la base de l'étude du fonctionnement des divers logiciels présents sur le marché. Il conclut à l'inadéquation de la quasi totalité des logiciels : absence de lisibilité, absence d'abstraction graphique ou intellectuelle, difficultés d'édition des courbes d'espace, impossibilité ou difficulté de voir simultanément le signal audio et le signal de spatialisation sur la même échelle temporelle, limitation de la virtuosité, impossibilité de gérer une polyphonie d'espace ou de travailler sur les masses spatiales à cause de la notion de trajectoire sonore pilotée en X-Y, impossibilité de travailler en 3 dimensions...

L'article se conclut par une série de suggestions pour l'avenir :

- dégager l'espace des contingences de la causalité<sup>1</sup> ;
- envisager une approche fonctionnelle<sup>2</sup> ;
- introduire des abstractions de type « objet d'espace » ou « événement d'espace » ou « phrase d'espace » au lieu des courbes continues<sup>3</sup> ;
- adopter une passerelle commune permettant d'échanger des informations entre les divers logiciels existants<sup>4</sup> ;

Et par la phrase suivante :

Si l'on veut progresser dans la maîtrise de l'espace, ne faudrait-il pas s'éloigner de cette représentation de la réalité par réseau de courbes, au profit d'une représentation plus simple ou un peu plus abstraite ?

Passer du « du continu au discret... »

**Tableau 1 : Résumé d'un article de 2005 sur l'analyse des outils et pratiques de spatialisation ; suggestions permettant de sortir de l'impasse actuelle.**

<p>L'article présenté conjointement en français à EMS08 et en anglais à SMC08 et intitulé « Vocabulaire de la <b>perception</b> de l'espace dans les musiques électroacoustiques composées ou spatialisées en pentaphonie » a pour objectif de préciser ou d'élaborer un vocabulaire (un ensemble de mots spécialisés) susceptible de décrire la perception de l'espace en musiques électroacoustiques (multiphoniques). Une batterie de tests, des procédures d'écoute et de collecte des mots décrivant l'écoute spatiale a été élaborée. Les résultats laissent entrevoir : 5 types de spatialités (voir tableau ci-dessous), 2 types de mobilités, 4 ou 5 familles d'adjectifs permettant de décrire ou de caractériser la spatialité ou la mobilité.</p>	<table> <tr> <td>bain sonore</td> <td rowspan="5">] localisation géométrie distance agitation interne mouvement</td> </tr> <tr> <td>image d'espace</td> </tr> <tr> <td>plan sonore</td> </tr> <tr> <td>point</td> </tr> <tr> <td>démixage ou contrepoint</td> </tr> </table>	bain sonore	] localisation géométrie distance agitation interne mouvement	image d'espace	plan sonore	point	démixage ou contrepoint
bain sonore	] localisation géométrie distance agitation interne mouvement						
image d'espace							
plan sonore							
point							
démixage ou contrepoint							

**Tableau 2 : Résumé d'un article de 2008 mettant en évidence les divers modes de perception de l'espace**

<sup>1</sup> « Les représentations actuelles de la spatialisation ne sont pas efficaces, car elles sont attachées à la description du geste qui produit l'effet, c'est-à-dire à la cause. [...] Le son réellement produit par 1 haut-parleur est indépendant du geste ou du codage de l'information : un même effet peut provenir de différentes causes. Il est même indépendant du reste du dispositif et – notamment – du nombre et de la position des haut-parleurs. »

<sup>2</sup> Une approche fonctionnelle permet d'envisager des « transformations d'ordre compositionnel sur les courbes : symétries, rotations, modifications de proportions, homothéties, interpolations, lissages, décalages temporels, inversion temporelle, accélération, contrôle de la vitesse de trajectoire... »

<sup>3</sup> « Au lieu des courbes continues se déroulant sans interruption du début à la fin, la notion d'objet d'espace permettrait de : nommer, identifier, noter, mémoriser, dupliquer, manipuler... des "événements d'espace". »

<sup>4</sup> Seul un vecteur d'échange (tel que la norme MIDI, le protocole OSC, les fichiers AIFF ou WAV ou MP3, les fichiers OMF (*Open Media Framework*)...) permettrait d'envisager une communication entre applications, entre chercheurs, développeurs, compositeurs... Tant que chacun restera dans des pratiques singulières et idiosyncratiques, il n'y aura aucun espoir d'accéder à une notation un tant soit peu universelle ; donc aucun espoir de progresser sérieusement.

Dans un second temps (II et III), notre réflexion portera sur l'étude de la notation occidentale ; ce qui nous permettra de dégager 9 principes élémentaires en vue d'une notation de la spatialisation.

Dans un troisième temps (IV à VII), nous proposerons une implémentation de cette notation de l'espace : théorique, graphique et enfin pratique. De nombreux exemples illustrent notre propos et (dé)montrent la validité de la proposition.

Une implémentation MIDI simple à mettre en œuvre est utilisée par l'auteur depuis le milieu des années 2000 dans de nombreuses circonstances :

- interprétation spatiale d'œuvres acousmatiques ou de sons fixés,
- composition multiphonique en studio (en *surround* 5.1 ou 16 canaux),
- live électronique ou musique mixte.

## 1. Constats

Note : l'auteur invite le lecteur à relire l'article des JIM 2005<sup>5</sup> qui au-delà d'une présentation des divers logiciels audionumériques permettant la spatialisation, synthétise les diverses stratégies de travail de l'espace, les divers modes de codage et de représentation de l'information d'espace. Ces notions sont fondamentales pour la bonne compréhension du présent article.

Les divers logiciels audionumériques proposent tous des représentations de l'information d'espace par un ou des réseau(x) de courbes. Ces « flux continus de données » ne sont que des représentations physiques de la réalité sonore, tout comme un écran d'oscilloscope montre les variations de signaux électriques au cours du temps.

