

---

# RÉFLEXIONS À PROPOS DE LA MISE EN ESPACE DE LA MUSIQUE ÉLECTROACOUSTIQUE DANS LES LOGICIELS AUDIONUMÉRIQUES

*Bertrand MERLIER*  
Université Lumière Lyon 2  
département Musique  
18, quai Claude Bernard  
69365 LYON Cedex 07 - FRANCE

Bertrand.Merlier@univ-lyon2.fr

---

# I Avant-propos

## 1) Objectifs

Le point de départ de cette étude est **l'observation** de diverses réalités du terrain :

- on constate qu'il existe des **décalages** multiples et une **situation « non homogène »** dans le domaine de la spatialisation du son :
  - les **connaissances** (acoustiques et artistiques) en matière d'espace sont importantes, mais **incomplètes** ;
  - les pratiques techniques ou artistiques sont ponctuellement de haut niveau, mais le reste du temps empiriques et/ou négligées ;
  - les **desiderata** de certains compositeurs sont (très) **élevés, mais insatisfaits** ;
  - les **outils logiciels** disponibles : assez nombreux, mais très souvent **inadaptés** ;
  - d'autres « inventions musicales » de la même époque – à caractère technologique ou esthétique – sont déjà passées dans les mœurs sans trop de problèmes (les instruments amplifiés, les synthétiseurs ou échantillonneurs, le multimédia...) ;

- on s'est alors posé la question de l'**outil de travail** : c'est-à-dire les différents logiciels permettent de travailler la spatialisation du son ;

L'attention a été spécifiquement portée sur :

- les relations entre les outils et le discours d'espace,
- le codage et la représentation des informations d'espace.

L'objectif de cette étude est de présenter de façon synthétique ces réflexions sur la technologie.

## 2) Sources et remerciements

Le travail de recensement et d'observation de tous les logiciels audionumériques permettant de travailler l'espace a été facilité grâce au remarquable travail de Jean-Marc Duchenne (<http://multiphonie.free.fr/> à la rubrique logiciels).

### 3) Contexte

On s'intéresse exclusivement à la situation suivante :

- 1 signal audio (mono ou stéréo ou multicanaux) est envoyé sur n haut-parleurs ;
- ce travail de spatialisation est réalisé à l'aide de logiciels audionumériques ;
- a priori, on reste dans le cadre de la composition et du studio ;

- *les relations entre les outils et le discours d'espace,*
- *le codage et la représentation des informations d'espace.*

- les logiciels de type « machine d'effet » (qui ne disposent pas de représentation des informations d'espace) n'entrent pas dans le cadre de cette étude ;

## 4) Questionnement

On se pose les questions suivantes :

- Quelles sont les différentes **méthodes** pour positionner le son ou le faire déplacer ?
- Quel **nom** donner à cette méthode de spatialisation ?
- Quelles relations existent entre **les données d'espace et le signal audio** ?
- Comment sont **représentées et codées** les informations d'espace : position ou déplacement ? amplitude du son sur un haut-parleur ?
- Y a-t-il équivalence entre ces différentes méthodes de travail ?
- Y a-t-il **équivalence** entre ces différents codages ?
- Si NON : Quelles sont les possibilités ou **impossibilités** de chacun de ces logiciels ?
- Peut-on **importer / exporter** ces données d'espace ?
- Peut-on **échanger** des données (afin de travailler dans plusieurs logiciels) ?
- la représentation ou le codage sont-ils indépendants du dispositif utilisé ? (nombre et **disposition des haut-parleurs**)

## II Quelques définitions

### 1) Espace interne / externe

**espace externe** : espace rendu par les conditions d'écoute, mais non prévu ni fixé par la composition. c'est-à-dire l'espace créé par la diffusion du son sur des haut-parleurs

**espace interne** : espace capté à la prise de son et fixé par la composition sur le support.

CHION Michel, *L'art des sons fixés*, Ed. Métamkine / Nota Bene, 1991.

