Les Nouveaux Gestes de la Musique
Rapport Interne

Marcelo M. Wanderley
IRCAM - Groupe Analyse/Synthèse

Avril/97

Table des matières

Résumé

Ce rapport est constitué d'une première partie contenant les résumés des présentations du Colloque International «Les Nouveaux Gestes de la Musique», qui s'est tenu à Marseille, et d'une deuxième partie contenant des commentaires sur quelques unes des présentations du congrès et aussi des réflexions développées sur le sujet.

L'objectif principal de ce texte est de diffuser les idées présentées dans le colloque ainsi que de participer à la discussion sur le sujet, dans le cadre du «groupe de discussion à propos du geste musicale».

Première partie

Colloque «Les Nouveaux Gestes de la Musique»

Résumés des Présentations:

Le Colloque «Les Nouveaux Gestes de la Musique» a eu lieu les 4 et 5 Avril 1997. Il a été organisé par le GMEM - Centre National de Création Musicale et s'est déroulé à Interfaces, 61, la Canebière, Marseille.

Plusieurs chercheurs, musicologues et compositeurs se sont rencontrés pendant deux jours autour du thème des nouvelles interfaces gestuelles développées pour une utilisation musicale, mais aussi autour de l'histoire de l'interaction homme-machine (en musique), et d'une réflexion théorique à propos des gestes instrumentaux, des nouveaux instruments musicaux, etc.

Dans cette première partie, je présente la transcription des résumés des présentations qui ont eu lieu dans le cadre de ce colloque. *Quelques uns de ces résumés sont repérés par une **. Cela signifie qu'une version complète de l'article est déjà disponible (contactez-moi si vous vous y êtes intéressés). L'ensemble des articles sera, selon M. Raphaël de VIVO, président du GMEM, publié sous forme d'un livre, qui sortira au deuxième semestre de 1997.

La deuxième partie de ce rapport contient commentaires et réflexions personnelles sur ce thème.

Présentateur: Jean-Claude RISSET *I.M. - L.M.A. - C.N.R.S. - Marseille*

Sujet: Quelques points de repère historiques sur l'évolution des instruments du XX^{e} siècle. *

Résumé: Cette présentation - partielle et partiale - énumère, avec des références, nombre de points de repère historiques significatifs en ce qui concerne le geste musical. Ici la notion de geste n'est pas limitée au seul «temps réel»: on cite des exemples dans lesquels une forme a été imprimée hors temps réel sur des sons ou des ensembles de sons par des procédés inhabituels. On prête aussi attention à l'enregistrement et à la télé-transmission du geste. Le texte s'appuie sur de nombreuses références.

Présentateur: Martin LALIBERTÉ

Sujet: Archétypes et paradoxes des nouveaux instruments de musique. *

Résumé: «De nouveaux instruments?! Pourquoi faire?...» N'en déplaise aux amateurs des instruments «nobles» de l'orchestre symphonique, notre siècle a connu une créativité instrumentale absolument passionnante, dont le foisonnement a laissé perplexe plus d'un observateur. Quatre-vingt dix ans après la lampe triode, soixante-dix ans après les ondes Martenot, soixante ans après la guitare électrique ou l'orgue Hammond, près de cinquante ans après les studios électroacoustiques, quarante ans tout juste après les premiers essais d'informatique musicale, plus de trente ans après les synthétiseurs modulaires de Buchla ou Moog ou la guitare de Jimi Hendrix, pour ne s'attarder qu'aux nouveaux instruments les plus connus, nous sommes encore incertains du statut à leur conférer. Des instruments de musique, ces «bidules» électriques insolites?! De la musique, ces sons étranges issus de problématiques haut-parleurs?... Les nouveaux instruments, électromagnétiques, électroniques ou informatiques, sont pourtant les enfants désirés des différentes mutations esthétiques et technologiques du siècle; ils étaient espérés et attendus mais ils se sont montrés toujours surprenants, souvent capricieux et parfois presque ingrats. Cet exposé s'intéresse aux constantes sous ces formes instrumentales très contrastées, ou d'autres plus récentes, et se penche sur les causes essentielles du développement organologique le plus significatif de notre siècle. Il sera illustré en direct par des exemples sonores composés pour l'occasion, mettant en situation un petit dispositif interactif de poche pour voix et ordinateur.

Présentateur: Philippe DEPALLE *IRCAM - Groupe Analyse/Synthèse*

Sujet: Vers une prise en compte du geste instrumental dans le contrôle de la synthèse

Résumé: Les recherches que nous avons effectuées sur les dispositifs d'analyse/synthèse des sons nous permettent désormais de modéliser puis de reproduire des signaux sonores perceptivement identiques aux signaux réels. Les paramètres de contrôle des synthétiseurs, issus de l'analyse de signaux naturels, comportent une information relative à la nature de l'instrument qui les a produits mais aussi sur le geste de l'instrumentiste qui a joué de cet instrument. Dans cette conférence, nous présentons nos travaux de recherche sur l'extraction de cette information gestuelle ainsi que sur les stratégies de modélisation que nous mettons en oeuvre.

Présentateurs: Philippe GUILLEMAIN, Thierry VOINIER et Richard KRONLAND-MARTINET *I.M. - L.M.A. - C.N.R.S. - Marseille*

Sujet: Démonstration de la baguette radio de Max Mathews et de transformations sonores en temps réel.

Résumé: La baguette-radio (en anglais radio-baton, le mot baton désignant la baguette de chef d'orchestre) est un dispositif capteur de gestes programmable conçu et construit par Max Mathews. Il comporte deux baguettes semblables à des baguettes de percussion, et une surface rectangulaire. On se sert des baguettes au dessus de la surface: on peut taper sur la surface (la première version s'appelait tambour-radio, radio-drum), mais on peut aussi se contenter de déplacer les baguettes. En fait, chaque baguette contient un émetteur radio, et le dispositif contient plusieurs récepteurs radio placés sous la surface. A partir de la mesure de l'intensité reçue par chaque récepteur, un programme d'ordinateur peut à chaque instant calculer la position de l'extrémité de chaque baguette. Le geste qui déplace les extrémités est donc capté par le dispositif. Les informations qu'il fournit peuvent être utilisées pour des commandes musicales.

Présentatrice: Sølvi YSTAD *I.M. - L.M.A. - C.N.R.S. - Marseille*

Sujet: De la facture informatique au jeu instrumental. *

Résumé: Dans le but de développer des interfaces permettant aux musiciens de retrouver les possibilités de jeu instrumental tout en bénéficiant des apports de la facture informatique, nous décrirons différentes méthodes de génération de signaux, afin de mettre en évidence les paramètres qui les gouvernent. Nous présenterons à titre d'exemple un interface en cours de réalisation dont le but est de piloter un instrument numérique de synthèse de sons de type flûte par des modèles de synthèse par «guide d'onde».

Présentateurs: Philippe MOËNNE-LOCCOZ, Bernard DONZEL-GARGAND et Olivier TOULEMONDE *Collectif et Cie, Annecy*

Sujet: Présentation des systèmes IRISIS (analyse en temps réel des mouvements d'une image vidéo pour leur traduction en informations MIDI) et SAMI. *

Résumé: Avec l'avènement des nouveaux outils de synthèse et d'échantillonage, les compositeurs travaillant dans le domaine de la musique électroacoustique ont vite été confrontés à la nécessité de trouver d'autres types de commandes d'accès que les traditionnels claviers des synthétiseurs. C'est pour répondre à leurs attentes que le studio Collectif & Cie poursuit depuis plusieurs années un programme de recherche appliqué aux lutheries informatiques. A l'heure actuelle, plusieurs outils ont été crées ou sont en cours de développement, trois d'entre eux sont régulièrement utilisés pour l'interprétation en concert d'oeuvres contemporaines, pour la composition de musiques électroacoustiques ou pour diverses actions pédagogiques ; ce sont les systèmes SAMI, IRISIS et PHONIC.

Présentateur: Claude CADOZ *ACROE - Grenoble*

Sujet: Geste instrumental, modèle physique, manipuler, toucher et composer les sons.

Résumé non disponible[1].

1. Voir la deuxième partie de ce rapport où je résume quelques points de sa classification du geste instrumental.

Présentateur: David WESSEL *CNMAT - Berkeley - CA*

Sujet: Le contrôle du son en temps réel, grâce au programme CAST sur SGI piloté par MAX.

Topics:

- Methods of musical and sound analysis for the purpose of expressive control.
- Neural-network and related techniques for the control of non-linear systems. Low to high dimensional mapping techniques.
- Control of musical material without a physical precedent, especially the live performance gestural control of compositional algorithms that can generate larger scale musical structures.
- Putting sensors on the player rather than in the controller: the poor man's way to obtain control signals from the interaction of a gesture and the physical characteristics of material played upon.
- OpenSynthControl - CNMAT's proposal for a synthesis control protocol. OpenSynthControl now runs using UDP on ethernet. It's implemmentation on Firewire and USB should prove straightforward.
- Demonstration using CAST on SGI with MAX (Macintosh) generating OpenSynthControl from a player borne sensor system.