Ces représentations de l'information ne sont pas une notation : ce sont soit des trajectoires imaginaires dépendantes du dispositif, soit des courbes techniques, soit des indications directement issues des gestes de spatialisation pratiqués depuis plusieurs décennies et tributaires des organes gestuels utilisés : le potentiomètre de la table de diffusion, le joystick et la souris d'ordinateur. La souris d'ordinateur – et par voie de conséquence le joystick – est l'organe le plus rustique et le plus réducteur qu'on puisse imaginer (surtout pour contrôler la spatialisation !) : détection de la position X-Y, pas de vélocité, pas de détection de l'énergie, pas de polyphonie... (voir figures 2a et 2b).

Ce mode de représentation est comparable à la notation par tablature, où dominant des aspects techniques liés au geste instrumental et spécifique à chaque « instrument de mise en espace ». Il n'est pas universel, il n'est pas doté de l'abstraction nécessaire à une véritable notation.

Pour espérer mettre en place une notation de l'espace, il faut s'affranchir de ces contingences matérielles, essentiellement liées au geste ou à l'instrument : se dégager des contingences de la causalité et trouver un mode de description de l'effet produit<sup>6</sup>. Seul le son réellement produit par 1 haut-parleur est indépendant du geste ou du codage de l'information, de la nature des techniques et des activités de spatialisation et – notamment – du dispositif : du nombre et de la position des haut-parleurs.

Conclusion : Si l'on veut pouvoir élaborer un réel discours d'espace, l'écrire, le relire, le comprendre, il convient de s'éloigner de cette représentation par réseau de courbes, au profit d'une notion plus simple que nous allons préciser ci-après.

Aux XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles, les premières notations – grégoriennes ou neumatiques<sup>7</sup> – codent de petites cellules mélodiques et rythmiques (voir figures 1 et 2). C'est-à-dire les mouvements mélodiques (ou rythmiques). Il semblerait que la notation de l'espace en soit plus ou moins à ce stade<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> disponible sur le site : [http://jim2005.mshparisnord.org/download/15\\_Merlier.pdf](http://jim2005.mshparisnord.org/download/15_Merlier.pdf) ou encore sur le site : [http://tc2.free.fr/espace/articles/JIM05\\_Merlier.pdf](http://tc2.free.fr/espace/articles/JIM05_Merlier.pdf)

<sup>6</sup> Laissant au « technicien » le soin de « mettre en espace » la notation, à l'instar de la musique instrumentale.

<sup>7</sup> neume : du grec νεύμα qui signifie insinuation, geste !

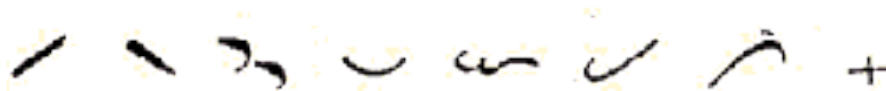


Figure 1 : Notation religieuse byzantine, avant le X<sup>e</sup> siècle

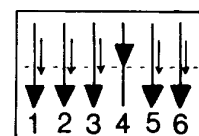
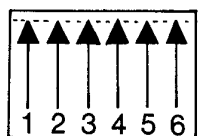
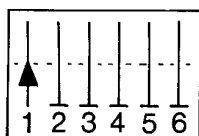


Figure 2a & b : Deux exemples de représentation de la spatialisation

En haut : représentation d'une trajectoire d'espace (B. Merlier, *Nébuleuse M42*, 1993)

En bas : indications des gestes de spatialisation à la console

(P. Boulez, *Dialogue de l'ombre double*, 1985)

## 2. De la notation musicale occidentale

### 2.1. Brefs éléments historiques et fonctionnels

La musique occidentale a poussé très loin la sophistication en matière de notation musicale. Même si aux XX<sup>e</sup> ou XXI<sup>e</sup> siècles, nombre de compositeurs ou de courants esthétiques nouveaux – dont la musique électroacoustique – se trouvent à l'étroit dans ces conventions quand il s'agit de noter la complexité, le timbre ou l'objet sonore, même si les détournements sont fréquents et nécessaires, la notation musicale reste toujours aujourd'hui un outil fondamental, de par ses rôles descriptifs, prescriptifs, mémoriels...<sup>9</sup>

Le tableau 3 présente et analyse les points essentiels de la notation.

Les graduations de la portée sont la conséquence d'une volonté de discrétisation de tous les phénomènes musicaux (hauteur, durée, intensité). La réalité musicale se trouve ainsi ramenée à des concepts simples qui permettent une lecture et une écriture aisée (après apprentissage des codes). C'est l'une des raisons principales de l'efficacité de la notation. Cette abstraction est aussi une nécessité permettant d'envisager toute la complexité de nos musiques actuelles : la polyphonie, les rythmes, les phrases et enfin les subtils agencements de mélodies et d'harmonies...

<sup>8</sup> Il amusant de relire son histoire de la musique (Chailley, 1967 ou Tappolet, 1947) et de constater le grand nombre de similitudes entre l'apparition de la notation au moyen âge et les recherches actuelles sur l'espace : expérimentations diverses, querelles de méthodes, incompréhensions entre compositeurs, interprètes et musicologues. À tel point qu'on imagine sans peine tel musicien électroacoustique contemporain comme la réincarnation d'un chantre du XII<sup>e</sup> siècle, tel autre dans l'habit d'un moine copiste et tel autre dans le rôle d'un ménestrel.

<sup>9</sup> Sur ces sujets, consulter les deux ouvrages cités en bibliographie : Seeger, 1991 ou Tappolet, 1947.

le support papier	la fixation sur un support papier contraint à trouver une représentation en deux dimensions des n paramètres musicaux (hauteurs, durées, nuances, timbres, phrasé...). Cette contrainte est aussi une garantie de facilité de lecture et de reprographie.
la portée	elle offre : - en horizontal, une échelle du temps graduée (tempo, mesures et pulsation) ; - en vertical, une échelle des hauteurs graduée (tons et demi-tons).
la note	il s'agit de l'événement musical minimal, mais aussi d'un signe susceptible d'exprimer graphiquement les caractéristiques des sons : hauteur, durée.
	D'autres symboles – généralement localisés autour de la note – permettent d'indiquer l'intensité ou les effets de timbre.

