

M.I.M

Colloque

"Musique et Assistance Informatique"

Marseille 3 - 6 Octobre 1990

Le M.I.M a réalisé ce Colloque, placé sous le haut patronage de Monsieur le Sénateur Maire  
de la VILLE de MARSEILLE,  
grâce aux concours financiers de :



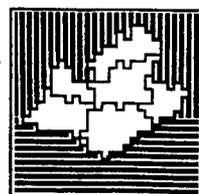
VILLE DE MARSEILLE



OFFICE  
DE LA CULTURE  
MARSEILLE



CONSEIL  
GENERAL  
DES BOUCHES-DU-RHONE



Conseil Régional

Provence-Alpes Côte d'Azur



## Comité scientifique pour l'organisation du Colloque

Bernard VECCHIONE, Président.

Jean-Paul ALLOUCHE	Centre National de la Recherche Scientifique, Bordeaux / M.I.M, Marseille (France).
Mira BALABAN	Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva (Israël).
Mario BARONI	Dipartimento di spettacolo, Università di Bologna (Italie).
François BAYLE	Institut National de l'Audiovisuel / Groupe de Recherche Musicale, Paris (France).
Bernard BEL	Groupe Représentation et Traitement des Connaissances, C.N.R.S, Marseille / I.S.T.A.R, Marseille / Centre de Recherche en Sciences de la Musique, Aix-en-Provence / M.I.M, Marseille (France).
Lelio CAMILLERI	Centro Nazionale della Ricerca, Conservatorio di Musica, Firenze (Italie).
Hélène CHARNASSE	ERATTO, Centre National de la Recherche Scientifique, Ivry-sur-Seine (France).
Marc CHEMILLIER	Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique, Université de Bordeaux I (France).
François DELALANDE	Institut National de l'Audiovisuel / Groupe de Recherche Musicale, Paris (France).
Giovanni DE POLI	Centro di Sonologia Computazionale, Università degli Studi, Padova (Italie).
Roberto DOATI	Centro di Sonologia Computazionale, Università degli Studi, Padova (Italie).
Marcel FREMIOT	Laboratoire Musique et Informatique de Marseille (France).

- Pascal GOBIN  
Conservatoire National de Région, Marseille /  
Laboratoire Musique et Informatique de Marseille  
(France).
- Jim KIPPEN  
Department of Music, University of Toronto  
(Canada) / I.S.T.A.R, Marseille (France).
- Otto LASKE  
New England Computer Arts Association, Needham  
(U.S.A).
- Marc LEMAN  
Institute for Psychoacoustics and Electronics Music,  
Ghent (Belgique).
- Christoph LISCHKA  
Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung,  
St. Augustin (Allemagne).
- Alan MARSDEN  
Department of Music, The Queen's University of  
Belfast (Royaume Uni).
- André MOURET  
Conservatoire de Pantin / A.X.I.O, Riantec /  
I.S.T.A.R, Marseille (France).
- Michel PHILIPPOT  
Conservatoire de Paris (France).
- Guy REIBEL  
Conservatoire de Paris (France).
- André RIOTTE  
Collectif de Recherche Instruments Modèle Ecriture,  
Paris / Société Française d'Analyse Musicale /  
Université de Paris VIII (France).
- Bernard VECCHIONE  
Centre de Recherche en Sciences de la Musique à  
l'Université de Provence / M.I.M (France).

## TABLE DES MATIERES

### INTRODUCTION — PANORAMA D'UNE RECHERCHE RÉORIENTÉE

Michel PHILIPPOT Page 13

### PREMIERE PARTIE : Page 17 THÉORIE - EPISTÉMOLOGIE - SOCIOLOGIE

### LA SCIENCE COGNITIVE — UN NOUVEAU PARADIGME DE LA RECHERCHE MUSICALE ?

Uwe SEIFERT Page 19  
Science cognitive, théorie de la musique, thèse de Church-Turing, mécanisme, philosophie de  
l'esprit, représentations mentales  
Cognitive sciences, theory of music, Church-Turing thesis, mecanism, philosophy of the  
mind, mental representations.

### SOME EPISTEMOLOGICAL CONSIDERATIONS ON SYMBOLIC AND SUBSYMBOLIC PROCESSING

Marc LEMAN Page 35  
Epistémologie, méthodologie, cognition, symbolique, sub-symbolique, musicologie  
cognitive, musique IA, psychologie de la musique, communication musicale, computation,  
traitement parallèle  
Epistemology, methodology, cognition, symbolic, subsymbolic, cognitive musicology, AI  
music, psychology of music, musical communication, computation, parallel processing.

### THE MENTAL PROCESSES OF MUSICAL COMPOSITION

Stephen W. SMOLIAR Page 51  
Raisonnement à base de règles, raisonnement à base de modèles, pédagogie, modèles.  
Rule-based reasoning, model-based reasoning, pedagogy, mental models.

### GENERATIVE PROCESSES IN MUSIC: MUSICAL COMPOSITION

Ron ROOZENDAAL Page 59  
Composition musicale, cognition, science cognitive, modélisation.  
Musical composition, cognition, cognitive science, modelling

**SOME REMARKS CONCERNING THE APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO MUSIC AND MUSICOLOGY**

**Christoph LISCHKA**

**Page 75**

Réseaux neuronaux, intelligence artificielle, cognition de la musique, modélisation cognitive, théorie de la composition.

Neural networks, Artificial Intelligence, music cognition, cognitive modelling, Composition Theory.

**AESTHETICS OF HINDUSTANI MUSIC — AN ACOUSTICAL STUDY**

**Suvarnalata S. RAO &  
Dwijendra B. BISWAS**

**Page 81**

Musique classique Hindoustane, *raga*, *rasa*, intonation, progression mélodique, analyseur de mouvements mélodiques.

Hindustani classical music, *raga*, *rasa*, intonation, melodic progression, Melodic Movement Analyser.