### 2) Espace projeté

Jean-Marc Duchenne parle d'**espace projeté**.

(le son est projeté sur des haut-parleurs)

Notre étude concerne donc l'espace externe du son ou l'espace projeté.

### 3) Position ou déplacement du son

Il s'agit de positionnement ou de déplacement virtuels, rendus possibles par des phénomènes psychoacoustiques.

Soit un son projeté sur n haut-parleurs. Lorsqu'on modifie l'intensité du son sur 1 haut-parleur, l'auditeur perçoit une modification de la position apparente du son dans l'espace ou un déplacement, suivant le type et la durée de la modification d'amplitude.

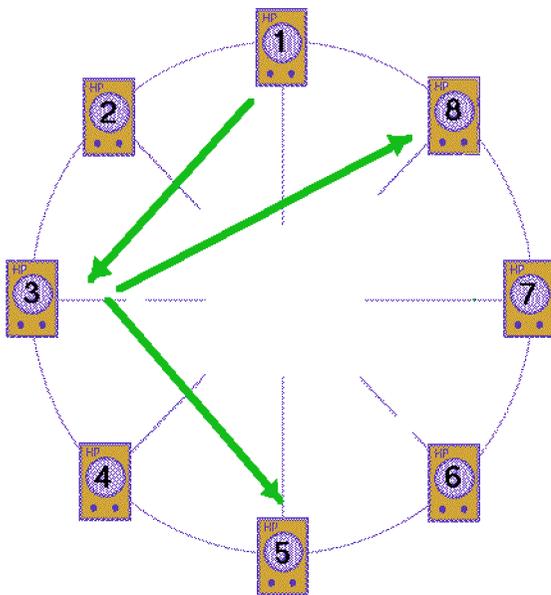
### 4) L'éloignement du son

Quand on parle de l'espace, on pense de suite à : **droite-gauche** ou **avant-arrière**. Il est déjà moins fréquent d'envisager la notion de **proche-lointain**.

Il y a ici un abus de langage : aucun logiciel ne peut provoquer l'éloignement réel d'un son. Il s'agit encore une fois d'un déplacement virtuel ou d'une **simulation de l'éloignement** (par des artifices d'ordre psychoacoustiques)

## 5) La masse spatiale

La notion de masse spatiale a été définie par Patrick Ascione et Jean-Marc Duchenne. Lorsqu'on spatialise un son sur n haut-parleurs, la perception du son par l'auditeur peut avoir une certaine « épaisseur » : un point, une ligne, une surface, un volume... La masse spatiale dépend du nombre de haut-parleurs simultanément en service. La spatialisation du son sur n haut-parleurs est un travail de la masse spatiale.



### changement de masse spatiale

#### > Description de l'effet perçu :

La figure d'espace ci-contre  $\left( 1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \right)$  décrit un changement de masse spatiale (ou un changement d'épaisseur).

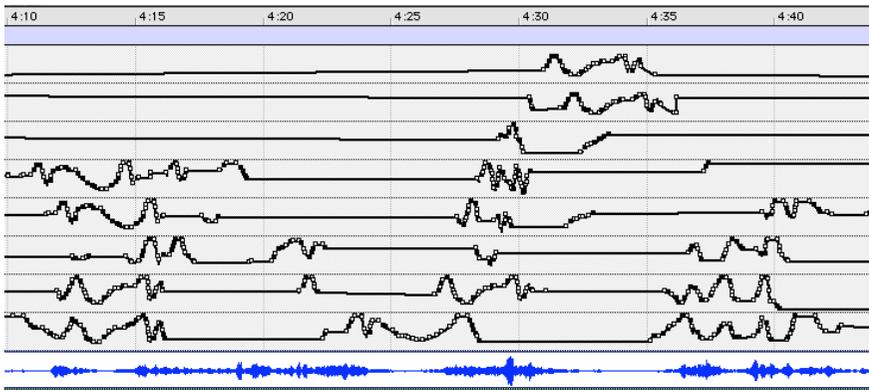
#### > Description de la cause :

Elle n'est réalisable que s'il est possible de contrôler indépendamment l'amplitude de 2 haut-parleurs (non-voisins).