**Tableau 3 : Vision synthétique de la notation musicale occidentale**

### 2.2. Spatialisation en musique instrumentale

Ces éléments historiques ont été abondamment présentés dans la littérature et spécialement dans l'article des JIM2000 : « Musiques électroacoustiques mises en espace pour le *surround* 5.1 et encodées en dts »<sup>10</sup>.

Pour spatialiser un son instrumental, il existe 3 stratégies : soit le public change de place (très rare), soit l'instrumentiste se déplace physiquement avec son instrument (rare), soit le compositeur prévoit une écriture répartie sur plusieurs instrumentistes situés à des positions distinctes (usuel). La conception d'un discours spatial et d'une partition d'espace pose peu de problèmes, dans la mesure où le paramètre espace découle implicitement de l'écriture des autres paramètres : hauteur, intensité, durée ou rythme, timbre. La notation classique convient fort bien.

La musique instrumentale pratique – timidement, mais sans trop de problèmes – l'écriture de l'espace depuis plusieurs siècles. Deux exemples parmi tant d'autres<sup>11</sup> : le *Mottet à 40 voix* de Thalys (ca. 1550) ou *Gruppen* pour trois orchestres de Stockhausen (1955-1957). Un des rares exemples d'écriture d'une partition de spatialisation à destination d'un interprète est *Le Dialogue de l'ombre double* de Pierre Boulez en 1985. La partition est extrêmement précise et efficace et mérite d'être étudiée pour sa complexité et sa virtuosité<sup>12</sup>.

## 3. Proposition

Le tableau 4 présente 9 principes élémentaires nécessaires pour la mise en place d'une véritable notation de l'espace. Ces propositions prennent appui sur une analyse des divers systèmes de notations en vigueur, avec pour idées sous-jacentes que l'espace n'est peut être pas un phénomène bizarre ou anormal et qu'il n'est donc peut-être pas indispensable de devoir inventer un nouveau système de notation.

<sup>10</sup> Voir : [http://tc2.free.fr/espace/articles/JIM2000v4b\\_Merlier.pdf](http://tc2.free.fr/espace/articles/JIM2000v4b_Merlier.pdf)

<sup>11</sup> Voir à ce sujet une récapitulation plus complète dans : Merlier Bertrand (1998), « À la conquête de l'espace », *Actes des Journées d'Informatique Musicale* (JIM 1998).

<sup>12</sup> Même pour les acousmates puristes ou ne pratiquant pas la musique instrumentale.

- a) L'espace doit être noté sur papier comme les autres paramètres du son (hauteur, durée, intensité, timbre...);
- b) La notation doit être indépendante du dispositif : du nombre des haut-parleurs et de leur position dans l'espace ;
- c) La notation proposée doit être universelle et susceptible de s'adapter aux diverses circonstances suivantes, correspondant aux rôles prescriptifs, descriptifs ou mémoriels de la partition :
  - écriture pour un travail en temps différé en studio,
  - écriture en vue d'une exécution instrumentale en temps réel,
  - capture et notation d'une « exécution instrumentale d'espace »,
  - lecture a posteriori à des fins d'analyse ;
- d) Comme les autres paramètres du son, l'espace a besoin d'être noté par un événement discret, représenté par un symbole graphique que l'on peut dessiner sur papier et à qui l'on peut attribuer des caractéristiques<sup>13</sup> ;
- e) La position apparente du son – telle que perçue par l'auditeur – est due à un dosage spécifique des amplitudes des n haut-parleurs. C'est donc l'amplitude du son sur 1 haut-parleur à un instant donné qui servira d'événement de référence ;
- f) L'événement d'espace élémentaire (**eee**) correspond à l'amplitude du son sur un haut-parleur à un instant donné ; L'intensité peut être nulle, constante ou variable ;
- g) L'événement d'espace élémentaire (**eee**) possède 2 caractéristiques principales : intensité et durée, auxquelles peuvent s'ajouter certains effets tels que l'éloignement, la réverbération...
- h) Une trajectoire d'espace est une succession d'**eee** agencés dans le temps ; Une trajectoire d'espace peut être envisagée comme une phrase ou une mélodie d'espace<sup>14</sup> ;
- i) La présence simultanée d'un même son sur plusieurs haut-parleurs peut être considérée et notée comme un accord d'espace.

**Tableau 4 : Principes élémentaires pour la notation de l'espace**

#### 4. Éléments d'implémentation théorique et graphique

Prenant le contrepied de la totalité des pratiques en vigueur, l'auteur a décidé de s'appuyer sur la notation occidentale sur portée. La discrétisation des phénomènes d'espace est un parti pris allant totalement à l'encontre des pratiques actuelles (courbes continues). Nous avons précédemment justifié ce choix et nous rappelons qu'il s'agit d'un artifice destiné à faciliter la notation.

Concrètement, notre proposition de notation se résume dans les points suivants :

- chaque ligne (ou interligne) de la portée correspond à un haut-parleur<sup>15</sup> ;

<sup>13</sup> Ce qui ne veut pas dire que la spatialisation ou l'espace sont des phénomènes discrets ! La discrétisation est uniquement un procédé de simplification, une vue de l'esprit.

<sup>14</sup> Mélodie : succession de sons musicaux, suite de sons formant une ou plusieurs phrases musicales (in dict. des sciences de la musique, Honneger, 1976, Bordas). Le terme de « mélodie d'espace » a déjà été utilisé par divers compositeurs de musique électroacoustique, notamment par Denis Dufour dans les années 1990.

<sup>15</sup> A priori, au choix de chaque utilisateur ; ce choix pouvant fort bien varier en fonction du dispositif (nombre de haut-parleurs, disposition dans l'espace...) , en fonction de chaque œuvre ou chaque type d'écriture d'espace.