Présentateur: Charles BESNAINOU *L.A.M. - Université Paris VI*

Sujet: Changer la voix des instruments de musique par stimulation modale, une voie vers les réalitées augmentées. *

Résumé: Classiquement, la synthèse sonore consiste d'une part, en un système ou algorithme de calcul qui génère un signal comportant les caractéristiques désirées et d'autre part en un ensemble de transducteurs, généralement des haut-parleurs, pour rayonner le son. Nous nous proposons de montrer qu'il est possible de créer des sons en modifiant les propriétés modales de structures mécaniques telles que des instruments de musique, tout en conservant la richesse perceptive propre à leur rayonnement. Le principe repose sur le contrôle actif des mouvements du corps résonnant: en captant des mouvements de la structure, puis en ré-injectant de l'énergie dans le système avec la bonne phase, la bonne amplitude et le bon spectre. L'intégration de capteurs et d'actuateurs au coeur de la structure en matériaux dits actifs permet, avec ce concept, de modifier les comportements modaux habituels de la structure. Nous avons pu ainsi manipuler sur une lame de xylophone indépendamment: l'amortissement, la fréquence et le spectre du son rayonné. Les sons ainsi produits conservent leur réalisme spatial doublé de propriétés inouïes. Nous avons généralisé ce principe à une anche

de tuyau d'orgue, à une membrane de tambour. Nous avons aussi appliqué ce concept au fonctionnement d'un instrument dans son entier: le violon.

Présentateur: Hugues GENEVOIS *Direction de la Musique et de la Danse*

Sujet: Contrôle gestuel et pensée musicale: de l'outil à l'instrument.

Résumé: La musique a longtemps vécu avec et par le geste. Entre geste et son, il existait une relation de causalité directe, l'instrument de musique pouvant être défini comme outil exprimant et réalisant cette connivence. Pourtant, depuis que nous savons produire de la musique sans qu'une action physique en soit le préalable énergétique, il est devenu nécessaire de redéfinir les termes de cette relation. Les univers musicaux qu'il nous est aujourd'hui donné d'entendre, de penser, de vivre... et d'aimer ont radicalement évolué au cours du dernier siècle. Comment s'étonner, dès lors, que les gestes et les instruments nouveaux qu'ils suscitent et épousent questionnent la société qui les voient naître? L'ordinateur dorénavant, nous autorise à réinventer les catégories traditionnelles de l'expression musicale. Augmenté de dispositifs permettant un contrôle gestuel précis du processus musical, il est en mesure d'acquérir le statut d'outil expressif, donc d'instrument de création. Sans toutefois viser une quelconque exhaustivité, nous tenterons, après avoir évoqué de façon plus générale les notions de geste et d'outil, d'ébaucher un panorama de ces nouveaux dispositifs gestuels, de leurs fonctionnement et des pratiques musicales auxquels ils sont liés.

Présentateur: Michel PASCAL

Sujet: Le studio instrumental. Les donnés d'une virtuosité à l'intérieur même du son. *

Résumé: Au Studio Instrumental nous travaillons à élaborer un vocabulaire de nouveaux gestes musicaux utilisant les nouvelles technologies, tout en restant dans la proximité de la technique de jeu des instruments déjà répertoriés. Grâce aux outils les plus récents de synthèse, d'échantillonnage et de traitement du son ou de l'information, nous pouvons explorer un nouveau type de virtuosité «à l'intérieur même des sons», élaborer de nouveaux critères d'interprétation musicale où l'activité du compositeur, de l'improvisateur et de l'instrumentiste se trouve plongée dans le flou d'une nouvelle zone limite de la création musicale.

Présentateur: Marc BATTIER *IRCAM*

Sujet: L'approche gestuelle dans l'histoire de la lutherie électronique. Étude de cas.

Résumé: Avec la production électronique du son, établie dès le début du XXe siècle, la causalité mécanique est remplacée par le seul jeu des forces électriques. La lutherie électronique ouvre au musicien un espace gestuel inédit. Depuis le theremin des années vingt, quelles ont été les grandes allées dégagées par l'imagination du luthier? Et avec la dématérialisation de l'instrument aujourd'hui, à quel effet répondra la gestique du musicien?

Présentateur: Michel WAISWISZ *STEIM Foundation - Amsterdam*

Sujet: The spirit of the digital djembé. The sound of recursive communication.

Topics:
- Does a Djembé still have a spirit when it has been digitised?
- Does the drum still talk when it's being beaten electrically?
- What is the sound of the ear drum?
- Why do many of us end up communicating communications about communication?
- Is that why old media are being reconstructed with new media?
- Was it just a coincidence that it was an artist who invented the Morse-system; where the act of beating the drum was replaced by hitting a key?
- To find the answers in a musical ritual I programmed my keys to trigger the sound of communication systems: talking drums, Morse-signals, smoke, voices, telex-hum, paper, airwaves. All these sounds, and more, I could hear when my father was turning the dials of his shortwave-receivers about fourthy years ago.

Présentateur: Jean HAURY

Sujet: L'histoire du geste au clavier.

Résumé: Le clavier, «interface gestuelle» mise au point dès l'antiquité grecque, propose un nouveau moyen de déclencher et de contrôler les sons. Contrairement aux autres instruments de musique qui sont pour la plupart portés par le musicien, le clavier est posé au sol. Il entretient alors avec l'instrumentiste un rapport particulier car il supporte les mains et reçoit les gestes du musicien. Au fil des siècles, la morphologie du clavier se modifie, des nouvelles mécaniques sont mises au point pour déclencher les sons. Ces changements ont des conséquences sur la participation corporelle du musicien. L'iconographie abondante que l'on trouve dans les traités instrumentaux, les méthodes d'enseignement et les brevets d'invention permet de mieux cerner l'évolution du geste au clavier, de l'orgue antique au piano.

Présentateur: Serge de LAUBIER

Sujet: Le méta-Instrument a-t'il un son? Émergence de lois ou de constantes dans le développement d'instruments virtuels. *

Résumé: Dans cet exposé, il sera question d'évoquer l'émergence de lois ou de constantes dans le développement d'instruments virtuels. S'appuyant sur un catalogue de plus de soixante instruments virtuels tant sonores que visuels, développés depuis 1989 sur le Méta-instrument, il s'agit de dégager les invariants de la programmation d'instruments pour trouver des points de repères dans ces 2e32 soit 549 755 813 888 possibilités numériques accessibles instantanément.

Deux Tables Rondes:

- *La séparation - avec les nouvelles interfaces gestuelles - du contrôle de la genèse des sons pose le problème de l'affectation de données gestuelles au contrôle de certains paramètres sonores:*
  - *quelles nouvelles corrélations geste-réponse sonores peut-on envisager?*
  - *quels sont les atouts et les limites des outils technologiques à notre disposition (capteurs électriques, norme MIDI, logiciel MAX, etc)?*
- *Les nouvelles interfaces gestuelles permettent la définition de nouveaux instruments ou «hyper-instruments»:*
  - *doit-on former des instrumentistes à ces nouveaux instruments?*
  - *comment constituer un répertoire pour ces nouveaux instruments?*
  - *en somme, quel avenir pour ces nouvelles interfaces?*

Deuxième partie

Commentaires

Introduction

Le Colloque a réuni des chercheurs des compositeurs, des musicologues et des interprètes autour du thème du *Geste Musical*.

Pour essayer de commenter le sujet, je voudrais d'abord le classer en quatre thèmes principaux[2]:

1. *Réflexions théoriques sur le geste musical et sur le geste instrumental.*
2. *Recherche en organologie (histoire de l'évolution des interfaces gestuelles, évolution et classification des instruments musicaux).*
3. *Rapports sur le développement d'outils fondés sur des capteurs et/ou logiciels pour l'acquisition et le traitement du geste - démonstration de quelques outils et de systèmes temps réel pour l'analyse et la synthèse de sons.*
4. *Recherche en acoustique et traitement de signaux appliquée à la musique.*

Ces quatre chapitres sont détaillés ensuite.

2. Certaines des idées présentées ici ne sont pas celles de l'auteur et sont, dans ce cas là référencées. D'autres sont le résultat de discussions avec plusieurs scientifiques et compositeurs et ces discussions seront aussi, bien sûr, référencées. Je voudrais ici remercier surtout à Philippe Depalle et Xavier Rodet (les directeurs de ma recherche à l'IRCAM), Nicholas Bailey (University of Leeds, UK), Claude Cadoz (ACROE - Grenoble), Tod Machover (Media Lab. - MIT), Shlomo Dubnov (Chercheur en Post-Doctorat, Groupe Analyse/Synthèse), Joshua Fineberg (Studio-en-ligne) et Joseph (Butch) Rovan (CNMAT/IRCAM).

Chapitre 1

Théorie :

Ce chapitre contient quelques repères théoriques sur la notion de geste instrumental proposés par Claude Cadoz dans plusieurs articles [1] [2] [3]. Ces repères sont regroupés ici dans le but de poser une base théorique afin de permettre une discussion sur les nouvelles interfaces gestuelles.