### III Recensement et classification

À la suite de ce recensement, il semble que l'on puisse dégager **au moins 4 ou 5 catégories** de logiciels. Ces catégories ont été établies en observant la façon dont les paramètres de manipulation de l'espace sont encodés et représentés.

## 1) Le mode « courbes d'amplitude »



n haut-parleurs → n courbes  
codage de l'**amplitude** de chaque haut-  
parleur sur 7 bits : [0 à 127]

**Explication** : une piste son est envoyée vers n sorties. n courbes d'amplitude contrôlent l'intensité de chaque sortie.

**Logiciels** : Quasiment tous les logiciels audionumériques offrent en standard des courbes d'automatisation de volume ou de pan afin de contrôler le mixage : ProTools, Cubase, Nuendo, Logic Audio, Digital Performer, Ardour, Audacity...

### Spécificités :

Paramètre visualisé : amplitude des n haut-parleurs

Visualisation des déplacements : NON

**Les courbes d'amplitudes ne représentent pas directement la spatialisation telle qu'elle est perçue par l'auditeur.**

Changement de masse spatiale : OUI toutefois peu aisé à appréhender

Disposition des haut-parleurs

aucune contrainte

la 3D est envisageable (X Y Z)

Virtuosité

mauvaise

Contrôle des n courbes avec n gestes

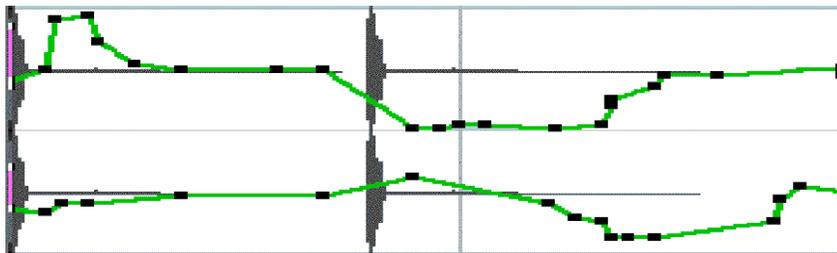
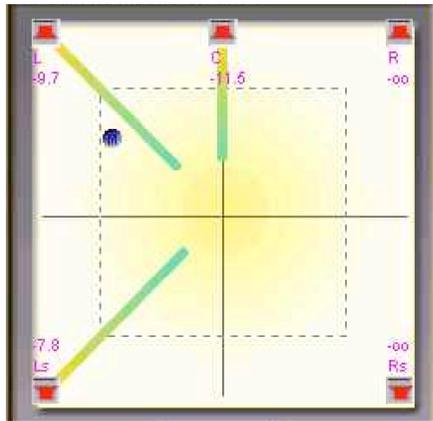
### **Remarques :**

C'est la solution la plus ancienne (depuis 10 ou 15 ans).

Elle ressemble au travail d'interprétation en direct avec une console de diffusion.

Cette méthode est celle qui offre le moins de contraintes pour le compositeur, mais elle est peu pratique, car elle repose sur le **détournement de fonctions logicielles** : l'automatisation du mixage sert à contrôler la mise en espace.

## 2) Le codage de la position virtuelle en coordonnées cartésiennes



n haut-parleurs → 2 courbes : X Y

**Explication** : la trajectoire du son est pilotée à l'aide d'un joystick, puis elle est représentée en coordonnées cartésiennes par 2 courbes en fonction du temps. X = abscisse = droite-gauche ; Y = ordonnée = avant-arrière.

L'intensité du son envoyé sur chaque haut-parleur est calculée en interne par le logiciel.