**TIMBRE, PLAYING TECHNIQUE AND STRUCTURE:  
A MICROSCOPIC ANALYSIS OF SAMPLES FROM TWO WORKS FOR  
THE QIN**

**Jinmin Zhou**

**Page 109**

Nouvelle vague, *qin*, acoustiques musicales, sonologie, timbre.

New wave, *qin*, musical acoustics, sonology, timbre.

**MATRICE FORMELLE ET RÉALISATIONS MUSICALES — UNE  
ENQUETE SOCIO-MUSICOLOGIQUE**

**Emmanuel PEDLER, Florence LETHURGEZ  
& Roland CAGNASSO**

**Page 129**

Hétérogénéité des réceptions, matrice formelle, pratiquant (pratique musicale), socio-musicologie, sociologie de la réception.

Heterogeneous reception, formal matrix, practising (musical practice), socio-musicology, sociology of reception.

**MUSIQUES CONTEMPORAINES ET INFORMATIQUE :  
UNE APPROCHE CULTURELLE ET POLITIQUE DE LA QUESTION**

**Anne VEITL**

**Page 147**

Musiques contemporaines, structures, synthèse du son, politique, culturel, représentation.

Contemporary musics, structures, sound synthesis, political, cultural, representation.

**DEUXIEME PARTIE :** **Page 155**  
**REPRÉSENTATION - ANALYSE - CRÉATION**

**FORMALIZATION OF THE SOUND GENERATION PROCESS —  
STRUCTURES AND METAPHORS**

**Gianpaolo BORIN, Giovanni DE POLI  
& Augusto SARTI** **Page 157**  
Métaphore de modèle, synthèse du son, classe de timbre, niveaux d'abstraction, modèles  
concrets.  
Model metaphor, sound synthesis, timbre class, abstraction levels, physical models.

**TALMARK NOTATION FOR ELECTROACOUSTIC AND COMPUTER  
MUSIC**

**Josef TAL, Shlomo MARKEL  
& Uri SHIMONY** **Page 169**  
Notation musicale, interaction homme-machine, outils de composition.  
Music notation, human-machine interaction, composition tools.

**FORMALISATION DES ÉCHELLES DE HAUTEURS EN ANALYSE ET  
EN COMPOSITION**

**André RIOTTE** **Page 173**  
Analyse musicale assistée par ordinateur, composition musicale assistée par ordinateur,  
informatique musicale, formalisation.  
Computer-assisted musical analysis, computer-assisted musical composition, formalization.

**UN MODELE INFORMATIQUE DU 3EME REGARD SUR L'ENFANT-  
JÉSUS D'OLIVIER MESSIAEN**

**Marcel MESNAGE & André RIOTTE** **Page 187**  
Modèle de partition, analyse musicale assistée par ordinateur, analyse formalisée, méta-modèle  
d'analyse musicale, Messiaen, Bach.  
Score model, computer-assisted musical analysis, formalized analysis, meta-model of musical  
analysis, Messiaen, Bach.

**LANGAGES MUSICAUX ET AUTOMATES — LA RATIONALITÉ DU  
LANGAGE SÉRIEL**

**Marc CHEMILLIER** **Page 211**  
Langages formels, automates, sérialisme.  
Formal languages, automats, serialism.

## REPRÉSENTATION ÉVOLUTIVE POUR L'AIDE À LA COMPOSITION

**Francis COURTOT**

**Page 229**

Connaissances musicales, contraintes, composition assistée, types abstraits, transformations de type, apprentissage automatique.

Musical knowledges, constraints, assisted composition, abstract types, type transformations, automatic learning.

## A COMPUTATIONAL PARADIGM FOR EXPLORING CREATIVE MUSICAL THOUGHT

**Eli BLEVIS, Michel FERET  
& Michael JENKINS**

**Page 249**

Composition et analyse musicale, logiques de la musique, raisonnement à base de cas, représentation de la connaissance, sens des logiques.

Music composition and analysis, music logics, case-based reasoning, knowledge representation, meanings of logics.

## A MUSIC KNOWLEDGE REPRESENTATION SYSTEM COMBINING SYMBOLIC AND ANALOGIC APPROACHES

**Antonio CAMURRI, Marcello FRIXIONE  
& Renato ZACCARIA**

**Page 271**

Représentation d'action, réseaux sémantiques, systèmes-experts, outils de composition.

Action representation, semantic networks, expert systems, compositional tools.

## UN LANGAGE DÉCLARATIF POUR LA COMPOSITION MUSICALE

**Myriam DESAINTE-CATHERINE**

**Page 281**

Génération de musique, résolution de problème, spécification d'instantiation automatique d'objets, spécification musicale.

Music generation, problem resolution, specification for automatic instantiation of objects, musical specification.

## LE TRAVAIL SUR LA FIGURE - MIDILOG, UN PROJET D'ASSISTANCE À LA COMPOSITION MUSICALE CONTEMPORAINE

**Franco DEGRASSI**

**Page 291**

Figure, indice, représentation de la connaissance, Prolog, méthodologie orientée objet.

Figure, sign, representation of knowledge, Prolog, object oriented methodology.

**UNE REPRÉSENTATION DE STRUCTURES TEMPORELLES PAR  
SYNCHRONISATION DE PIVOTS**

**Marco STROPPA et Jacques DUTHEN**

**Page 305**

Représentation du temps, synchronisation, aide à la composition.

Representation of time, synchronisation, help to composition.

**LEARNING PERFORMANCE RULES IN MUSIC INTERPRETATION  
SYSTEM**

**Haruhiro KATAYOSE & Seiji INOKUCHI**

**Page 323**

Représentation de la musique, acquisition de la connaissance, interprétation musicale.

Representation of music, knowledge acquisition, music performance.

**GTSIM A COMPUTER SIMULATION OF MUSIC PERCEPTION**

**Jacqueline A. JONES, Don L. SCARBOROUGH  
& Benjamin O. MILLER**

**Page 339**

Simulation informatique, Lerdahl & Jackendoff, modèle à réseau, perception du rythme, hiérarchie, modèle à base de règles.