Nous commençons par une définition du geste musical [4] puis continuons par l'étude du geste instrumental, en essayant de répondre à quelques questions, telles les suivantes :

Comment faire l'acquisition de ce type de geste? Comment le segmenter en parties élémentaires pour l'analyser? Comment l'utiliser en synthèse des sons? Est-ce qu'on doit imaginer des gestes nouveaux ou plutôt utiliser des gestes déjà répertoriés (techniques de jeu d'instruments acoustiques)? Et comment faire tout cela en temps réel?

Pour répondre à ces questions, il faut une classification du geste instrumental dans toute sa complexité et qui, dans la mesure du possible, soit complète, pour pouvoir servir de base théorique initiale.

1.1 Définitions :

Je regroupe dans ce premier chapitre quelques définitions, d'abord sur le geste musical et puis sur le geste instrumental considéré comme étant un cas particulier du premier.

Ensuite, je commente la classification des gestes instrumentaux selon leur fonction, leur typologie, la façon de les segmenter en structures élémentaires (les gestes instrumentaux au clavier) et finalement je cite une description hiérarchisée des systèmes transducteurs gestuels.

L'ensemble de ces quatre classifications peut être utilisé pour l'analyse du projet de nouvelles interfaces gestuelles et aussi pour la définition des méthodes d'acquisition de gestes.

1.1.1 Quatre phases du *geste musical* :

Je veux ici commencer par présenter la classification du geste musical proposé par H. Genevois dans sa présentation à Marseille. Elle comprend quatre parties (ou phases):

1. *Composition ou Écriture*;
2. *Jeu Musical*;
3. *Diffusion*;
4. *Écoute*.

Cette classification englobe les phases de composition, d'exécution, de diffusion et de compréhension musicale.

Nous pouvons ici comparer la classification proposée par H. Genevois à la définition du *Geste Musical* proposée par E. Métois dans sa thèse de doctorat au MIT [4] [1].

Ainsi, je présente ci-dessous cette définition dans le but de préparer le terrain en vue de la discussion théorique sur le geste instrumental.

1.1.2 *Geste musical* :

Métois propose une définition générique qui considère le *geste musical* comme étant tout ce qui remplit l'espace entre les *intentions musicales* - cognition, psychologie, musicologie - et les *sons musicaux* - formes d'onde physique.

Il suggère que, même si l'information fournie à un instrument musical et l'information acquise par le cerveau de quelqu'un qui entend un son sont de natures différentes, elles se situent aux mêmes niveaux hiérarchiques, entre «son et intention». Cela veut dire que les deux participent à l'habileté de communiquer des intentions musicales à un niveau plus élevée que celui de l'onde sonore.

On peut dire alors que cette classification du *geste musical* comporte la notion de *geste instrumental* (intentions musicales ->onde physique), comme action fournie à l'instrument, et dans une autre direction, de perception comme retour d'une source à un auditeur (onde physique ->perception).

1.2 *Geste instrumental* :

Dans sa présentation, Claude Cadoz, directeur de l'ACROE à Grenoble, a rappelé les principaux points de son travail théorique sur le *geste instru-*

1. On peut trouver d'autres classifications (ou typologies) du geste musical, comme par exemple en [5].

mental : les fonctions du geste et sa proposition de typologie de base du geste instrumental [3].

À ces éllements, j'ajouterais ici deux autres points qui figurent dans les références [1] [2] [3] [6].

1.2.1 Canal gestuel et fonction du geste :

C. Cadoz commence par définir le *Canal Gestuel* comme *moyen d'action sur le monde physique et aussi comme moyen de communication informationnelle à double sens: émission et réception d'informations* [3]. Il se différencie ainsi des canaux visuel, auditif et vocal, qui sont unidirectionnels [2].

Cadoz poursuit en associant à la main (et, par conséquent, au geste) trois fonctions différentes, selon lui, complémentaires et imbriqués :

1. *Fonction Ergotique* : celle de l'action matérielle, modification, transformation de l'environnement. Il y a ici échange d'énergie.
2. *Fonction Épistémique* : celle de la connaissance de l'environnement.
3. *Fonction Sémiotique* : celle de l'émission d'informations à destination de l'environnement.

1.2.2 Définition du *geste instrumental* :

Ici, je cite l'auteur [3]:

> On considérera alors le Geste Instrumental comme une modalité de communication spécifique au canal gestuel, complémentaire du «geste à nu [3]» et on le caractérisera de la façon suivante:
>
> – il s'applique à un objet matériel et il y a interaction physique avec celui-ci,
> – dans le cadre de cette interaction se produisent des phénomènes physiques différenciés dont les formes et les évolutions dynamiques peuvent être maîtrisées par le sujet,
> – ces phénomènes peuvent alors devenir les supports de messages communicationnels.

Il démontre aussi que le geste instrumental a des caractéristiques d'un **geste sémiotique**, parce que il s'adresse finalement *à l'ouïe*. Bien sûr, le

2. On peut classifier le canal visuel comme bidirectionnel si on considère que les yeux peuvent transmettre aussi des informations, par exemple quand on indique une direction à travers d'un regard. Mais le canal visuel ne possède pas la fonction ergotique, comme le cas du canal gestuel.

3. le «geste à nu» a été défini par Cadoz comme un geste que ne s'applique pas à un objet matériel - voir [3] pages 38 et 39.

geste instrumental est aussi un **geste ergotique**, parce qu'il est en interaction directe avec l'environnement. Mais il a aussi des attributs du **geste épistémique** parce que le musicien a besoin de plusieurs aspects de sa perception pour être capable d'éxecuter une pièce musicale.

1.2.3 Typologie du *geste instrumental* :

Ensuite, C. Cadoz récapitule sa proposition d'une *Typologie du Geste Instrumental*, développé en [1] et [6].

Le geste instrumental, selon lui, peut être classifié en trois groupes de base :

1. *Geste d'Excitation*, celui qui fourni l'énergie qui se retrouvera dans l'onde sonore. Par exemple, le geste effectué par la main droite d'un violoniste.

2. *Geste de Modulation*, celui qui modifie les propriétés d'un instrument et dont l'énergie ne participe pas directement au phénomène sonore.

   Il peut être divisé en deux catégories :

   - *Les Gestes de Modulation Paramétrique*, qui entraînent une variation de paramètres continue, comme par exemple ceux de la main gauche d'un violoniste ;
   - *Les Gestes de Modulation Structurelles*, qui modifient la structure d'un instrument, comme par exemple le changement de registres d'un orgue à tuyaux[4].

3. *Geste de Sélection*, qui ferme la typologie de base proposée par Cadoz. C'est le geste qui fait un choix, une sélection entre divers éléments au moment du jeu, comme le geste de sélection des touches d'un piano. Il peut être divisé en:

   - *Geste de sélection séquentielle*
   - *Geste de sélection parallèle*

   Cadoz différencie les gestes de sélection des gestes d'excitation et de modulation parce que il n'y a ici ni communication d'énergie ni modification de l'objet.

4. Cadoz utilise aussi les termes de «modulation continue» pour les gestes de modulation paramétrique et «modulation discrète» pour les gestes de modulation structurelles. On doit faire attention à son usage, comme par exemple dans un geste de modulation paramétrique (alors continue) qui modifie la longueur d'une corde de guitare (discrètement), par exemple. On les citera après, dans la classification des gestes comme d'origine percussif ou continue dans la section 2.2.1

Après avoir discuté sur les fonctions et sur la typologie du geste instrumental, nous considérerons la décomposition d'un geste en structures élémentaires dans le bout de procéder à son acquisition.

1.2.4 Décomposition du *geste instrumental* :

La décomposition du geste est présentée ici en application aux gestes contenus dans la technique classique du jeu d'un instrument à clavier [2].

Cadoz et Ramstein donnent deux définitions ou notions sur lesquelles ils ont fondé cette décomposition:

- *Geste digital articulé*, celui qui est la combinaison des deux actions: la percussion des doigts et l'articulation des doigts;

- *Position d'Équilibre de la touche*, qui est la même pour toutes les touches.

Les auteurs proposent l'idée d'un *événement gestuel élémentaire*, résultant de la décomposition d'une séquence musicale jouée sur un clavier en gestes qui peuvent être isolés sur les différentes touches.

Cet *événement gestuel élémentaire* représente l'évolution d'une touche entre l'instant où elle a été percuté et le moment où elle retourne à sa position d'équilibre. Cet événement est appelée un «*Segment*»[5].

Alors, la décomposition du geste consiste à extraire les *segments* pour chaque touche en détectant les phases où la touche est en position d'équilibre. Ainsi, un ensemble de segments contenant l'évolution temporelle de chaque touche est obtenu.

Un autre niveau de structuration a été aussi introduit, celui qui correspond à la notion d'articulation. Ils considèrent les groupes de segments comme associés, de façon à constituer une «formule». Cette «formule» peut avoir différents niveaux d'imbrication, cela veut dire, on peut avoir des «formules de formules».

Ces informations collectées sur le geste peuvent être alors analysées ou modifiées selon les objectifs désirés (traitement, composition, etc.).

On peut se poser ici la question générale de la segmentation et de la reconnaissance automatique d'autres gestes que ceux adaptés au jeu d'un piano. C'est une question qui n'a pas de solutions toujours évidentes et qui se complique notamment avec l'augmentation du nombre de degrés de liberté possibles pour un geste donné.