**Logiciels** : Grâce à l'avènement du cinéma surround et à la standardisation du format 5.1, le **mode joystick surround** est de plus en plus fréquent. Cubase SX, Nuendo, Logic Audio, Digital Performer, Sequoia, Samplitude 8, Vegas5 et Acid Pro 5, Acousmodules...

## Spécificités :

Paramètre visualisé :	position virtuelle du son en fct. du temps en coordonnées cartésiennes : $(X, Y) = f(t)$
Visualisation des déplacements :	NON $X = f(t)$ et $Y = f(t)$ ou bien la position

**Les courbes d'amplitudes ne représentent pas directement la spatialisation telle qu'elle est perçue par l'auditeur.**

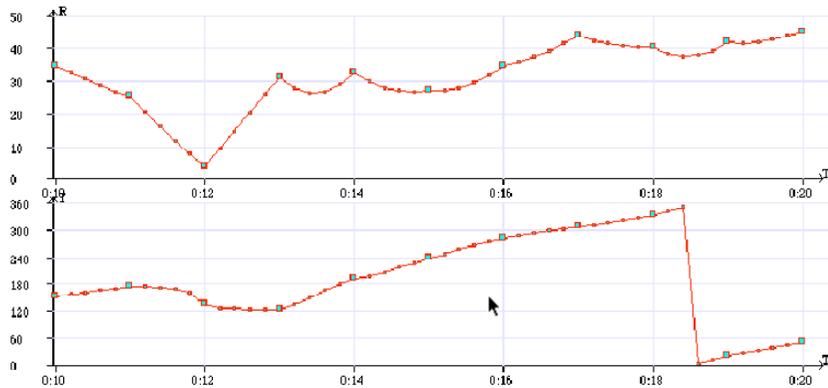
Changement de masse spatiale :	NON	travail à intensité constante
--------------------------------	-----	-------------------------------

Virtuosité	OUI	Contrôle de (X Y) avec un seul geste
Nombre de haut-parleurs		imposé (5 ou 8)
Disposition des haut-parleurs		imposée en 2D

Si cette solution semble efficace et pratique, elle impose en fait de fortes contraintes sur le discours d'espace :

- nombre et disposition imposés de haut-parleurs ;
- travail restreint dans un plan ;
- masse spatiale fixe = travail à intensité constante ;

### 3) Le codage de la position virtuelle en coordonnées polaires $R \Theta$



n haut-parleurs → 2 courbes :  $R \Theta$

**Explication** : la trajectoire du son dans un plan est représentée en coordonnées polaires (angle et éloignement) en fonction du temps.

**Logiciels** : Ce mode de représentation est beaucoup plus rare. On peut supposer que le terme « coordonnées polaires » fait peur ! La compréhension de la courbe est pourtant au moins aussi (peu) évidente que la représentation précédente en XY. Sonar 4, Holoédit

#### Spécificités :

Paramètre visualisé :  
temps

Visualisation des déplacements :

Changement de masse spatiale :

position virtuelle du son en fonction du  
en coordonnées polaires :  $(R, \Theta) = f(t)$