Computer simulation, Lerdahl & Jackendoff, network model, rhythm perception, hierarchy, rule-based model.

**AUTOMATIC ANALYSIS OF MELODY:  
A COMPUTER IMPLEMENTATION**

**Kalev TIITS**

**Page 347**

Automates, grammaires formelles, théorie de l'information, réseaux de références croisées, segmentation de la musique.

Automata, formal grammars, theory of information, cross-reference networks, music segmentation.

**ANNEXES**

**Page 355**

# Une représentation de structures temporelles par synchronisation de pivots

Marco STROPPIA et Jacques DUTHEN <sup>1</sup>

## Mots-clés :

Représentation du temps, synchronisation, aide à la composition.

Qu'il s'agisse d'œuvres informatiques, électro-acoustiques, mixtes ou purement instrumentales, les compositeurs contemporains souhaitent décrire, visualiser, écouter, modifier et contrôler des structures musicales qui reflètent leur manière de penser la musique.

Cependant, du point de vue du temps, la pratique compositionnelle contemporaine n'a pas encore été associée à un effort de formalisation comparable à celui qui a affecté d'autres dimensions, notamment la hauteur. Ce n'est donc pas surprenant si les environnements informatiques d'aide à la composition n'ont pas intégré un contrôle fin du temps dans leurs interfaces utilisateurs. En effet, la plupart des programmes du commerce (séquenceurs, éditeurs piano-roll ou de notation traditionnelle, comme Performer, Professional Composer, Midipaint, Mastertracks, Opcode sequencer, Finale, etc.) offrent des possibilités de structuration très limitées. Par exemple, un séquenceur permet de placer en séquence des objets ayant une durée: l'instant de démarrage de  $n+1$ -<sup>ème</sup> objet est la somme de l'instant de démarrage du  $n$ -<sup>ème</sup> et de sa durée.

Généralement, on peut ainsi décrire un certain nombre de séquences. Mais leur organisation est souvent limitée au démarrage simultané ou à un positionnement absolu dans le temps. Par exemple, si l'objet temporel "A" (son, séquence, etc.) commence au temps 3.14 sec et si l'on souhaite que "B" commence 0.25 sec après A", ce serait une "erreur" que de décréter que "B" commence au temps 3.39 sec, car si l'on remet en cause le temps de démarrage de "A", celui de "B" ne sera plus conforme au souhait initial. En conséquence, la bonne solution est de vraiment faire commencer "B" 0.25 sec après le début de "A", c'est-à-dire d'introduire la structure nécessaire pour décrire la positionnement de "B" non pas de manière absolue, mais "relativement à A".

Une approche originale de description de structures temporelles plus élaborées est celle de la **synchronisation par pivots temporels**.

Cette approche a été d'abord utilisée manuellement par Marco Stroppa en 1984-85 lors du mixage informatique de la bande de *Contrasti*, troisième mouvement de *Traiettoria*, œuvre

---

<sup>1</sup>IRCAM, 31 rue Saint-Merri F-75004 PARIS . Tél: (33-1) 42.77.12.33 (poste 48.33 ou 48.15)  
E-mail: UUCP: {marco, duthen}@ircam.fr . Fax: (33-1) 42.77.29.47.

pour piano et bande réalisée par ordinateur, puis formalisée en 1988 avec l'aide de Jacques Duthen. Son potentiel spéculatif abstrait a été ensuite employé dans l'articulation formelle et dans l'orchestration d'*élet ... fogytiglan* (1989), œuvre en sept mouvements pour ensemble instrumental éclaté dans l'espace. Enfin, l'ensemble de ces diverses potentialités a été exploité lors de la composition de *Proemio* (1990), opéra radiophonique pour récitants et bande réalisée par ordinateur.

La synchronisation par pivots temporels se constitue de trois phases hiérarchiquement liées entre elles.

Le compositeur fabrique d'abord les objets musicaux qu'il considère comme primitifs: note ou groupe de notes midi, patch de synthèse, fichier de sons provenant d'un échantillonnage, d'un traitement, d'un processus automatique, matériaux instrumentaux déployant une évolution temporelle, etc. On constate, lors de l'examen du déroulement temporel d'un quelconque objet, que celui-ci présente des points structurellement ou perceptuellement plus pertinents que d'autres (par exemple, l'attaque d'une note percussive, divers accents, un point culminant d'une figure ou d'un crescendo, une hauteur précise, les points d'articulation d'un motif rythmique ou mélodique, etc.).

Le compositeur représente chacun de ces points par ce que nous appelons un **pivot temporel**. Les pivots ont, par définition, une **identité temporelle** - dans leur contexte local - qui est fondamentale, mais ils peuvent également avoir d'autres attributs, comme un **poids**, représentant la précision de leur positionnement temporel (qui n'est évidemment pas la même dans le cas de l'attaque d'un son percussif et dans le cas le cas d'un léger crescendo suivi d'un léger diminuendo), un **nom**, ou tout autre attribut plus ou moins subjectif défini par le compositeur. A tout objet simple ou complexe, va donc être ainsi associée une collection de pivots temporels qui représente schématiquement le squelette de l'objet.

Nous appelons cette collection une **image temporelle**. A son tour, chaque image peut être soit **réelle**, soit **virtuelle**. Elle est réelle quand elle est liée à un matériau sonore quelconque, dont elle synthétise le profil temporel. Elle est virtuelle quand cette liaison n'existe pas. Dans ce dernier cas elle sert de "principe d'articulation formelle", en fournissant des points de synchronisation potentiels utilisables par d'autres images réelles (voir les figures 3 et 5 plus loin).

Une image temporelle réelle peut donc représenter aussi bien des objets sonores manipulés lors d'une séance informatique, que des matériaux musicaux plus traditionnels, destinés à des œuvres instrumentales. A titre d'exemple, la figure 1 présente une description par pivots temporels d'un court échantillon sonore (un pizzicato de contrebasse, joué dans une dynamique douce et précédé par un léger glissement du doigt de la main droite sur la même corde). A l'inverse, dans la figure 2, c'est un des matériaux extrait du cinquième mouvement d'*élet ... fogytiglan* qui a été conçu dès le départ en fonction d'une représentation par pivots. La figure 3, enfin, montre l'image temporelle globale du premier mouvement d'*élet ... fogytiglan*, constituée de trois images virtuelles superposées.