- les figures de notes sont utilisés comme « objets d'espace » décrivant l'activité de chaque haut-parleur ; ils possèdent ainsi une durée, une intensité, des modes de jeu, des accentuations... ;
- les figures de notes et de silence, le tempo et le chiffrage des mesures ont les mêmes significations temporelles que dans la notation classique ;
- les symboles d'intensité ou de nuances ont les mêmes significations que dans la notation classique ;
- les symboles de phrasé ont globalement les mêmes significations que dans la notation classique : attaque subite ou pesante, liaison entre événements... ;
- la discrétisation imposée graphiquement pour accéder à l'état de notation peut-être contrecarrée par l'usage de liaisons ou de coulés ;
- l'abstraction graphique permet d'accéder à la notion de phrases, d'accords... Et par suite, à des transformations compositionnelles sur la structure enfin visible.

Précisions :

- Une « clé de haut-parleur » peut être ajoutée en début de portée, à la place des traditionnelles clés de sol ou de fa (voir figures 3 à 7).
- Sur une portée traditionnelle, une noire peut-être jouée par un piano ou par un violon. Le timbre est simplement précisé dans la marge. Le déroulement énergétique ou l'enveloppe du son ne sont pas précisés et pourtant les différences sont grandes. La connaissance des instruments et l'usage rendent ces détails inutiles.
- Les dièses et bémol n'ont a priori aucun sens et ne sont a priori pas utilisés<sup>16</sup>.
- En multiphonie, il est tout à fait envisageable d'avoir recours à plusieurs portées couplées afin de pouvoir noter plusieurs mouvements indépendants simultanés appliqués à plusieurs sources sonores.
- pour 16 canaux, on pourra utiliser 3 portées couplées, suivant la disposition des haut-parleurs et la lisibilité souhaitée. Au choix de l'utilisateur, les portées pourront correspondre aux « tessitures » des haut-parleurs (grave, médium, aigu) ou encore à leur disposition géographique ou spatiale.
- Exemple : dans une configuration *surround*, la ligne supplémentaire du do grave peut servir pour le canal de graves du 5.1.

## 5. Exemples graphiques

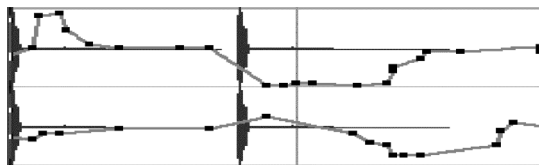
Quelques exemples sont donnés aux figures 4 à 7 et commentés. D'autres détails d'implémentation technique seront exposés au cours du paragraphe suivant, qui abordera une mise en œuvre pratique de cette proposition de notation.

Tous les exemples correspondent à une situation d'écoute en 5.1. Chaque ligne de la portée se trouve associée à l'un des haut-parleurs, comme indiqué à gauche de chaque portée (SL = *Surround Left*, L = *Left*, C = *Centre*, R = *Right*, SR = *Surround Right*).

Le dernier exemple ci-dessous – opposant la représentation d'une spatialisation au joystick et un exemple de notation d'espace – devrait finir de convaincre les plus récalcitrants sur la question de la lisibilité.

---

<sup>16</sup> L'usage de modes ou de tonalités d'espace n'a pas de sens. L'usage des dièses et des bémols pose un problème lors des transpositions de mouvement d'espace, lorsqu'on souhaite utiliser les logiciels de notation musicale dédiés aux hauteurs. En revanche, dans un dispositif en 3D, les dièses et bémol pourraient fort bien être détournés de leur usage pour indiquer le haut et le bas.



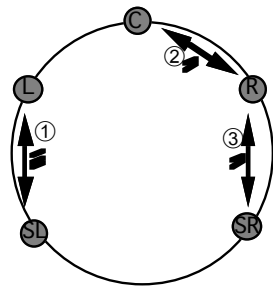
**Figure 3a & b : Quelle est la figure d'espace représentée dans ces 2 cas ?**

- a) La représentation du mouvement du joystick s'avère difficile à lire.
- b) Avec un peu d'habitude, la notation de l'espace sur portée devient rapidement efficace.



**Figure 4a b & c : Exemple 1 : mouvements simples d'espace.**

- a) un effet de panoramique entre les 2 haut-parleurs *surround left* (SL) et *left* (L). Si le tempo vaut 60, le mouvement s'étale sur 2 secondes.
- b) un effet de ping-pong entre les 2 mêmes haut-parleurs. Le son dure 0,5 seconde sur chaque haut-parleur.
- c) fluctuation continue d'intensité sur un seul haut-parleur (sous les notes : indication de vélocité).

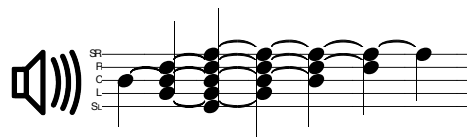
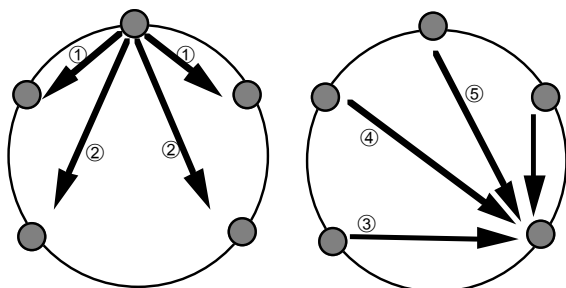


**Figure 5a & b : Exemple 2 : Trois trilles d'espace  
Notation graphique ; Notation sur portée.**

On constate que les différents symboles musicaux (silences, trilles...) s'appliquent sans problème à l'espace.

Note : si ces 3 phénomènes avaient lieu simultanément (et non séquentiellement), la notation ne poserait guère de problème : ni à l'écriture, ni à la lecture.

Note : le lecteur notera que la figure de gauche ne permet pas d'appréhender la temporalité.