NON indirecte

NON travail à intensité constante

Contrôle de  $(R \ominus)$  avec un seul geste

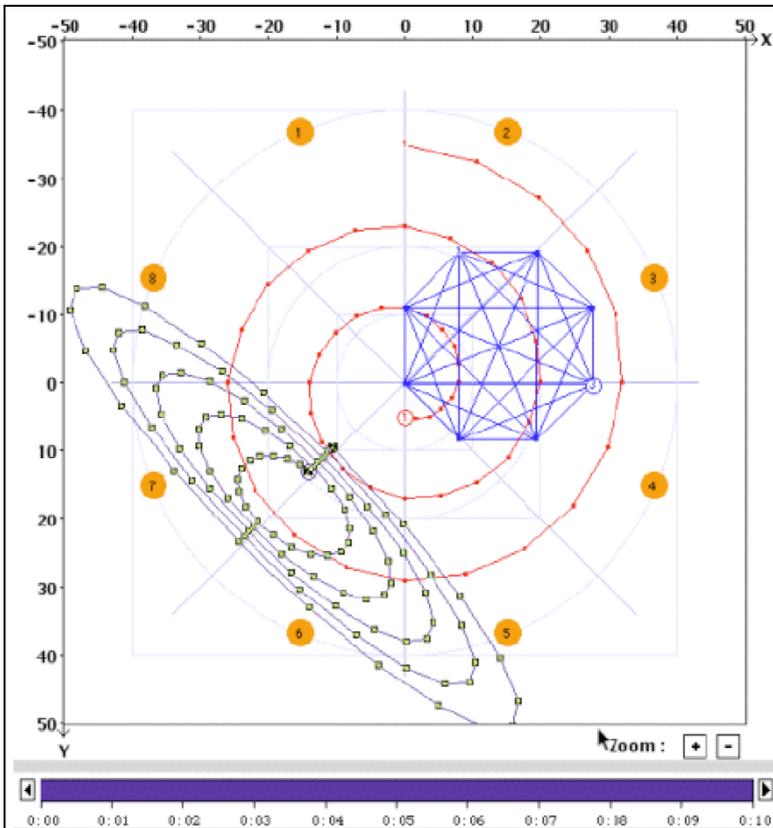
Nombre de haut-parleurs

Disposition des haut-parleurs  
2D

imposé (5 ou 8)

fortes contraintes : disposition imposée en

## 4) Le dessin des trajectoires



n haut-parleurs

→ 1 courbe par voie d'entrée

Explication : la trajectoire virtuelle du signal est dessinée.

Logiciels : Holoédit, Maven 3D Pro, Samplitude, Egosound...

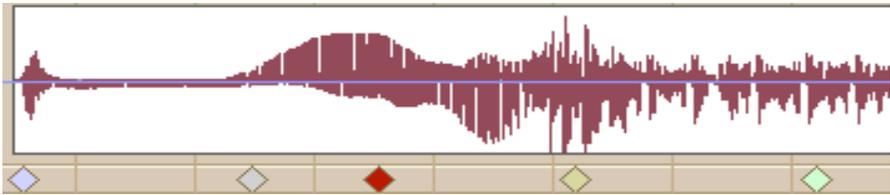
## Spécificités :

Paramètre visualisé :	dessin de la trajectoire virtuelle du son
Visualisation des déplacements :	OUI et de la position
Visualisation synchrone du signal audio :	NON
Visualisation du temps : des non-linéarités temporelles sont masquées	NON (le temps est « sous-entendu »)
Changement de masse spatiale :	NON travail à intensité constante
Nombre de haut-parleurs	imposé (5 ou 8)
Disposition des haut-parleurs	imposée en 2D, cercle ou carré
Codage sur 14 bits	?

HoloEdit est l'interface graphique. Il exporte (ou transmet) des données vers Holophon (codées en MIDI).

Le format n'est pas documenté, mais il devrait être possible de plonger dans le code Max, afin de récupérer un descriptif du format de fichier.