C'est cette représentation schématique qui va être ensuite utilisée pour la construction de structures temporelles plus sophistiquées par répétition, séquençement, superposition (mixage), etc. avec synchronisation de pivots temporels.

L'opération de synchronisation se compose de deux parties, que nous appelons **ancrage** et **synchronisation** proprement dite.

Pendant l'ancrage, un objet décrit par une collection de pivots arbitrairement complexe est "réduit" à un seul point par le choix d'un de ses pivots (ou, éventuellement, de tout autre appui temporel) (figure 4). Ce point singulier représente donc l'objet entier, considéré du point de vue du **flux temporel de référence** (par exemple, le temps métronomique d'une section d'une pièce). L'opération d'ancrage permet ainsi de dissocier le profil temporel interne d'un objet donné du contexte temporel externe dans lequel ce même objet s'inscrit. Cette dissociation, qui n'exclut pas la possibilité d'interactions plus ou moins étroites entre ces deux dimensions du temps, se révèle très pratique lors de la gestion d'objets temporels complexes, notamment dans le contrôle de la synthèse du son par ordinateur.

Le **point d'ancrage** de n'importe quelle image temporelle peut être ensuite synchronisé sur un pivot de n'importe quelle autre image, réelle ou virtuelle.

La figure 5 montre la synchronisation de trois matériaux instrumentaux, préalablement ancrés, aux pivots de l'image virtuelle qui préside à l'articulation temporelle du cinquième mouvement d'*élet ... fogytiglan*. La réalisation instrumentale complète se trouve dans la figure 6.

A chaque nouvelle structure ainsi créée, le compositeur devra (avec l'aide éventuelle d'un programme plus ou moins automatique) associer une nouvelle collection de pivots temporels qui lui semblera le mieux représenter le squelette de cette structure.

Nous appelons cette opération la **remontée des pivots** car, en général, le compositeur sélectionne parmi les pivots des éléments de la structure ceux qui lui paraissent être les plus pertinents, en tenant compte (souvent de manière empirique) des divers paramètres (positionnement temporel, poids, traitement, balance dynamique et/ou spectrale, etc.) qui produisent des effets de masquage, fusion, disparition ou émergence de pivots temporels. La structure qui supporte la synchronisation de plusieurs objets doit être suffisamment souple (c'est-à-dire dynamique et formellement bien décrite) pour "supporter" leur modification, ou celle de parties de ceux-ci.

Soit, par exemple (figure 7A), un objet avec 4 pivots "ABCD" (définis par la séquence de durées "AB", "BC" et "CD") et un objet avec 3 pivots "XYZ". Pour synchroniser le pivot "Y" sur "C", les objets "ABCD" et "XYZ" (après ancrage de "XYZ" par le pivot "Y") vont être rassemblés dans un groupe qui est abstrait en nouvelle structure à laquelle on va associer, par exemple, une nouvelle collection de pivots "IJKL", "K" étant défini comme "le point de synchronisation de C et Y", "J" comme "le pivot B de ABCD", "L" comme "la fusion de D et Z", "I" comme "le premier pivot de ABCD et XYZ" (figure 7B). Cette structure définit aussi les positions relatives des pivots entre eux, mais une modification de la durée "BC", par exemple, modifiera automatiquement le positionnement relatif de "A" par rapport à "X", entraînant une redéfinition de "I".

Le compositeur crée ainsi des micro-gestes, puis des structures plus élaborées (notes, phrases, figures, motifs, etc.), jusqu'à des structures éventuellement beaucoup plus importantes, comme des sections d'une pièce, voire jusqu'à la pièce entière, comme dans dans chaque mouvement d'*élet ... fogytiglan*.

Lors d'une œuvre utilisant des matériaux synthétiques complexes réalisés en temps différé avec un ordinateur, chaque objet, à tout niveau de la structure, et notamment au niveau des durées mises en jeu, peut être soit plutôt statique - c'est-à-dire défini hors-temps, mais toujours éditable, avec propagation des contraintes - soit franchement dynamique, donc contrôlable en temps réel, avec tous les problèmes de cohérence (causalité) que cela implique.

La structure peut ainsi être plus ou moins compilée: si aucun élément n'est susceptible d'être modifié en temps réel, la pièce se réduit à une grande partition de mixage qui peut être calculée hors-temps (s'il n'y a pas de processeur assez rapide pour mixer quelques centaines de fichiers de sons et de patches de traitement de signal).

Sinon seules les parties constantes (à supposer qu'il y en ait) seront compilées ("compilé" signifie "remplacé par sa valeur calculée hors-temps", si elle est constante). On obtient alors une partition de mixage dynamique, interprétée par un séquenceur en liaison avec un système de type "direct to disk" et d'un processeur de signal. Dans cette partition certains paramètres resteront sous contrôle d'interventions en temps-réel: temps de démarrage, durées (comme au cas du suivi de tempo avec appogiatures "rigides", c'est-à-dire non reliées au tempo), coefficients de mixage, paramètres de traitement numérique et éventuellement structures modifiées ou même calculées dynamiquement, etc.

L'interface utilisateur devra offrir en même temps :

- une représentation entièrement graphique, comprenant un outil pour définir des collections de pivots, plusieurs méthodes pour afficher différents composants de l'objet en question - signal, enveloppe d'amplitude, spectre, notation traditionnelle, etc. - et un outil pour ancrer et structurer des collections temporelles entre elles ;

- une connexion intuitive et efficace avec une couche d'un langage de programmation qui est nécessaire quand on veut exprimer des relations entre objets assez sophistiquées et, en général, non exprimables graphiquement ;

- une liaison avec une base de données pour y stocker les différents objets, images et structures nécessaires à la composition d'une section donnée.