Une solution particulière peut être la classification des gestes ou plutôt des instruments (ou plus précisément des systèmes transducteurs gestuels) en structures élémentaires. Je cite alors celle proposée par C. Cadoz.

5. Les auteurs remarquent que la notion de segment est reliée au dispositif (ou canal - voir section 1.2.5) et non à chaque degré de liberté. Alors le segment peut ainsi être uni ou multi-dimmensionnel.

1.2.5 Structuration de systèmes transducteurs gestuels :

Finalement, on passe à la la structuration de systèmes transducteurs gestuels proposée en [1].

On donne ensuite les termes de base de cette structuration:

- *Canaux gestuels*
- *Voies gestuelles*
- *Unités gestuelles*

Un *canal gestuel* est un canal de communication qui comporte une action élémentaire uni ou multi-dimensionnelle, selon les degrés de liberté qu'il peut supporter. Il peut être considéré comme un dispositif sur lequel le geste sera appliqué. Comme exemple de canaux gestuels on peut citer une touche de piano (canal gestuel unidimensionnel), un joystick (canal bidimensionel), etc.

Une *voie gestuelle* correspond à un *degré de liberté*. Elle est le résultat de la décomposition des éléments d'un canal gestuel en relation avec ses degrés de liberté. Ainsi, une touche possède un seul degré de liberté. Un joystick deux. Un archet de violon en possède six.

Une *unité gestuelle* est un groupe de dispositifs similaires, mais relativement indépendants entre eux. Alors, un ensemble de *canaux gestuels* forme une *unité gestuelle*. Par exemple, les touches d'un piano sont les canaux gestuels et l'ensemble du clavier est l'unité gestuelle. Plusieurs *unités gestuelles* peuvent aussi être rassemblées dans d'autres *unités gestuelles*.

Un exemple: le Clavier "Multiple-Touch Sensitive" développé par R. Moog [7] présente un système d'acquisition des positions (bi-dimensionnelles) des doigts d'un joueur à la surface d'une touche et de l'enfoncement de la touche.

Dans ce cas, on classifie le clavier (ensemble des touches) comme une *unité gestuelle*, composée de *canaux gestuels tridimensionnels* - les touches, où chaque touche possède trois degrés de liberté - trois *voies gestuelles*.

1.2.6 Application :

On peut, par exemple, utiliser ces quatre classifications dans le cadre du projet de nouvelles interfaces gestuelles, selon leur propriétés (structuration), les gestes qu'y seront appliqués, la segmentation de ces gestes en structures élémentaires et la fonction de chacun d'eux.

À partir de ces analyses, on peut mieux réfléchir sur les types d'acquisition à appliquer[6], sur la nécessité ou non d'une rétroaction[7] ou sur la forme de l'outil de captation[8].

6. Voir la section 3.1.
7. Voir la section 3.2.2.
8. Voir la section 3.2.1.

On passe maintenant au deuxième chapitre, sur les présentations qui ont discuté de l'évolution et de la classification des instruments et de leurs interfaces gestuelles.

Chapitre 2

Organologie :

Dans ce chapitre, je veux rapidement énoncer quelques repères sur les présentations qui ont abordé l'organologie.

Ces présentations ont dressé un bilan de l'évolution des instruments/interfaces gestuelles au cours de ce siècle, de l'histoire du geste au clavier et de l'approche gestuelle dans la lutherie électronique. Ce sont les présentations de J.-C. Risset, M. LaLiberté, M. Pascal, M. Battier et J. Haury.

Les présentations de M. Pascal(article)[8], de J.C. Risset[9] et de M. LaLiberté[10] sont déjà disponibles en version complète (article).

2.1 Évolution :

Jean-Claude Risset a présenté et commenté l'évolution des instruments de musique pendant ce siècle et a illustré son propos par plusieurs exemples sonores et visuels.

Il a mis l'accent sur le fait que comme les instruments électroniques ne possèdent généralement plus de relation directe entre l'effort physique fourni par l'instrumentiste et le niveau sonore résultant, et remarqué que l'orgue était le premier instrument de musique où ce découplage entre cause et effet a été implémenté. C'est aussi, avec l'orgue qu'on observe la première implementation de la synthèse additive.

Un deuxième point sur lequel il a insisté concernait l'évolution des machines d'enregistrement de gestes, comme le piano mécanique.

Il est intéressant de noter que, ces deux points sont aujourd'hui des thèmes de recherche importants (par exemple: à l'ACROE avec le Clavier Modulaire Rétroactif [11] et l'Éditeur de Gestes[2], au STEIM[12] et à Northwestern University, Illinois[13] - Nouveaux contrôleurs[12]), qui essayent de redonner aux nouveaux instruments certaines caractéristiques oubliées dans les premiers développements d'instruments électroniques. [14]

Risset a aussi fait la remarque que *«le geste de l'instrumentiste n'est pas* *un geste spontané, mais un geste d'expert, longuement travaillé»*. La maîtrise d'un instrument requiert ainsi des milliers d'heures d'apprentissage.

Cela a d'ailleurs été l'un des grandes consensus du Colloque: jouer, cela veut dire, maîtriser un instrument, ce n'est une tâche ni simple ni rapide. Cette observation peut aider à expliquer [1] pourquoi sur le grand nombre de nouveaux instruments proposés en grande quantités, seuls quelques uns ont survécu.

Avant d'aborder une nouvelle section, je voudrais faire encore un commentaire sur le geste placé dans un autre contexte.

2.1.1 Geste du chef d'orchestre :

Risset a présenté une vidéo de démonstration de la baguette-radio (radio-baton) [2], d'abord tambour-radio (radio drum)[15]. Cet outil et le logiciel «Conductor» ont été mis au point par Max Mathews [16]. Avec ces outils il vise à contrôler des caractéristiques musicales telles que le rythme et l'expressivité d'une partition déjà enregistrée.

On a donc ici un autre type de geste, comparable à celui d'un chef d'orchestre[17]. Ce geste qui s'applique à, et interagit avec un objet matériel (la baguette, par exemple), est support de messages communicationnels destinés aux musiciens (ou ici à un logiciel qui exécute la partition). Il ne produit pas directement des sons, mais des informations visuelles qui sont utilisées pour contrôler la production d'un son. Il n'y a donc pas ici de fonction épistémique du geste instrumental, celle de la connaissance de l'environnement. C'est malgré tout un geste proche du geste instrumental [3].

Ces gestes de contrôle sont de niveau plus élevé que les gestes de production directe (enfoncement d'une touche, pincement d'une corde, etc.). De plus, comme l'objet matériel (baguette) auquel il s'applique se déplace librement dans l'espace tri-dimensionnel, il est nécessaire de définir d'autres types de systèmes d'acquisition, d'autres techniques de segmentation et de reconnaissance [4].

C'est finalement un autre thème de recherche si on le compare à la recherche sur des capteurs de type «Clavier Modulaire Rétroactif» [11] [19] [20], «Hands» [21], plus similaire à d'autres systèmes d'acquisition de gestes comme en [22]. Cette recherche a été poursuivi par Mathews [16], Keane et Gross [23], Keane et al. [24], Bertini et Carosi [25], Morita et al. [26] [27], Waiswisz [14], Marrin [18], entre autres.

---

1. Voir commentaire sur l'exposition de M. Battier
2. Voir le résumé dans le troisième chapitre.
3. Il est même considéré par certains auteurs comme de nature «instrumentale» [18]
4. C'est une question complexe celle de définir quelles sont les limites précises d'un geste dans l'espace qui doit être reconnu par une machine; quels sont les gestes significatifs qui doivent être interprétés ou éliminés, etc.

2.1.2 Hyperinstruments pour musiciens non-experts :

Cette direction a été aussi exploré par Tod Machover dans sa recherche sur les «hyperinstruments» [28] [29] [30] [31] [32]. À coté des hyperinstruments mises au point pour donner à des musiciens virtuoses des niveaux de contrôle additionnels (par exemple Yo-Yo Ma et l'«hypercello»), Machover et son groupe ont développé des systèmes qui essaient de dériver des intentions musicales de musiciens non-profesionels. [33]

Par exemple, dans «DrumBoy», un système de percussion interactif, l'utilisateur peut créer des "drum patterns" avec différents niveaux de contrôle et de description[34]. Dans le niveau le plus bas, l'utilisateur doit spécifier chaque acte de percussion. Dans le niveaux le plus haut, l'utilisateur fait usage d'adjectives pour rendre le "drum pattern" plus «mécanique», «complexe», etc. simplement en enfonçant une touche. L'objectif est de manipuler des systèmes interactifs complexes à travers de la simplification des contrôles par des «transformations adjectives»[31].

Butch Rovan remarque[35] que, lui même et d'autres chercheurs à CNMAT ont développé des systèmes qui utilisent des gestes (capturés par un joystick et par des capteurs infrarouge) pour donner de l'expressivité à une représentation musicale complètement «non-expressive», i.e., une série de phrases musicales sans aucune fluctuation dynamique, de durée, de tempo ou d'articulation. Alors les gestes appliqués étaient utilisés pour donner une «forme» à cette représentation musicale, à travers la réintroduction de l'aspect expressivité [5].