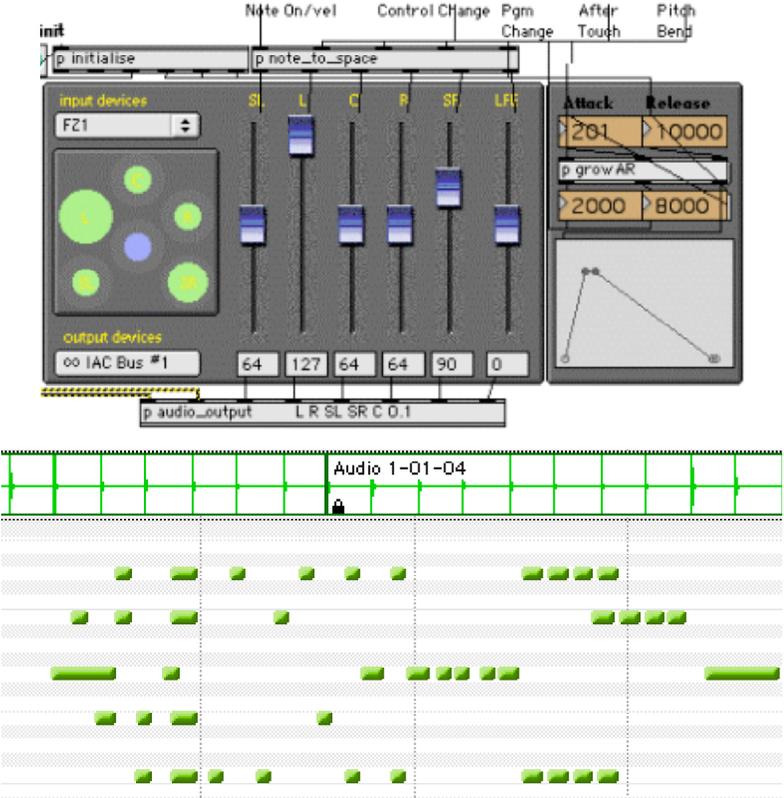
## 5) Le codage de point clés de positions avec interpolation

	<p><b>Explication :</b> des repères sont posés sous la piste audio. Chaque repère correspond à une position du son dans l'espace. Le logiciel se charge d'interpoler les trajectoires entre les points clés (suivant diverses méthodes : linéaires, accélérées, ralenties...)</p>
<p>discrétisation de la représentation l'interpolation fournit des courbes d'amplitudes continues</p>	<p><b>Logiciels :</b> Emeasy, Acid Pro4, Vegas 5</p>

### Spécificités :

Paramètre visualisé :	point-clé (position du son dans l'espace)
Visualisation des déplacements :	POSSIBLE en observant les points-clés
Changement de masse spatiale :	NON travail à intensité constante
Nombre de haut-parleurs	imposé (5 ou 8)
Disposition des haut-parleurs	imposée en 2D

## 6) Le codage de point clés d'amplitudes avec interpolation



**Explication :** des repères sont posés sous la piste audio. Mais ici, chaque points-clés correspond à une mémorisation des dosages en intensité des n haut-parleurs. Le logiciel se charge d'interpoler les trajectoires entre les points clés (suivant diverses méthodes : linéaires, accélérées, ralenties...)

**Logiciels :** Léo (B. Merlier, inédit), KbSpat (plug-in vst ou application autonome, B. Merlier, inédit)

## **Spécificités :**

Paramètre visualisé :	point-clé (intensité des n haut-parleurs)
Visualisation synchrone du signal audio :	OUI dans le logiciel hôte (Cubase, ...)
Visualisation du temps :	OUI dans le logiciel hôte (Cubase, ...)
Visualisation des déplacements :	NON
mais chaque point-clé représente une position	
Changement de masse spatiale :	OUI
Disposition des haut-parleurs	libre

Cette recherche soulève la question du codage des « données d'espace » et de l'opportunité d'une discrétisation de la représentation.

## IV Analyse

Cette étude met en évidence des potentialités, mais surtout de nombreuses lacunes.

**à de rares exceptions près :**

**Aucun logiciel ne permet un travail sérieux de la masse spatiale ;**

Seul le « mode d'amplitude » permet le travail de la masse spatiale, mais cette opération reste fastidieuse.

Les modes  $(X,Y)$ ,  $(R,\theta)$  et trajectoire facilitent la réalisation ou la visualisation de figures d'espace, mais créent une dépendance entre les haut-parleurs qui rend impossible l'envoi d'un même signal sur plusieurs haut-parleurs non contigus.

**Modification de la disposition des haut-parleurs**

Toute modification dans le nombre ou la disposition des haut-parleurs rend en général les trajectoires caduques.

Sauf dans le « mode d'amplitude », la disposition et le nombre des haut-parleurs est en général fixe et restreint : 4 à 8 haut-parleurs dans un plan.