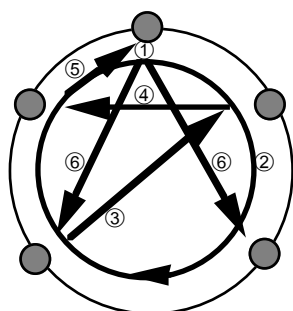


**Figure 6a & b : Crescendo et decrescendo  
d'espace / changement de masse  
Notation graphique ;  
Notation sur portée.**

Apparaît ici la notion de polyphonie d'espace (utilisation simultanée de plusieurs haut-parleurs). Celle-ci se note simplement à l'aide d'accords.

Note : même remarque sur la représentation de la temporalité.





**Figure 7a & b : exemple 4 : Figure d'espace plus complexe :  
Tenue, rotation, puis zigzag  
Notation graphique ; Notation sur portée.**

Apparition en 1 seconde sur le HP central et disparition en 3 s.

1 seconde de silence. 3 rotations complètes en 2 secondes, suivies d'un zig-zag, puis d'un accord sur les 2 haut-parleurs arrières.

Il est possible de multiplier à loisir les exemples de notation. Les figures d'espaces compliquées ne posent guère de problèmes à la notation (alors que la représentation en XY devient illisible). La re-lecture et la compréhension sont aisées.

La Figure 10 – plus loin dans ce texte, au paragraphe suivant – offre une autre possibilité de représentation ou notation graphique, de type *piano roll* ou cartons d'orgue de barbarie. Cette notation est toutefois moins précise dans la mesure où elle ne permet pas de doter chaque note de critères d'accentuation ou de liaison...

Dans la pratique, elle est toutefois fort utile dans la pratique comme nous allons le constater ci-après.

## 6. Implémentation MIDI

Le recours au système de notation sur portée permet d'accéder à l'ensemble des logiciels dédiés à la notation musicale, ce dont témoignent les figures 4 à 7. Il permet aussi d'accéder à l'encodage par la norme MIDI, donc de profiter de l'infrastructure des logiciels séquenceurs audionumériques : gestion efficace des événements audio ou MIDI en fonction du temps, visualisation efficace de ces mêmes paramètres sous diverses formes, automatisations... Moyennant quelques détournements mineurs, il est tout à fait possible de respecter la double contrainte exposée au point c) du Tableau 4 pouvoir à la fois « jouer ce qui est écrit » ou « écrire ce qui est joué ».

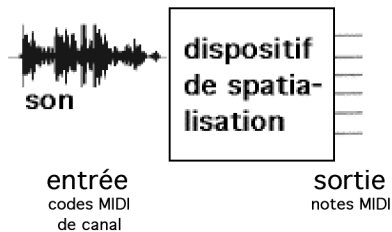
### 6.1. Description générale

Le principe de l'implémentation MIDI est donné à la Figure 8 et explicité ci-dessous :

- chaque **canal MIDI** correspond à une piste audio en entrée ;
- le contrôleur de **volume** permet de moduler l'intensité du signal audio entrant, soit de façon statique (balance entre les voies), soit de façon dynamique (jeu en temps réel) ;
- les codes MIDI de type **note** s'appliquent au signal sortant, donc à la mise en service des haut-parleurs : hauteur = choix d'1 haut-parleur, vitesse = amplitude du haut-parleur. La vitesse permet de contrôler individuellement l'intensité de chaque haut-parleur de façon statique ;
- les 2 contrôleurs d'enveloppe (attaque et release) permettent de passer du mode staccato ou ping-pong à un phrasé beaucoup plus lié ;

- d'autres caractéristiques de la spatialisation peuvent être modifiées par une douzaine de contrôleurs MIDI, dont l'usage est décrit ci-dessous au Tableau 5.

Rien n'est figé, comme dans la norme MIDI ; chacun pourra utiliser ses propres conventions en fonction de ses habitudes ou du travail à réaliser.



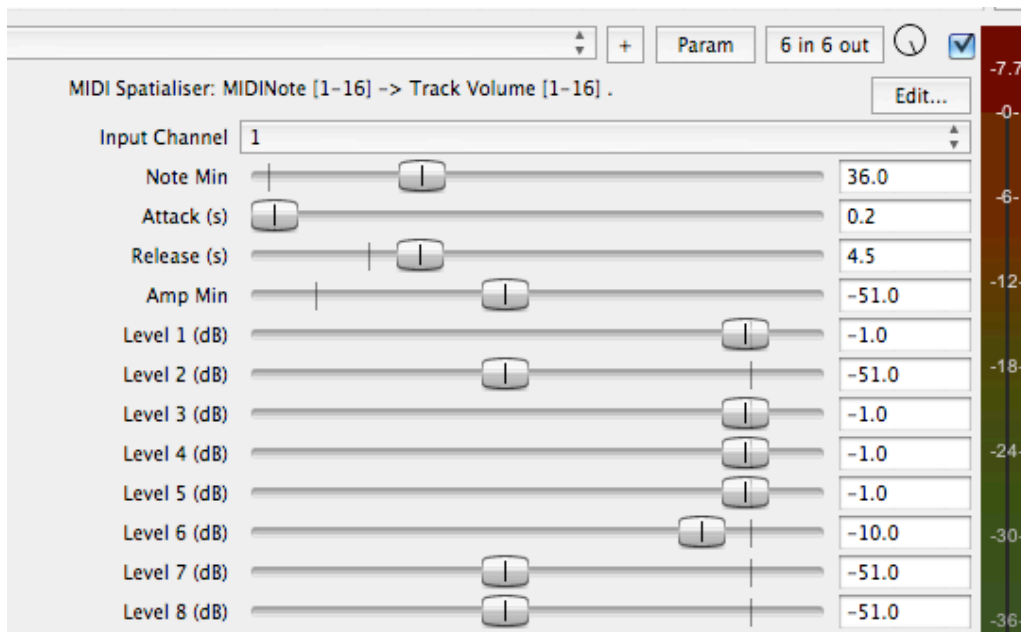
**Figure 8 : Utilisation des codes MIDI.**

Les codes de type *channel* gèrent le signal en entrée.

Les codes de type notes gèrent les sorties vers chaque haut-parleur.