Nous espérons ainsi mieux comprendre certains mécanismes utiles pour la structuration d'événements temporels discrets, permettant, par exemple, de différencier efficacement (à l'aide de structures appropriées) une figure de contour (appogiature, arpège, etc.), "incrustée" sur une pulsation temporelle donnée, d'une figure appartenant à part entière à la pulsation.

On pourra alors d'un côté imaginer des techniques de structuration du temps différentes de celles utilisées aujourd'hui dans des œuvres instrumentales, d'un autre côté aboutir à la mise en place et au contrôle dynamique de structures temporelles. Ceci nous permettra de synchroniser en concert divers périphériques (patches de synthèse sur un processeur de traitement de signal, fichiers de sons résidents sur disque, avec ou sans traitements

ultérieurs, etc.) avec l'espoir de reléguer enfin la bande magnétique et sa légendaire rigidité temporelle au rang des outils de la préhistoire, et allier ainsi à la fois la puissance de synthèse et de traitement des outils en temps différé avec la souplesse temporelle indispensable dans le cas de pièces mixtes.

Fig. 1

*Représentation par pivots temporels d'un échantillon sonore de 0.63 sec. Le son est constitué d'un pizz. harmonique de contrebasse précédé par le glissement d'un doigt de la main droite sur la même corde sur laquelle le pizz. se produit.*

*Dans la figure 1A, chaque flèche correspond à un pivot. Dans cette représentation, la hauteur de la flèche est proportionnelle au poids du pivot, tandis que le nombre entre parenthèses indique le temps du pivot en secondes par rapport au début de l'échantillon. Quatre de ces pivots portent aussi un nom (entre guillemets). Ainsi "beg" et "end" indiquent respectivement le début et la fin perceptuelle du son, "attack" signale le point dynamiquement plus important (d'ou le poids maximum) et "sound" correspond au début du pizz. après le glissement du doigt. Dans l'encadrement est affiché le signal lui-même (une des multiples représentations possibles) sur la base de laquelle les pivots ont été placés. A noter la nette différence entre le signal bruité du glissement et le signal périodique du pizz.*

*En fig. 1B, seule la représentation schématique par pivots de l'échantillon sonore est conservée. C'est cette représentation qui est habituellement manipulée, le recours à l'affichage du signal ou de toute autre représentation physique ou symbolique du matériau n'étant qu'un agrandissement facultatif et pas toujours nécessaire.*