## **Aucun logiciel n'intègre la gestion de la simulation de l'éloignement**

### **Aucun logiciel ne permet l'importation / exportation des données d'espace**

En général la conversion courbes d'automatisme -> courbes de contrôleur n'est pas possible, sauf éventuellement par enregistrement dans un autre logiciel (!) ou sauf en ayant recours à un codage intermédiaire sous forme de contrôleurs MIDI qui ensuite vont piloter l'automatisation.

### **peu de logiciels permettent la gestion des 3 dimensions XYZ**

Sauf dans le « mode d'amplitude » (ou quelques très rares logiciels en mode (X,Y)), la gestion de l'élévation est impossible. La spatialisation se trouve contrainte dans un plan.

**Aucun des logiciels présenté ne réussit à représenter de façon satisfaisante les données d'espace.**

Nous émettons une hypothèse :

- le codage de l'espace requiert de considérer :
  - 3 dimensions qui évoluent au cours du temps : (X Y Z t) ;
  - ou 4 dimensions (X Y Z E t) si l'on ajoute l'épaisseur ou la masse ;
  - ou plus si on ajoute la visualisation du signal audio  
la description du dispositif de haut-parleurs

Il est difficile de représenter un espace à 4 ou 5 dimensions dans un plan (le papier ou l'écran de l'ordinateur).

**Chacun des logiciels présentés ne permet en général de visualiser simultanément que 2 des paramètres sur les 3 ou 4 ou 5 nécessaires !**

- Les représentations actuelles de la spatialisation sont attachées à la description du geste qui produit l'effet, c'est-à-dire à la cause : les potentiomètres de la table de diffusion, le joystick et la souris d'ordinateur.

L'idéal serait peut-être de trouver un mode de description de l'effet perceptif, qui permettrait de dégager l'espace des contingences de la causalité et du dispositif.

## **Conséquences : la lisibilité est souvent moyenne ou médiocre**

### **le travail d'édition ou de modification délicat**

### **l'écriture et l'abstraction impossible**

Si le « mode trajectoire » semble en apparence plus efficace, intuitif ou convivial que le « mode d'amplitude », ces 2 modes de travail souffrent d'un certain nombre de limitations inhérentes à leur principe de représentation des informations.

Dans les modes amplitude,  $(X,Y)$ ,  $(R,\theta)$  et points clés, l'écriture d'une trajectoire (en dessinant des courbes) est impensable, la modification d'une trajectoire d'espace n'est pas évidente et ne peut se faire que par tâtonnement.

La lisibilité et la compréhension des courbes ne sont pas évidentes.

Le « mode trajectoire » (holoedit) est le plus performant dans ce domaine, mais la lisibilité de la trajectoire se fait au détriment de celle du temps.

# V Suggestions

## 1) Suggestion : définition d'une passerelle commune

Tous les logiciels audionumériques ont des fonctionnalités et des modes de représentation de l'espace différents. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Il n'est malheureusement pas possible de profiter des meilleures fonctions de chacun de ces logiciels, pour les raisons suivantes :

- aucun logiciel audionumérique n'exporte ses données d'espace.
- pas de passerelle commune pour échanger des informations entre ces logiciels.

Il serait intéressant de proposer un format de codage et de fichier permettant les échanges entre logiciels.

## 2) Suggestion : vers une approche fonctionnelle

Seul Holoédit offre 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...

Cette approche compositionnelle ou fonctionnelle de la mise en espace est indispensable si l'on souhaite aller de l'avant dans la maîtrise de l'espace. Il serait souhaitable que cet exemple soit suivi par de nombreux autres logiciels.

## 3) Suggestion : vers une approche objet

Aucun logiciel n'offre d'abstraction de type « objet d'espace » ou « événement d'espace » ou « phrase d'espace ».

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 ».

Ce concept d'une représentation « discrète » et « abstraite » faciliterait grandement la représentation et la manipulation de l'espace.