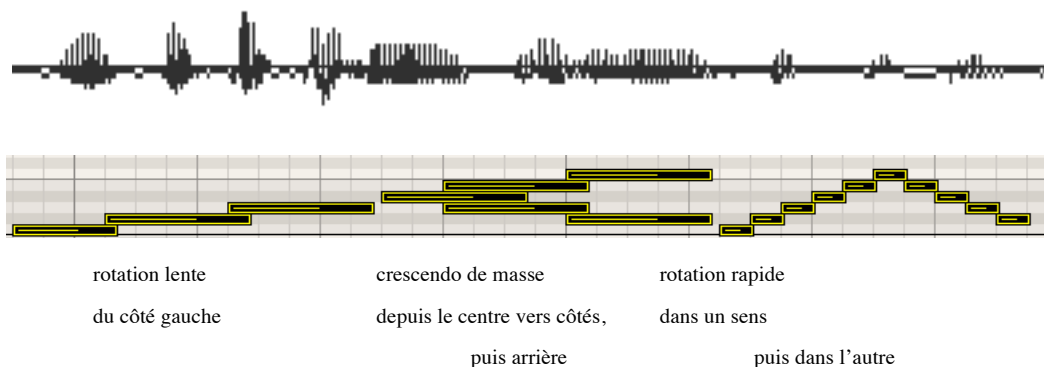
contrôleurs MIDI		paramètres
1	modulation wheel	contrôle de l'éloignement (par filtrage + réverbération).
...		
7	volume	contrôle l'intensité de la piste audio en entrée, donc les nuances globales en cours de trajectoire.
...		
64	sustain	permet la tenue des notes
...		
72		release [0-127] [0.1 – 16s]
73		attaque [0-127] [0.1 – 16s]
...		
91	reverb	
...		
	all note off	éteint toutes les notes
	reset	réinitialise tous les paramètres

**Tableau 5 : Utilisation des contrôleurs MIDI pour le contrôle de la spatialisation du son**



**Figure 9 : Le plug in MidiSpat en usage**

Le logiciel REAPER offre un routage audio inégalé, ainsi qu'un langage simple (dérivé du C) permettant d'écrire ses propres *plug ins*.



**Figure 10 : Pilotage et visualisation de la spatialisation via MIDI**

L'idée fondamentale est de proposer une édition et une visualisation aisées de la mise en espace d'un son, synchrone avec le signal audio.

- En haut : 1 piste audio mono ou stéréo à répartir sur 16 sorties audio  
la commutation mono – stéréo est automatique dans Reaper
- En bas : 1 piste MIDI  
Les notes ON (de 1 à 16) ouvrent les VCA suivant la vélocité : 100 ⇔ 0dB  
note [1-16] sélectionne la piste audio de sortie  
vel [0-127] détermine le niveau de sortie  
la vélocité MIDI est graduée en dB  
vel 100 = 0dB  
vel 106 = +6 dB  
vel 0 = -100 dB

### 6.2. *MidiSpat : un simple VCA audio piloté par MIDI*

Le *plug in* MidiSpat, développé en un tour de main dans le langage JS<sup>17</sup> du logiciel Reaper, fait suite à de nombreuses versions en Max/MSP. L'intégration totale à l'intérieur de Reaper (des sons, du *plug-in*, des automatisations) facilite grandement la vie du compositeur, d'autant plus que Reaper est le logiciel le plus versatile en matière de routage de pistes audio.

Note : Le *plug in* MidiSpat est disponible à l'adresse : <http://tc2.free.fr/espace/midispat.html>

Reaper permet aussi de créer des pistes mixtes : MIDI + audio, offrant ainsi une entité complète dédiée à la spatialisation d'un signal audio. Le *plug in* MidiSpat – inséré dans une piste – reçoit des notes MIDI qui vont piloter le signal audio vers (au maximum) 16 sorties audio<sup>18</sup>.

La spatialisation simultanée de plusieurs pistes audio ne pose aucun problème ; la spatialisation se fait source par source. Le résultat est automatiquement sommé par le logiciel audionumérique hôte.

### 6.3. *Jeu instrumental au clavier MIDI et mémoires de trajectoires*

La présentation ci-dessus sous-entend un travail de composition en studio (en temps différé). Mais le présent dispositif est tout autant utilisable dans une phase d'interprétation en direct ou d'électronique *live*.

Un clavier MIDI doté d'une molette de modulation (éloignement), d'une pédale de volume (nuances), d'une pédale de sustain (tenu) et de divers faders (enveloppes d'attaque et de relâchement) permet donc aisément de spatialiser un signal audio en direct (voir figure 9). Le *plug in* MidiSpat permet de transformer les événements MIDI joués en courbes de volumes destinées à piloter les niveaux de sorties audio de chaque piste de Reaper. Ce dispositif est tout à fait transposable à d'autres environnements audionumériques tels que ProTools ou Cubase... Le musicien-spatialisateur peu virtuose pourra avec profit utiliser n'importe quel séquenceur MIDI afin d'enregistrer en pas à pas, corriger ses erreurs ou affiner sa prestation. Le séquenceur MIDI permet de mémoriser une interprétation et de la visualiser soit en mode partition, soit en mode « piano roll » ou « grid édit ». La compréhension de la spatialisation et les possibilités de manipulations sont excellentes.

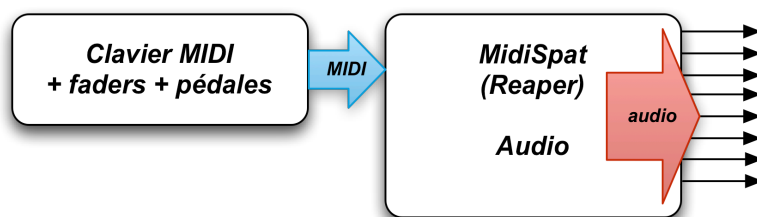


Figure 11 : Jeu instrumental de spatialisation au clavier

Ce « jeu instrumental de spatialisation au clavier » a été utilisé par l'auteur à plusieurs reprises dans divers concerts publics. Cette pratique de nouveau surprenante s'apparente à l'interprétation de la musique acousmatique à l'aide d'une console de diffusion. Pour un joueur de clavier de niveau moyen, l'apprentissage de la spatialisation au clavier demande uniquement quelques journées de pratique, pour un résultat autrement riche et autrement virtuose que celui obtenu à l'aide d'une console de diffusion.