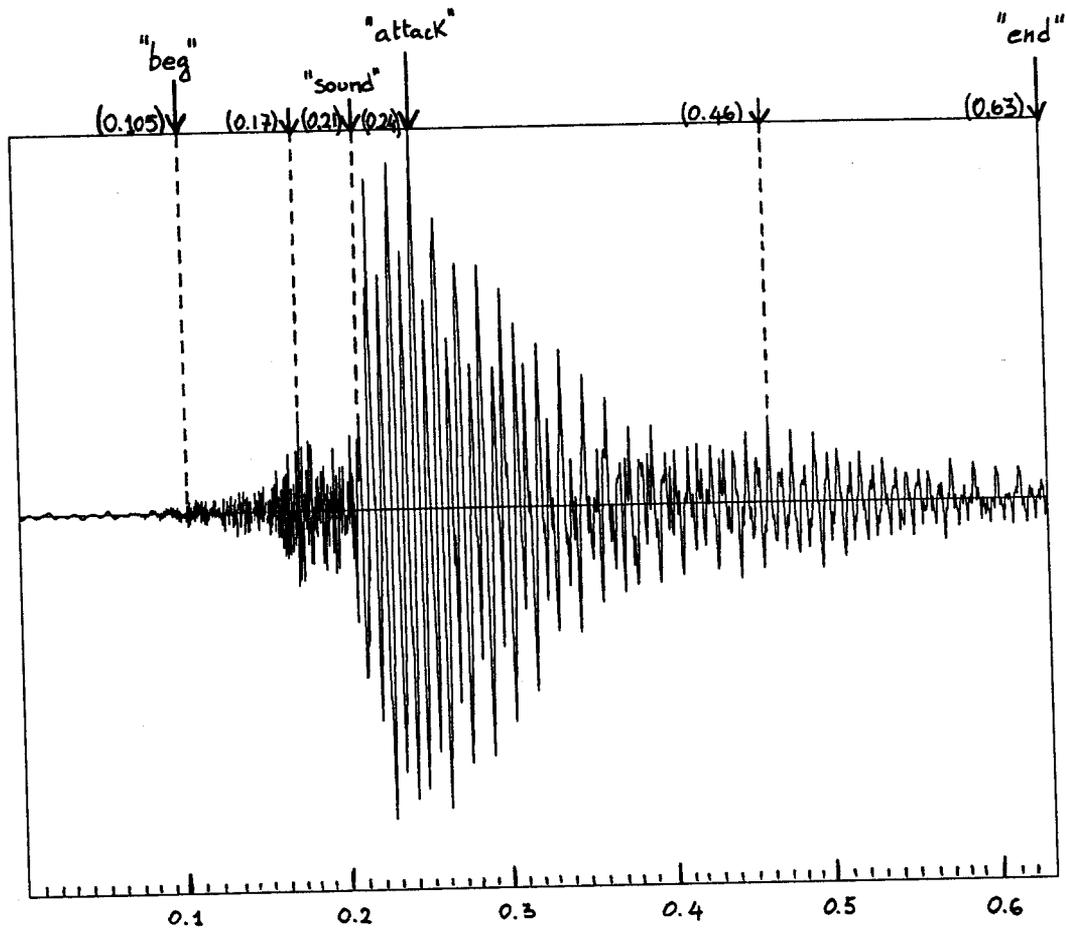


Figure 1A

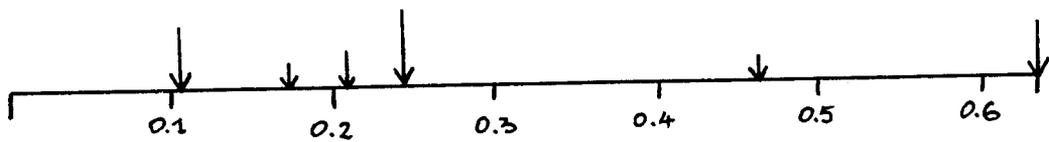


Figure 1B

Fig. 2

*Matériau pré-compositionnel extrait du Vème mouvement d'élet... fogytigan. Comme lors de la figure 1, les pivots sont représentés par des flèches en haut du cadre. Leur poids (entre parenthèses, normalisé entre 0 et 1) a été calculé empiriquement en prenant en compte les jeux des profils dynamiques ainsi que des figurations. L'encadrement affiche les paramètres pertinents du matériau dans un format symbolique. A noter que la durée de chaque pivot n'est pas exprimée dans cet état du matériau (plus loin - fig. 5, E3 - ce même matériau est affiché sans la dimension des hauteurs mais avec des durées symboliques pour chaque pivot).*

The image displays a musical score with six staves. Above the staves, a series of arrows points downwards to specific time points, each labeled with a numerical value in parentheses: (0.6), (0.8), (1), (0.1), (0.6), (0.2), (0.01), and (0.5). The score itself consists of six staves of music. The first staff shows a melodic line with a slur and a dynamic marking of *f*. The second staff shows a chordal texture with a dynamic marking of *f*. The third staff shows a chordal texture with a dynamic marking of *ff*. The fourth staff shows a chordal texture with dynamic markings of *f* and *p*. The fifth staff shows a chordal texture with dynamic markings of *ppp* and *ff*. The sixth staff shows a chordal texture with dynamic markings of *pp*, *mf*, and *pp*. The score is annotated with various musical symbols, including slurs, accents, and dynamic markings. A series of horizontal lines and vertical dashed lines connect the pivot points to specific musical events across the staves, illustrating the synchronization of temporal structures.

Fig. 3

*Image temporelle du 1er mouvement d'élet... fogytiglan. Cette image est constituée de "62 unités temporelles". A chaque unité est associée un "champ temporel" constitué par une "durée de l'impulsion de base" (de la double croche à 5 doubles croches en passant par des valeurs en triolet) et par un "nombre d'impulsions" (de 1, sous-entendu, à 7).*

*Les trois images temporelles virtuelles alpha, bêta et gamma, se greffent sur les unités temporelles. Quelques uns des pivots ont un nom codé entre guillemets. Ces pivots servent de points d'accrochage potentiels aux différents matériaux qui constituent le mouvement, mais eux-mêmes ne sont pas accrochés à un matériau défini.*

*Le déploiement du champ temporel de chaque unité donne ce que nous appelons le "flux temporel de référence".*

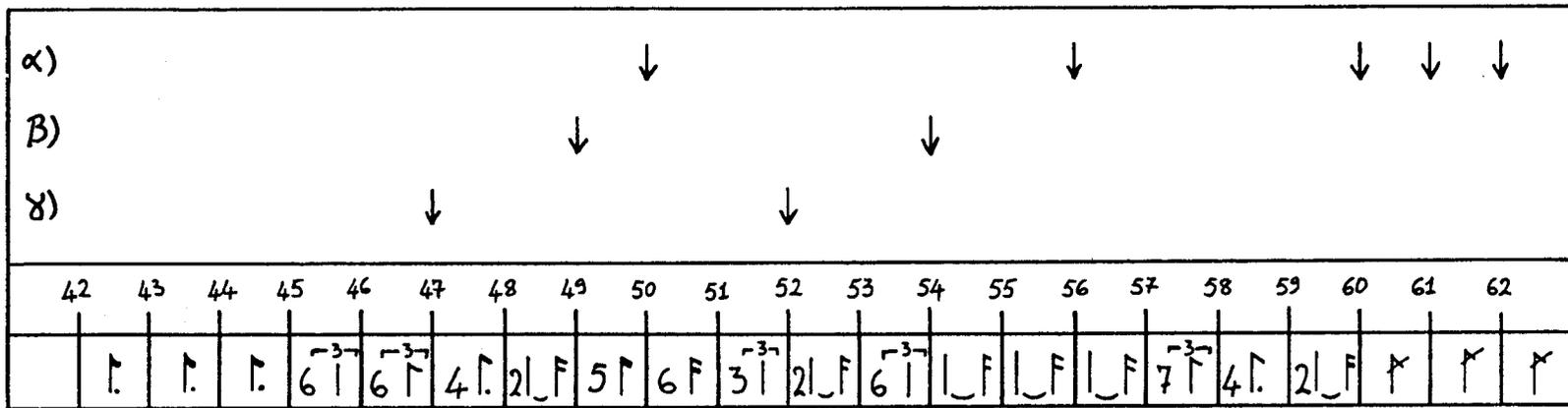
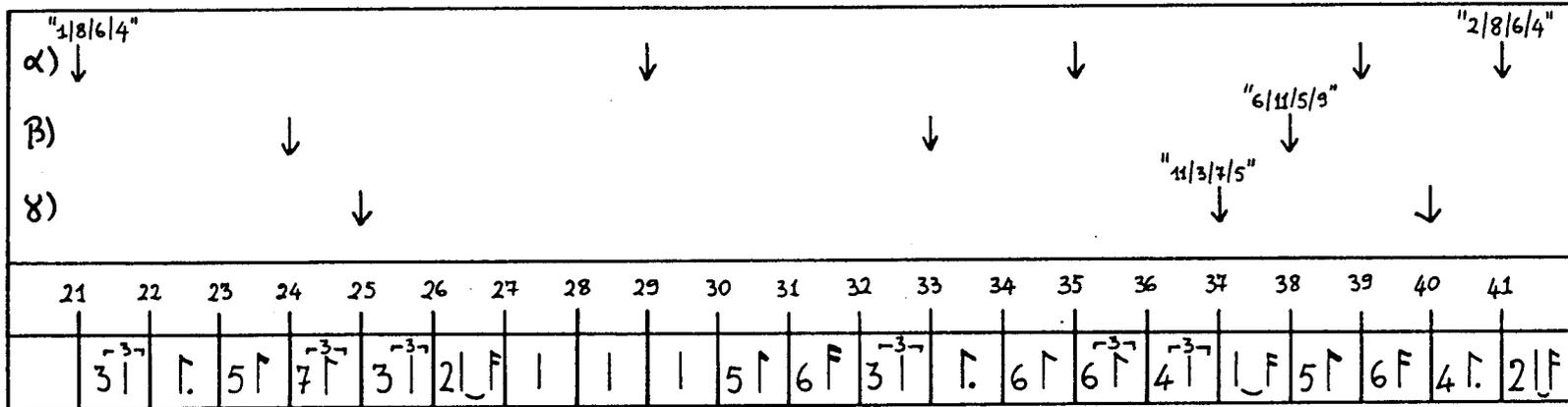
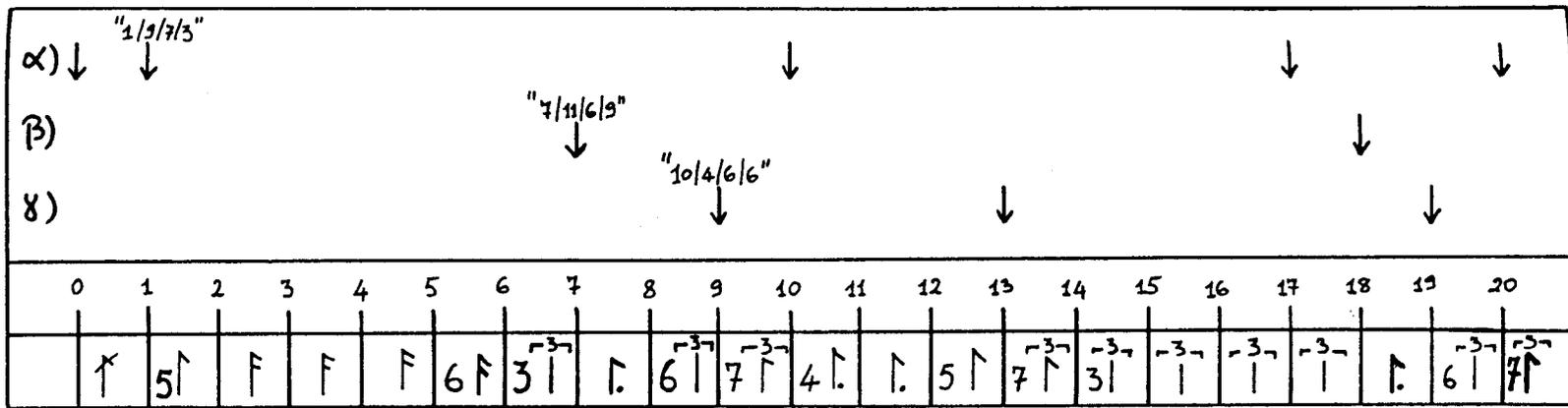