2.2 Analyse des nouveaux instruments :

L'hypothèse sur la division des instruments musicaux en deux tendances majeures [10] a été introduite par le compositeur Martin LaLiberté dans sa présentation:

- *La tendance vocale - Archétype vocale.*
- *La tendance instrumentale primaire - Archétype instrumentale.*

Ainsi, la tendance vocale est celle du son continue et horizontal. La tendance percussive est celle d'un son court et complexe. L'auteur a même sugeré que les paroles seraient des formes de percussion d'une voix pure.

5. Shlomo Dubnov a travaillé sur une méthode de mésure de l'expressivité fondée sur l'analyse statistique des variations de texture au cours de la pièce musicale [36] [37] [38] [39] [40].

2.2.1 Gestes percussifs ou continues :

Ces mêmes idées peuvent être aussi utilisées pour classifier les gestes instrumentaux, si on considère indissociables les gestes et les instruments auxquels ils s'appliquent.

Cadoz a classifié dans sa présentation un geste d'excitation, par exemple, comme instantané ou entretenu (on pourrait dire, percussif ou continu). Nous avons déjà cité ces mêmes idées appliquées aux gestes de modulation, comme continus ou discrets[6].

2.3 Approche gestuel :

Marc Battier a présenté plusieurs exemples d'instruments développés ce siècle qui ont été construits avec des nouvelles approches gestuels, comme le theremin, les ondes Martenot, le dynaphone, entre autres.

Il a aussi remarqué que dès le début du siècle, la causalité mécanique a été remplacée par le jeu des forces électriques, donc un nouveau champs d'expression s'est ouvert.

Mais, peut être la question plus intéressante était sa remarque sur le répertoire d'un instrument. Il a précisé «qu'un instrument a besoin d'un répertoire propre pour survivre». On pourrait dire qu'on a besoin d'une culture lié à un instrument.

Cette remarque, associé à celle de Risset, sur l'apprentissage d'un instrument peut expliquer la vie extrêmement brève de la plupart des nouveaux instruments.

Ainsi, si on veut dresser la pérennité qu'un instrument, on doit l'apprendre surtout aux enfants et aux jeunes, comme on le fait dans le cas des instruments conventionnels, mais très difficilement dans le cas des prototypes issus de recherches ou développés pour installations, dans le cadre d'une présentation unique, etc.

Ce travail d'apprentissage est, par exemple, en train d'être développé à Amsterdam, selon Michel Waiswisz, où des enfants utilisent des produits mises au point par STEIM.

2.4 Utilisation du geste «expert» dans les nouvelles technologies :

M. Pascal a remarqué dans son résumé que l'objectif de rester dans la proximité de la technique de jeu des instruments déjà répertoriés. C'est une remarque qui montre une direction dans le projet de nouvelles interfaces, celle de l'utilisation du geste «expert» déjà répertorié pour contrôler des nouveaux paramètres au lieu d'inventer une interface tout à fait nouvelle.

6. Voir commentaire de bas de page - chapitre 1, section 1.2.2.

Cela se fonde avec l'observation de Risset sur le geste longuement travaillé et sur l'apprentissage des techniques des instruments comme essentiel pour rendre possible la maîtrise d'un instrument. C'est aussi l'observation de C. Besnainou[7], sur «conserver l'apprentissage de base des instruments de musique».

2.5 Histoire du geste au clavier :

J. Haury a fait dans sa présentation un résumé de l'évolution des instruments de type «clavier» depuis l'antiquité grecque jusqu'à nos jours.

Simultanément au colloque, une exposition a été inaugurée à Interfaces: «Touches à touches», avec quelques exemples de brevets d'invention concernant les claviers, d'appareils pour travailler la main au clavier et sa bonne tenue et d'appareils qui captent le jeu au clavier par des dispositifs d'écriture automatique de la musique. Ces brevets on été déposés pendant le XIX$^{\text{eme}}$ siècle en France et ont été présentés par l'INPI.[41]

7. Voir section 4.1

Chapitre 3

Acquisition des Gestes :

Dans ce chapitre, j'ai regroupé les présentations de M. Waiswisz, de S. de Laubier et de Ph. Moënne-Loccoz/O. Toulemonde. La présentation de R. Kronland-Martinet, Th. Voinier et Ph. Guillemain sur la baguette-radio sera commentée rapidement.

Je veux d'abord faire un essai de classification des quelques systèmes d'acquisition des gestes disponibles.

3.1 Acquisition :

On suggère la classification des systèmes ou outils d'acquisition de gestes (en Anglais *gestural acquisition*) en trois groupes distinctes: [42]

1. *Systèmes d'acquisition directe.*

   Les systèmes classifiés comme *directs* sont ceux qui utilisent des capteurs pour effectuer l'acquisition. C'est le cas de tous les systèmes présentés dans le Colloque.

   Les capteurs peuvent être de différentes forme et origine. Chaque capteur va accomplir un type d'acquisition; alors plusieurs capteurs sont nécessaires pour composer un système d'acquisition plus complet.

   Les capteurs doivent aussi être très performants et très stables (exactes et reproductibles) pour qu'ils puissent donner une image fidèle du geste appliqué. Les plus utilisés sont les capteurs de type infrarouge, ultrasonore, à effet Hall, électromagnétiques, mesure de champs électriques, etc. [1].

   On peut aussi classifier les systèmes d'acquisition vidéo [55], [56], [57] comme des systèmes d'acquisition directs, parce qu'ils font l'acquisition

1. Des discussions sur quelques uns de ces capteurs et des exemples de systèmes qui l'utilisent sont disponibles en [3] [28] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50], [51] [52], entre autres. Quelques uns de ces systèmes sont également commentés en [53]. Une compilation d'un grand nombre d'interfaces gestuelles est disponible dans [54], pages 619 à 658.

de la cause (geste) et non de l'effet du geste (le son). Ceux-ci sont des systèmes classifiés comme «indirects».

2. *Systèmes d'acquisition indirecte.*

   Les systèmes classifiés comme *indirects* sont ceux qui vont chercher le geste (la cause) dans le son produit par l'instrument. Il est évident que le son portera en lui la trace du geste qui l'a produit.

   Ph. Depalle avait déjà remarque dans son résumé que «les paramètres de contrôle des synthétiseurs, issus de l'analyse de signaux naturels, comportent une information relative à la nature de l'instrument qui les a produits mais aussi sur le geste de l'instrumentiste qui a joué de cet instrument». La liaison entre geste et causalité a été remarquée par M. Pascal dans sa présentation, par exemple quand il a cité que «*le son d'un instrument du type trompette joué par un clavier électronique conserve la trace du geste au clavier qui l'a produit*».

   Ces systèmes indirects utilisent des systèmes informatiques de haute performance en calcul et de grande vitesse, surtout dans le cas du temps réel. Ils utilisent aussi des algorithmes de segmentation du son et d'extraction de ses caractéristiques optimisés en temps réel [4] [31]. Philippe Depalle dans sa présentation a cité le travail en cours à l'IRCAM avec S. Rossignol sur la segmentation [58] et extraction du vibrato à partir d'echantillons sonores.

   Par ailleurs, des systèmes à processeurs parallèles (qui utilisent dans ce cas plusieurs «transputeurs») ont aussi été suggérés pour réaliser une captation indirecte [59].

   Cette méthode peut donner une information beaucoup plus précise que la méthode «directe», parce que le geste est présenté dans sa totalité (et sa complexité) comme cause du phénomène sonore. Le problème consiste a séparer l'influence des diverses gestes entre eux, et également les possibles réverbérations, bruits, etc.

   À mon avis, cette approche devrait se développer beaucoup avec l'augmentation de la puissance des ordinateurs disponibles et des recherches sur la segmentation sonore.

3. *Systèmes d'acquisition hybrides.*

   Les systèmes classifiés comme *hybrides* sont un mélange des deux premiers, car ils font usage de capteurs divers ainsi que de procédés de traitement du signal sonore, habituellement en temps réel.

   Comme exemple de ces méthodes on peut citer les travaux de X. Chabot [60] [61] et de Tod Machover [28]. Les «hyperinstruments» sont parfois un mélange de capteurs et de systèmes numériques qui vont traiter des échantillons sonores joués en temps réel.

Par exemple, dans le cas de l'hypercello, l'acquisition de la position de l'archet, de la pression de l'archet, de la position de la corde, de la pression des doigts et l'angle du poignet sont réalisés grâce à différents capteurs. La détection de la note jouée (pitch tracking), de l'énergie de la note, etc. sont réalisées en utilisant un DSP qui analyse les signaux acoustiques provenants de l'instrument [28].

Ce système peut être le plus performant si on le compare aux systèmes directes et indirectes, parce qu'il va réunir les meilleurs caractéristiques des deux systèmes précédents.

3.2 Outils présentés :

Comme je l'ai déjà remarqué, les quatre systèmes présentés ou commentés dans le cadre du Colloque faisaient partie du premier groupe: des systèmes d'acquisition «directe».