<sup>17</sup> Voir : <http://www.reaper.fm/sdk/js/js.php>

<sup>18</sup> Tout comme en MIDI, il est possible de dépasser ce chiffre en ajoutant 2 ou 3 ports MIDI supplémentaires.

Il est à noter que la virtuosité peut encore être accrue en préparant à l'avance des séquences MIDI de spatialisation (trajectoires ou changements de masse spatiale), en les stockant dans des mémoires ou des *presets* et en déclenchant celles-ci lors de la performance. Le logiciel Live Ableton est particulièrement bien adapté à ce genre de travail.

Au milieu des années 2000, l'auteur utilisait Max/MSP pour ce type d'opérations.

## 7. Conclusions

### 7.1. Résumé de la proposition

Le terme notation désigne l'ensemble des signes conventionnels par lesquels on indique les sons de la musique et leur interprétation : des lettres ou des chiffres ou des signes graphiques, représentant des phénomènes musicaux, que l'on peut transcrire sur papier et qui sont universellement admis. Le recours à la notation requiert une segmentation des phénomènes, une discrétisation ; c'est-à-dire une simplification des données issues de la réalité. Seul ce sacrifice rend possible la notation, et par voie de conséquence l'accès à la complexité du langage, à l'abstraction.

C'est dans ce contexte que l'auteur propose de discrétiser les phénomènes d'espace et d'abandonner la représentation par réseau de courbes. Ce choix se justifie comme une évidence, si l'on accepte de regarder les aventures de l'histoire de la notation musicale (notation ekphonétique, notation neumatique, notation intervallique...). Les partitions de mise en espace – lorsqu'elles existent – ressemblent étrangement aux premières notations du Moyen-Âge (voir figures 1 & 2).

Cette proposition de notation sur portée offre une lisibilité et une compréhension bien supérieure aux représentations par réseaux de courbes proposées dans les logiciels audionumériques. Les deux concepts essentiels adoptés sont : la **discrétisation des phénomènes d'espace** et la création d'un **événement d'espace élémentaire (eee)** porteur de 2 caractéristiques principales : intensité (d'un haut-parleur) et durée.

Ces choix simplificateurs permettent de se raccrocher au paradigme de la notation occidentale sur portée, dont on retrouve immédiatement les avantages.

### 7.2. Avantages

Cette réduction de (représentation de) la réalité à des fins de notation offre de nombreux avantages :

- la lisibilité et la compréhension sont bien supérieures aux représentations proposées dans les logiciels audionumériques ;
- l'organisation temporelle est claire, grâce à l'étalement dans le temps des événements sur un axe horizontal ;
- la synchronisation avec les événements musicaux est évidente ;
- la préhension des durées est facile, grâce aux symboles usuels employés ;
- la polyphonie de haut-parleurs ou le travail sur les masses spatiales ne posent aucun problème de notation, ni de représentation.
- et enfin, l'habitude pluri-séculaire de la notation sur portée n'entraîne pas de nouvel apprentissage.

Ce dernier point conforte l'idée que l'espace peut être considéré comme un cinquième paramètre du son, au même titre que hauteur, durée, intensité et timbre.

### 7.3. Validation

Dans un article de 1998, l'auteur exposait avec précision – sur environ une page – les notions essentielles sur l'espace, sous forme d'une description physique ou phénoménologique.

Dans un article daté de 2008, l'auteur exposait les 5 modes de perception de l'espace, assortis de diverses familles d'adjectifs permettant de décrire ou de caractériser la spatialité ou la mobilité (voir Tableau 2).

La présente proposition de notation et son implémentation informatique respecte parfaitement toutes ces connaissances ; et permet de se livrer sans contrainte à tous les types d'activités d'espace, à tous les modes de spatialisation, temps réel ou temps différé. Elle ne change nullement la perception.

Moyennant la prise en compte de l'attaque et du relâchement des événement d'espace, la discrétisation n'est pas un problème car elle se trouve lissée ; la notation proposée reste parfaitement compatible avec toutes les pratiques actuelles de la spatialisation et permet même d'envisager un jeu instrumental de l'espace.

Il est ainsi aisé d'utiliser l'expérience, le savoir-faire et les nombreux logiciels existants pour la notation classique<sup>19</sup>, avec peu de détournements.

Le musicologue y trouvera aussi son compte de par l'existence d'un support écrit donnant accès à l'analyse, à l'extraction des structures de la pensée compositionnelle, à la formalisation des idées.

### 7.4. Avenir

Le gros problème de cette proposition est essentiellement d'ordre psychologique ou symbolique. Les compositeurs issus de la musique concrète accepteront-ils d'utiliser l'outil fondamental de la musique abstraite ?

Les premières présentations de cette notation laissent présager que NON !

Pourtant le pas à franchir est minuscule quand on songe que tous les outils informatiques décrits ici sont à portée de main dans tous les séquenceurs audio numériques (Cubase, Logic audio, ProTools ou Reaper).

## 8. Bibliographie

### 8.1. Ouvrages ou articles

CHAILLEY Jacques (1967), *La musique et le signe*, Les introuvables, Éd. d'aujourd'hui, Lausanne.

DHOMONT F. (ouvrages collectifs sous la direction de)

*L'espace du son I*, (1988), Musiques et recherche. Ohain Belgique.

*L'espace du son II*, (1991), Musiques et recherche. Ohain Belgique.

*L'espace du son III*, (2012), revue Lien, Musiques et recherche. Ohain Belgique.