Figure 3

Fig. 4

*Ancrage d'une image temporelle. L'image d'origine (fig. 4A) est ancrée en fig. 4B sur le pivot B, en fig. 4C sur le point médian (qui n'est pas accroché à un pivot).*

*Seul le point d'ancrage (flèche avec le triangle noir dirigé vers le haut) représentera ensuite cette image dans le contexte du flux temporel de référence. A noter que les fig. 4B et 4C sont deux perspectives différentes et indépendantes de la même image temporelle de départ.*

*Les figures 4D et 4E montrent deux représentations schématiques des figures 4B et 4C (utilisées dans la fig. 7).*



Figure 4A

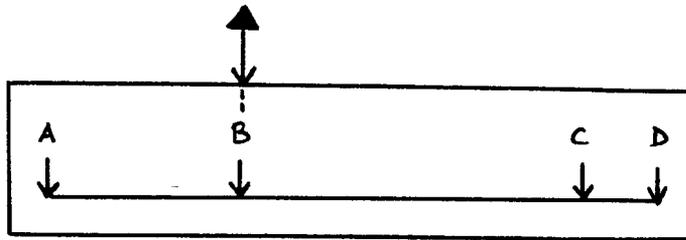


Figure 4B

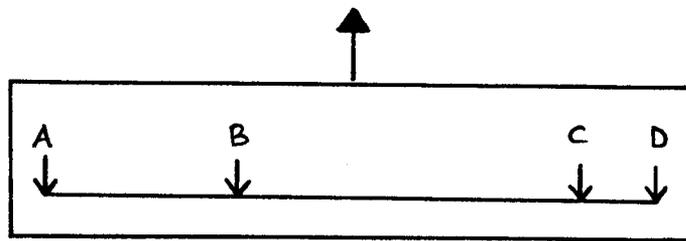


Figure 4C



Figure 4D



Figure 4E

Fig. 5

*Synchronisation de trois matériaux instrumentaux complexes (E1, E2 et E3) aux pivots de l'image virtuelle du Vème mouvement d'élet... fogytiglan (mesures 64 à 70).*

*L'interprétation de l'image virtuelle est donnée dans la figure 3. A noter que dans ce mouvement, le "champ temporel" de chaque pivot peut être aussi ultérieurement divisé en un ensemble de champs différents. Le matériau E3 correspond à celui analysé dans la fig. 2, mais il prend une dimension rythmique plus précise en s'incrutant dans le champ temporel du pivot auquel il est synchronisé. Le matériau E1 est une structure formée de deux images temporelles synchronisées entre elles (voir fig. 7).*

*Le flux temporel de référence est en outre soumis à des variations continues de vitesse (accelerando, rallentando) qui lui donnent un profil ondulé.*