3.2.1 Capteurs attachés au corps ou externes :

Si on utilise la classification proposée en[22], on peut dire qu'il y a deux familles de capteurs, une famille dont les capteurs sont attachés, où il y a contact physique avec le capteur (en anglais, *Haptic Systems*) et l'autre où il n'y a pas de contact physique, où les capteurs sont externes (en anglais, *Non-haptic Systems*)[62]:

- *Capteurs attachés*: Ils sont utiles surtout pour l'analyse de mouvements relatifs, comme par exemple la distance entre les mains, le suivi de trajectoires, la détection fine de mouvements. On peut diviser cet item en deux sub-items:
  - *Capteurs attachés à un outil* qui va être joué par le musicien, comme les contrôleurs MIDI (claviers, WX7, gants de donnés, etc.);
  - *Capteurs attachés au musicien*, quand on utilise divers capteurs attachés aux doigts, bras, etc. qui ne font pas partie d'un outil comme un gant, par exemple. C'est le cas du travail développé par D. Wessel et Butch Rovan (CNMAT/IRCAM) ou l'objectif est de capter les gestes d'un joueur de saxophone à l'aide de capteurs placés sur ses doigts [2].
- *Capteurs externes*, ceux qui peuvent intégrer les informations acquises par les capteurs attachés au corps avec le suivi de positions absolues, évolutions typiques de mouvements globaux, etc.

2. à rigueur, cela peut être également un type de gant où on place les capteurs, mais l'objectif est de capter un seul geste - la pression des doigts.

Hands, les Méta-instruments et IRISIS :

Tant les «Hands»[21], que les «Méta-instruments»[63] sont des outils de capture gestuel qui utilisent plusieurs capteurs différents faisant partie d'un outil attaché au corps de quelqu'un qui joue de l'instrument (dans le cas du Méta-instrument, le musicien va tenir l'instrument).

Le système IRISIS [56] fait partie du deuxième item. Il utilise des informations sur les gestes acquis par une caméra vidéo et les transforme en données MIDI. C'est la même philosophie du système BigEye de STEIM [55].

Ces deux systèmes peuvent diviser l'espace (bidimensionel) en différentes parties, chaque partie étant associée a un type de contrôle MIDI. Le "mapping" devient alors la question la plus importante - Comment utiliser ces informations gestuelles pour contrôler un moteur de synthèse (générer la musique)? [3]

Baguette-radio et buchla-lighning II :

Le système baguette-radio présenté par l'équipe du I.M. - L.M.A. - Marseille utilise l'idée d'un seuil définit par l'utilisateur à quelques centimètres d'une plaque fixe. L'acquisition se fait alors des gestes relatives à la plaque, i.e., le musicien doit jouer «sur» la plaque. Une courte description de la souplesse du système de la baguette-radio est présentée en [64]: «la baguette-radio permet d'accéder à 6 paramètres dynamiques correspondants aux coordonnées spatiales de 2 baguettes dont l'intensité des ondes émises est captée par un jeu de 5 antennes réceptrices situées sur un plan».

Dans le même cadre que la baguette-radio, on peut citer le système «Buchla Lightning II», qui mesure la position de deux baguettes à partir de l'utilisation de capteurs infrarouge [44].

Un autre système d'acquisition de gestes «directe» a été utilisé par D. Wessel, le «Buchla Thunder». C'est un système d'acquisition de positions et de pression des doigts qui envoie des donnés MIDI à l'extérieur.

Mais tous ces systèmes font usage des capteurs sans la notion de rétroactivité (de l'Anglais, «feedback») de force ou de retour d'effort.

3.2.2 Systèmes rétroactifs ou non-rétroactifs :

L'idée de redonner au musicien l'information en temps réel sur l'effort qu'il fait lorsqu'il est en train de jouer de l'instrument peut être considérée comme essentiel pour qu'il puisse avoir un contrôle très fin du jeu. Cadoz soutient [3] que «le transducteur gestuel doit être rétroactif (ou à retour de force) pour assurer la fonction ergotique de l'interaction». F. R. Moore [65] cite Cadoz et dit que «l'instrumentiste doit recevoir tant le retour sonore que

3. Voir commentaire à la section 3.2.3

tactile d'un instrument musical de manière synchronisée - sinon il ne sera pas en condition d'apprendre à jouer de cet instrument d'une façon musicale».

Par exemple, les contrôleurs MIDI qui utilisent des retour de force sont aussi en train d'être développés, ainsi que le rapporte L. Chu en [13].

Ce retour de force se fait dans un Clavier Modulaire Rétroactif développé à l'ACROE avec l'utilisation de moteurs spéciaux sur chaque touche. Ce sont des moteurs qui ont un temps de réponse de 0,2 μs et qui peuvent cependant fournir une force de 80 N [20].

C'est une question importante que la nécessité du retour d'effort : D. Wessel l'a remarqué dans la première table ronde qu'il n'est pas toujours nécessaire avoir des systèmes rétroactifs et a cité l'exemple des systèmes de suivi des yeux (eye tracking - capture des positions des yeux). C'est aussi le cas des systèmes vidéo de capture gestuel.

Alors, comme dans le cas d'un choix du type de capteur, l'utilisation du retour d'effort va dépendre de l'objectif désiré. Elle peut être essentielle dans les outils développés pour la simulation d'instruments existants ou dans les outils qui ont pour ambition l'acquisition de certains gestes instrumentaux associés à des techniques de jeu traditionnel. Mais peut-être pas du tout dans le cas des interfaces nouvelles qui veulent établir des relations encore non explorées par les instruments traditionnels.

3.2.3 "Mapping" des gestes capturés :

Je commente ici la question posée dans la section 3.2.1.1 à propos du "mapping" des gestes capturés. Ces réflexions sont fondées sur des discussions avec Butch Rovan [35].

On peut dire qu'il y a trois types principaux de "mapping", à savoir:

- *"Mapping" unitaire*, où on a une correspondance unitaire entre un geste et un paramètre. Par exemple, le signal de sortie d'un premier capteur est utilisé pour contrôler le vibrato, d'un deuxième pour changer le volume, etc. C'est un type de système linéaire, ou chaque variable d'entrée va affecter un paramètre sonore de façon indépendante.

- *"Mapping" divergent*, ou un type de geste (uni ou multidimensionel[4]) est appliqué de façon à changer plusieurs paramètres avec une relation pré-determinée, comme vu dans la section sur les hyperinstruments pour musiciens non-experts (section 2.1.2).

- *"Mapping" convergent*, ou il y a interaction de plusieurs gestes qui vont affecter des paramètres du son final de façon globale. C'est le cas des instruments musicaux d'une manière générale.

4. Voir section 1.2.5.

Le *"mapping" unitaire* est le plus simple, mais à mon avis celui que possède le moins de potentialité expressive si on le compare à la complexité des interfaces des instruments acoustiques. Pourtant, on n'a pas ici de moyens quantitatifs bien définis pour juger de telle ou telle implémentation: c'est dans plusieurs cas une décision artistique.

Le *"mapping" divergent* peut donner lieu à des dispositifs très simples d'utiliser. Dans ce cas, les développeurs cherchent à donner aux utilisateurs «non-experts» le contrôle d'un utilisateur très expérimenté. Mail il y peut avoir un danger: Rovan remarque que les contrôleurs fondés sur le "mapping" divergent *peuvent* se développer en dispositifs avec des caractéristiques plus «anecdotiques» et de jeu au sens propre du terme, en comparaison aux instruments musicaux.

Finalement, dans le troisième type, le *"mapping" convergent*, la question qui se pose est d'évaluer l'effet de chaque geste d'entrée; comment définir l'interaction entre eux qui va produire le résultat désiré. Néanmoins, c'est le choix qui peut donner les résultats les plus proches de ceux des interfaces conventionnelles (instruments acoustiques).

3.3 Systèmes Analyse-Synthèse:

David Wessel a présenté le système d'analyse et synthèse additive fondé sur CAST (CNMAT Additive Synthesis Tools) qui utilise le concept de resynthesis par FFT^{-1} développé à l'IRCAM par Ph. Depalle et X. Rodet [66]. Le système complet utilise le serveur HTM (Hear the Music) [67] et le système de "mapping" BYO (Bring your Own)[68], une couche logicielle qui fait le "mapping" entre les messages de contrôle de haut niveau et les donnés spectrales.

Wessel a rapporté qu'il est déjà possible, avec ce système, d'atteindre une synthèse utilisant 1000 oscillateurs à 44,100 kHz en temps réel (néanmoins sans utilisation de contrôle en temps réel).

Une autre idée présenté par Wessel est la considération du geste comme un événement continu, transformé en discret seulement à l'étape de traitement.

Ensuite il y a eu une discussion à propos du temps nécessaire pour effectuer l'acquisition des gestes. Un maximum de 10 ms +- 1ms de retard selon Wessel, et même de 1 ms (total) selon Cadoz. Cela veut dire qu'il parait nécessaire d'utiliser une fréquence d'échantillonage des signaux de contrôle gestuels de plus de 1 kHz.