<http://www.musiques-recherches.be/fr/edition/la-revue-lien>

DUCHENNE J.M. (1992, rév. 1993), « Pour un art des sons vraiment fixés ». Non publié.

---

<sup>19</sup> Soit la notation classique sur partition (Finale, Encore...), soit la notation type « cartons d'orgues de barbarie », souvent adoptée dans les séquenceurs MIDI (Cubase, ProTools..)

Kupper L. (1986) « Space perception in the computer age : Music and Psycho-acoustic expériences in space diffusion », *Proc. of the ICMC* (1987-1993) p. 47-50

LEVY Pierre (1990), *Les technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique*, La Découverte, Paris. Réédité en livre de poche dans la collection "Points" au Seuil en 1993.

SEEGER Charles (1958), Notation prescriptive et notation descriptive, in *Analyse Musicale*, n° 24, 1991, éd. angl. in, *The musical quaterly*, n° 44.

TAPPOLET Willy (1947), *La notation musicale et son influence sur la pratique musicale du Moyen-Âge à nos jours*, Neuchâtel, À la Baconnière.

## **8.2. Adresses de sites Web**

Espace « multiphonie » : <http://multiphonie.free.fr>

Espace (Thélème Contemporain) : <http://tc2.free.fr/espace/>

## **9. Publications de l'auteur sur le sujet**

### **9.1. Livre :**

MERLIER Bertrand, *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*, coll. Musique et sciences, éditions Delatour, France, 2006.

### **9.2. Articles :**

MERLIER Bertrand (2008), « Vocabulary of space perception in electroacoustic musics composed or spatialised in pentaphony », *proceedings of SMC'08 (Sound and Music Computing)*, Berlin, juillet 2008.

MERLIER Bertrand (2008), « Vocabulaire de la perception de l'espace en musique électroacoustique composée ou spatialisée en pentaphonie », *Actes du colloque EMS08 (Electronic Music Studies)*, Paris Sorbonne & GRM, 5-7 juin 2008.

MERLIER Bertrand (2007), « Rapport final d'activités du GETEME (Groupe d'Étude sur l'Espace dans les Musiques Électroacoustiques) », *Actes des JIM 07*, Université Lyon 2, 14 mai 07.

MERLIER Bertrand (2006), « Vocabulary of space in electroacoustic musics: presentation, problems and taxonomy of space », *Actes du colloque EMS (Electronic Music Studies)*, Pékin (Chine), octobre 06.

MERLIER Bertrand (2006), « Vocabulaire de l'espace en musique électroacoustique : présentation, problèmes et taxinomie de l'espace », *Actes du colloque SMC06 (Sound and Music Computing)*, GMEM Marseille, mai 06.

MERLIER Bertrand (2005), « Réflexions à propos de la mise en espace de la musique électroacoustique dans les logiciels audionumériques », *Actes des JIM 05*, MSH / Université Paris VIII, mai 05.

MERLIER Bertrand, (2005) « Surround, Mode d'emploi », revue les cahiers de l'ACME, n° 221, fév. 2005.

MERLIER Bertrand (2004), « Les outils pour la spatialisation », Journée d'étude sur l'espace, GRM Paris, 3 déc 2004, organisé par Thélème Contemporain.

MERLIER Bertrand (2000), « Musiques électroacoustiques mises en espace pour le surround 5.1 et encodées en dts », *Actes du colloque JIM 2000 (Journées d'Informatique Musicale)*, le 18 mai 2000 à Bordeaux au SCRIME - ENSERB.

MERLIER Bertrand (1998), « À la conquête de l'espace », in *Actes des Journées d'Informatique Musicale*. p. D1-1 à 9, publications du CNRS-LMA, n°148, MARSEILLE, ISBN : 1159-0947, 1998.

MERLIER Bertrand & PLANEL Hélène (sous la dir.) (1996), « L'interprétation des musiques électroacoustiques », *Compte rendu de la table ronde organisée par Thélème Contemporain, revue Ars Sonora*, n° 4, nov 96, CDMC (Centre de Documentation de la Musique Contemporaine), PARIS, 1997.

MERLIER Bertrand (1993), « Space & Music », *Proceedings of the Stockholm Music Acoustic Conference, SMAC 93*, pp. 539-544, Publication issued by the Royal Swedish Academy of Music n° 79, STOCKHOLM, 1993

Tous ces articles sont consultables dans le dossier « espace » du site web de Thélème Contemporain : <http://tc2.free.fr/espace/>

## L'auteur :

**Maître de conférence en informatique musicale** à l'université Lumière Lyon2 (département Musique) et co-créateur-responsable du master professionnel MAAAV (Musiques Appliquées Aux Arts Visuels).

**Compositeur** de musiques électroacoustique et instrumentale.

**Interprète** de musique électroacoustique en direct, à l'échantillonneur, au clavier ou à l'aide d'interfaces gestuelles innovantes dont il est le concepteur (*data glove*, suivi du mouvement par caméra et autres dispositifs interactifs...) ; seul ou dans diverses formations.

Ses œuvres sont jouées en France ou à l'étranger (Allemagne, Irlande, Grande-Bretagne, Pologne...). Il a obtenu de nombreux prix (voir ci-contre) dont une **programmation au festival Ars Electronica** (Linz – Autriche 2002).

**Spécialiste de la spatialisation du son**, Bertrand Merlier travaille activement depuis les années 90 sur la question de la spatialisation des musiques électroacoustiques, qu'elles soient fixées sur support ou générées en temps réel par des machines.

Coté pratiques musicales : interprète d'espace dans les années 90, compositeur d'espace depuis les années 2000, avec notamment l'édition de plusieurs CD spatialisés en DTS *surround 5.1*. En 2011, *L'apparition de l'ange* (pour flûte basse, live électroacoustique et dispositif de spatialisation octophonique) été créée aux journées GRAME à Lyon. Cette pièce existe aussi en version multiphonique 16 canaux.

Côté recherche : une dizaine d'articles sur l'espace et la publication en 2006 du livre *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques* (éd. Delatour).