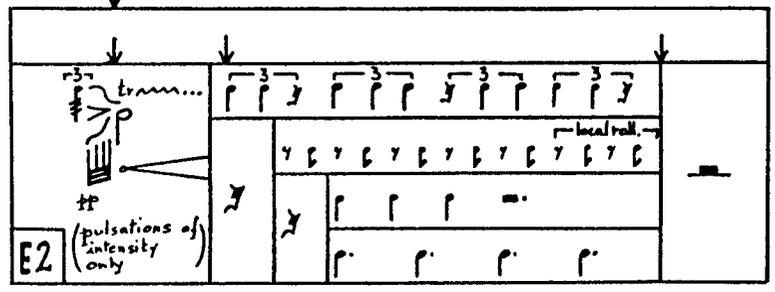
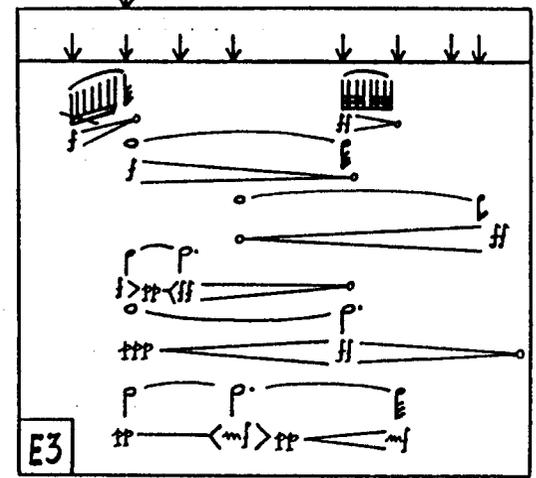
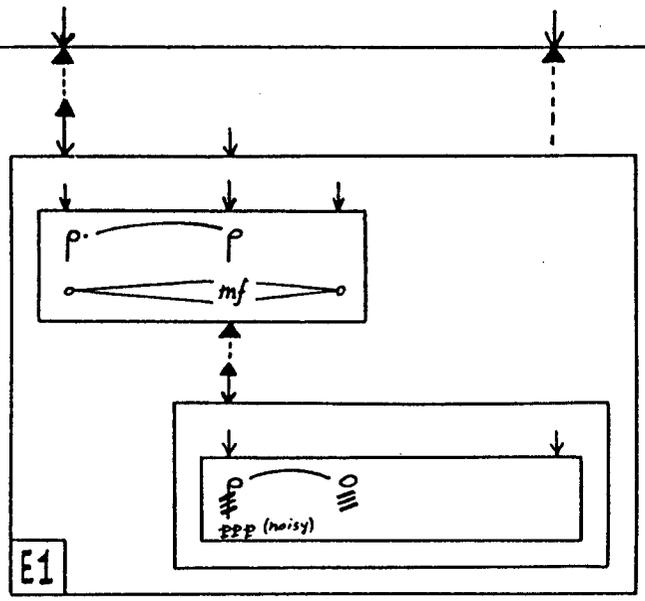
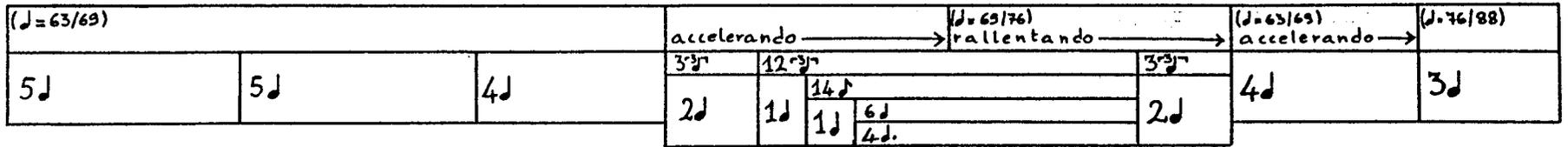


Fig. 6

*Réalisation finale de l'exemple présenté dans la fig. 5. Par rapport à la synchronisation des matériaux bruts de la fig. 5, cette réalisation introduit nombre d'autres dimensions : un ensemble de modes de jeu très étendu et très sophistiqué, un travail extrêmement pointu sur les dynamiques (voir par exemple l'emploi de différentes dynamiques simultanées dans les pulsations du matériau E2), et une réécriture de certaines figures (comme celle qui est accrochée au premier pivot de E3) pour des raisons locales de meilleur rendement sonore.*

*La fonction de ces dimensions ajoutées est de donner plus de "grain" et plus de "corps" à l'articulation temporelle des matériaux originaux.*

*Cet enchaînement se superpose à une "pédale" de MI-SOL (violoncelle et contrebasse) créant une couche continue — légèrement ondulée par les jeux de dynamique — sur laquelle s'accrochent les matériaux harmoniques.*



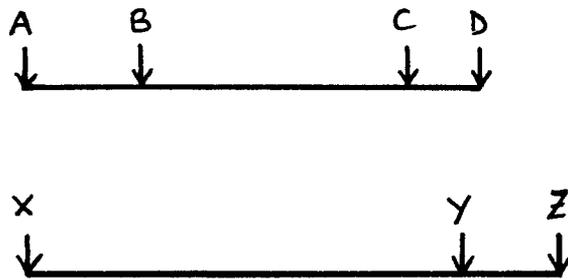


Figure 7A

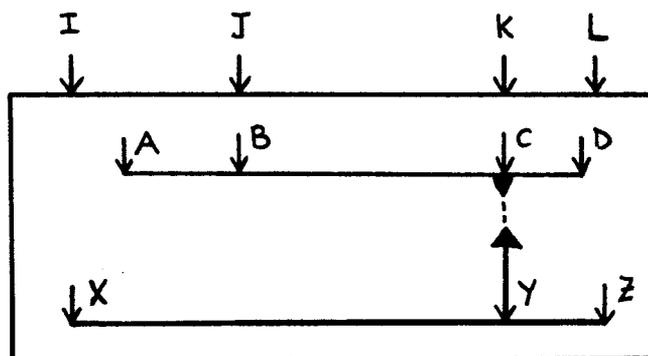


Figure 7B

Fig. 7

*Synchronisation et Remontée des Pivots de deux images temporelles.*