Wessel a précisé que, parmi les nouvelles directions de recherche et de développent au CNMAT, l'une d'entre elles propose une fréquence d'échantillonage de 4 kHz pour l'acquisition des gestes. Selon lui, ils veulent traiter le geste comme un signal audio. Ils sont aussi en train d'initier une coopération avec STEIM pour le dévelopment d'un hardware d'acquisition gestuel.

On va ensuite dans le dernier chapitre de cette deuxième partie, traiter de la recherche en acoustique et traitement de signaux présentées au colloque.

Chapitre 4

Recherche :

Dans ce dernier chapitre, je vais commenter les présentations de C. Besnainou, de S. Ystad et de Ph. Depalle. Les trois présentations ont abordé l'aspect synthèse.

4.1 Lutherie composite et stimulation modale :

La présentation de Besnainou a porté sur la lutherie composite et la modification d'instruments traditionnels pour donner des caractéristiques nouvelles à ces instruments.

C. Besnainou suggère de modifier les vibrations d'une structure mécanique en exaltant (rétroaction positive) ou en amortissant (rétroaction négative), individuellement ou simultanément, tel ou tel mode de vibration. De cette façon il propose de modifier l'intensité, la durée d'extinction et le timbre d'un instrument de façon contrôlée.[69]

Cette stimulation modale est fondée, selon C. Besnainou, sur le contrôle actif des mouvements du corps résonnant, avec l'utilisation «de capteurs et d'actuateurs intégrés au coeur des matériaux constitutifs» afin d'acquérir les mouvements de la structure; puis, après les avoir traités, les ré-injecter dans la structure[69].

Il propose aussi l'utilisation de nouveaux matériaux composites dans la lutherie traditionnelle, pour profiter des caractéristiques que ces matériaux peuvent apporter aux instruments traditionnels au delà des caractéristiques associées au bois.

L'objectif, selon C. Besnainou, est «d'augmenter les possibilités expressives et créatrices des musiciens et des compositeurs, sans modifier l'apprentissage de base des instruments de musique, tout en conservant les subtilités perceptives du rayonnement propre à chaque instrument». Cette question se place à côté des remarques de Risset à propos de l'apprentissage d'un instrument [1].

1. voir la deuxième partie de ce rapport, chapitre 2, section 2.1.

Si on peut conserver l'apprentissage de base d'un instrument traditionnel, on peut aussi «bénéficier d'un corpus d'expérience massive de sa technique de jeu»[70]. C'est une autre possibilité pour donner de l'expressivité aux sons synthétiques [2].

4.2 Facture instrumentale :

Sølvi Ystad, du I.M. - L.M.A. - Marseille a exposé sa classification des paramètres qui interviennent dans la construction des sons pour chaque méthode de génération des signaux. Elle remarque qu'une interface de contrôle pour un méthode doit modifier les paramètres de synthèse de façon globale pour produire les objectifs désirés.

Par exemple, dans la synthèse additive, elle propose la construction d'interfaces qui permettent : [64]

- le contrôle de micro-variations d'amplitude et de fréquence;
- le contrôle global de fréquences et d'amplitudes;
- le pilotage contrôle des tables de modulation à partir de tables prédéfinies.

Dans le cas des modèles physiques par guide d'onde, elle propose des techniques pour réaliser l'estimation des paramètres d'un instrument de type flûte. Ces techniques et d'autres informations sur sa recherche sont présentées dans son article [64].

4.3 Recherche - Groupe Analyse/Synthèse :

Philippe Depalle a présenté quelques travaux en cours de développement dans l'équipe Analyse/Synthèse à l'IRCAM.

Ce sont surtout trois thèses de doctorat, celle de Ch. Vergez dirigé par X. Rodet sur le modèle physique de trompette[71][72], celle de S. Rossignol sur la segmentation sonore[58] et celle de l'auteur à propos de la définition, la modélisation et l'implémentation de méthodes d'acquisition de gestes et de ses applications à la synthèse.

Depalle a montré des exemples sonores de synthèse avec modèles physiques de trompette et une démonstration vidéo de l'utilisation de l'interface et du logiciel développés pour cette recherche[73]. La vidéo est disponible au Groupe Analyse/Synthèse [3].

Une autre remarque de Depalle a concerné le type de gestes qu'il a appelé *micro-gestes*[42]. On peut les classifier comme des gestes instrumentaux,

2. Voir section 2.4.
3. Contactez C. Vergez au poste 4956 ou X. Rodet au poste 4868.

mais qui ne se placent directement pas dans la typologie proposée dans la section 1.2.2. Ce sont surtout des «gestes de diffusion» qui vont altérer le rayonnement du son généré par l'instrument en relation à un auditeur ou à un microphone.

Le «micro-geste» est le geste fait par l'instrumentiste en train de jouer de son instrument, comme par exemple, bouger légèrement (clarinette, par exemple), même de façon non intentionnelle. Ces mouvements, associés à la réverbération de la salle, vont produire des annulations d'harmoniques dans le son résultant. Ces annulations peuvent être vérifiées si on fait l'analyse des échantillons sonores enregistrés avec des microphones placés à différentes positions.

On a, pour cela, utilisé la base de donnés développé à L'IRCAM, dans le projet Studio-on-Line [74]. C'est une base de donnés d'echantillons d'instruments orchestraux (11 au total) qui a commencée à être enregistrée en Décembre 1996. Ces sons seront disponibles par un adresse Internet pour l'utilisation externe, avec possibilités de traitement, comme filtrage, expansion, etc.

Tous les instruments sont enregistrés en technologie 24 bits, 48 kHz et en utilisant 6 microphones différents. Dans le cas de la clarinette, les deux premiers sont des microphones de référence (image stereo du son), un microphone direct (placé a 1 mètre de l'instrument), un microphone interne (Barcus Berry Wind Instrument System) et deux microphones lointains (15 mètres), placés de façon a minimiser le son direct et à capter surtout la réverbération de la salle.

Si on compare les évolutions des partiels de différents sons (sons de différents microphones), même le microphone direct présente des annulations très marqués. Il est intéressant de noter que, dans le cas de la base de donnés du Studio-on-Line, un grand effort a été fait pour obtenir une réverbération minimale [74] dans ce microphone.

Actuellement, d'autres instruments sont en train d'être analysés pour essayer de quantifier cet effet.

Chapitre 5

Conclusion:

Dans ce rapport j'ai faire une synthèse des idées et des discussions présentées au colloque «Les Nouveaux gestes de la Musique» associées à certaines citations et observations sur le sujet disponibles dans la bibliographie traditionnelle sur le geste instrumental.

C'était aussi pour moi une manière de remercier de l'IRCAM, qui m'a permit d'assister au colloque, en mettant à la disposition des personnes intéressées un document de référence sur les présentations qui y ont eu lieu.

Finalement, dans le cadre du nouveau *Groupe de discussion à propos du geste musical*, proposé par Butch Rovan, Shlomo Dubnov et moi même (à partir d'une idée de Rovan), je laisse ce document, même conscient qu'il est incomplet, comme un premier effort sur la discussion du sujet dans ce groupe.

Je remercie a tous pour vos critiques et suggestions.[1]

IRCAM, Avril/97.

1. Je voudrais ici remercier M. Malt, R. Wöhrmann et Butch Rovan pour avoir lu et commenté ce rapport, aussi comme a Philippe Depalle pour ses suggestions

Bibliographie

[1] C. Cadoz, “Instrumental gesture and musical composition,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’88)*, pp. 1–12, 1988.

[2] C. Cadoz and C. Ramstein, “Capture, representation and «composition» of the instrumental gesture,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’90)*, pp. 53–56, 1990.

[3] C. Cadoz, “Le geste canal de communication homme-machine. la communication «instrumentale»,” *Sciences Informatiques - Numéro Spécial: Interface Homme-Machine*, vol. 13, no. 1, pp. 31–61, 1994.

[4] E. Métois, *Musical Sound Information - Musical Gestures and Embedding Systems.* PhD thesis, Massachusetts Institut of Technology, Available at: *http://brainop.media.mit.edu/Archive/Metois/Thesis0.html*, 1996.

[5] B. Zagonel, “Le geste musical,” Master’s thesis, IRCAM - Ecole de Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1990. Memoire de DEA em Musique et Musicologie du XXeme siecle.

[6] S. Gibet, *Codage, Représentation et Traitement du Geste Instrumental.* PhD thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1987.

[7] R. Moog and T. Rea, “Evolution of the keyboard interface: The bosendorfer 290se recording piano and the moog multiply-touch-sensitive keyboards,” *Computer Music J.*, vol. 14, no. 2, pp. 52–60, 1990.

[8] M. Pascal, “Le studio instrumental: les donnes d’une virtuosite a l’interieur meme du son,” in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[9] J. C. Risset, “Nouveaux gestes musicaux: quelques points de repere historiques,” in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[10] M. Laliberte, “Archetypes et paradoxes des nouveaux instruments de musique,” *L’Aventure humaine*, pp. 11–22, Automme-Hiver 1995.

[11] C. Cadoz, A. Luciani, and J. L. Florens, "Responsive imput devices and sound synthesis by simulation of instrumental mechanisms: The cordis system," *Computer Music J.*, vol. 8, no. 3, pp. 60–73, 1984.

[12] B. Bongers, "The use of active tactile and force feedback in timbre controlling electronic instruments," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'94)*, pp. 171–174, 1994.

[13] L. Chu, "Haptic feedback in computer music performance," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'96)*, pp. 57–58, 1996.

[14] V. Krefeld, "The hand in the web: An interview with michel waiswisz," *Computer Music J.*, vol. 14, no. 2, pp. 28–33, 1990.

[15] R. Boie, M. Mathews, and A. Schloss, "The radio drum as a synthesizer controller," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'89)*, pp. 42–45, 1989.

[16] M. V. Mathews and J. R. Pierce, *Current Directions in Computer Music Research*. System development foundation benchmark series, MIT Press, 1989.

[17] H. C. Fantapie, "L'analyse de la partition dans la pratique du chef d'orchestre. de l'analyse de l'ecrit a l'analyse du geste," *Revue d'Analyse Musicale*, pp. 26–30, Janvier 1988.

[18] T. A. Marrin, "Toward an understanding of musical gesture: Mapping expressive intention with the digital baton," Master's thesis, Massachusetts Institut of Technology, Available at: *http://brainop.media.mit.edu/Archive/Thesis.html*, 1996.

[19] C. Cadoz, L. Lisowski, and J. L. Florens, "A modular feedback keyboard design," *Computer Music J.*, vol. 14, no. 2, pp. 47–51, 1990.

[20] C. Cadoz, L. Lisowsky, and J. L. Florens, "Modular feedback keyboard," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'90)*, pp. 379–382, 1990.

[21] M. Waiswisz, "The hands, a set of remote midi-controllers," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'85)*, pp. 313–318, 1985.

[22] A. Camurri, "Interactive dance/music systems," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'95)*, pp. 245–252, 1995.

[23] D. Keane and P. Gross, "The midi baton," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'89)*, pp. 151–154, 1989.

[24] D. Keane, G. Smecca, and K. Wood, "The midi baton ii," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'90)*, 1990.

[25] G. Bertini and P. Carosi, “Light baton: a system for conducting computer music performance,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’92)*, pp. 73–76, 1992.

[26] H. Morita, S. Otheru, and S. Hashimoto, “Computer music system which follows a human conductor,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’89)*, pp. 207–210, 1989.

[27] H. Morita, H. Watanabe, T. Harada, S. Otheru, and S. Hashimoto, “Knowledge information processing in conducting computer music performance,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’90)*, pp. 332–334, 1990.

[28] T. Machover, “Hyperinstruments - a progress report 1987 - 1991,” tech. rep., Massachusetts Institut of Technology, 1992.

[29] T. Machover and J. Chung, “Hyperinstruments: Musically intelligent and interactive performance and creativity systems,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’89)*, pp. 186–190, 1989.

[30] T. Machover, “"classic" hyperinstruments - 1986-1992 - a composer’s approach to the evolution of intelligent musical instruments.” Available at: *http://brainop.media.mit.edu/Archive/Hyperinstruments/classichyper.html*.

[31] E. B. Egozy, “Deriving musical control features from a real-time timbre analysis of the clarinet,” Master’s thesis, Massachusetts Institut of Technology, 1995.

[32] “Joystick music.” MIT Media Lab., 1997. Hyperinstruments project.

[33] F. Matsumoto, “Using simple controls to manipulate complex objects: Application to the drum-boy interactive percussion system,” Master’s thesis, Massachusetts Institut of Technology, 1993.

[34] T. Machover, “Technology and creative expression,” October 1995. Available at: *http://brainop.media.mit.edu/Archive/Hyperinstruments/creative.html*.

[35] J. Rovan, “Personnal communication,” 1997.

[36] S. Dubnov, “Personnal communication,” 1997.

[37] S. Dubnov, D. Cohen, and N. Wagner, “Uncertainty in distinguishing between structure and ornamentation in music,” in *Proceedings of the International Fuzzy Systems Association Conference (IFSA)*, 1995.

[38] S. Dubnov and N. Tishby, “Clustering of musical sounds using polyspectral distance measures,” in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC’95)*, 1995.

[39] D. Cohen and S. Dubnov, *Studies in Systematic and Cognitive Musicology*, ch. Gestalt Phenomena in Texture Units in Music that Focuses on the Moment. Berlin: Springer-Verlag, To appear.

[40] S. Dubnov and N. Tishby, "Analysis of sound textures in musical and machine sounds by means of higher order statistical features," in *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 1997.

[41] INPI, "Exposition: Touches a touches." Interfaces - Marseille, Avril 1997.

[42] M. Wanderley and P. Depalle, "Gestural expressivity information from the analysis of clarinet sounds." internal memo, 1997.

[43] C. Cadoz, *Les realites virtuelles.* Collection DOMINOS, Paris: Flamarion, 1994.

[44] D. Buchla, "Lightning ii midi controller." http://www.buchla.com/. Buchla and Associates' Homepage.

[45] D. Rubine and P. McAvinney, "The videoharp," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'88)*, pp. 49–55, 1988.

[46] W. Bauer and B. Foss, "Gams: An integrated media controller system," *Computer Music J.*, vol. 16, no. 1, pp. 19–24, 1992.

[47] J. Manzolli, "The development of a gesture's interface laboratory," in *Proceedings of the 2nd Brazilian Symposium on Computer Music*, pp. 88–91, 1995.

[48] G. H. T. Lima, M. Maes, M. Bonfim, M. V. Lamar, and M. M. Wanderley, "Dance-music interface based on ultrasound sensors and computers," in *Proceedings of the 3rd Brazilian Symposium on Computer Music*, pp. 12–16, 1996.

[49] P. Pierrot and A. Terrier, "Le violon midi," tech. rep., IRCAM, 1997.

[50] N. Gershenfeld and J. Paradiso, "Musical applications of electric field sensing." to be published in Computer Music J.

[51] A. Mulder, "Virtual musical instruments: Accessing the sound synthesis universe as a performer," in *Proceddings of the First Brazilian Symposium on Computer Music*, 1994.

[52] A. Mulder, "Getting a grip on alternate controllers: Addressing the variability of gestural expression in musical instrument design," *Leonardo Music Journal*, vol. 6, pp. 33–40, 1996.

[53] R. Rowe, *Interactive Music Systems - Machine Listening and Composing.* MIT Press, 1993.

[54] C. Roads, *Computer Music Tutorial.* MIT Press, 1996.

[55] T. Demeyer, "Bigeye 1.10 - realtime video to midi software," 1996.

[56] P. M. Loccoz and al., "Lutheries informatiques developpes au studio collectif et cie," in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[57] H. Katayose, T. Kanamori, and S. Inokuchi, "An environment fo interactive art - sensor integration and applications," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'96)*, pp. 173–176, 1996.

[58] S. Rossignol, "Segmentation - extraction du vibrato," tech. rep., IRCAM, 1997. Rapport d' Activite.

[59] N. J. Bailey, A. Purvis, I. W. Bowler, and P. D. Manning, "Applications of the phase vocoder in the control of real-time electronic musical instruments," *Interface*, vol. 22, pp. 259–275, 1993.

[60] X. Chabot, "Performance with electronics: Gesture interfaces and software toolkit," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'89)*, pp. 65–68, 1989.

[61] X. Chabot, "Gesture interfaces and a software toolkit for performance with electronics," *Computer Music J.*, vol. 14, no. 2, pp. 15–27, 1990.

[62] R. M. Baecker, J. Grudin, W. A. S. Buxton, and S. Greenberg, *Readings in Human-Computer Interaction: Toward the Year 2000.* Morgan-Kauffmann, 2nd edition ed., 1995. Part III, Chapter 7.

[63] S. de Laubier, "Le meta-instrument a t'il un son? emergence de lois ou de constantes dans le development d'instruments virtuels," in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[64] S. Ystad, "De la facture informatique au jeu instrumental," in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[65] F. R. Moore, "The disfunctions of midi," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'87)*, pp. 256–262, 1987.

[66] X. Rodet and P. Depalle, "A new additive synthesis method using inverse fourier transform and spectral envelopes," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'92)*, pp. 410–411, 1992.

[67] A. Freed, "New tools for rapid prototyping of musical sound synthesis algorithms and control strategies," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'92)*, pp. 178–181, 1992.

[68] A. Freed, "Bring your own control to additive synthesis," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'95)*, pp. 303–306, 1995.

[69] C. Besnainou, "Changer la voix des instruments de musique par stimulation modale, une voie vers les realites augmentees," in *Colloque Les Nouveaux Gestes de la Musique*, GMEM - Marseille, 1997.

[70] N. Bailey, "Personnal communication," 1995.

[71] X. Rodet, "One and two mass model oscillations for voice and instruments," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'95)*, pp. 207–214, 1995.

[72] X. Rodet and C. Vergez, "Physical models of trumpet-like instruments - detailed behavior and model improvements," in *Proc. Int. Computer Music Conf. (ICMC'96)*, pp. 448–453, 1996.

[73] C. Vergez and X. Rodet, "A physical model of trumpet-like instrument." IRCAM - Video demonstration, March 1997. VHS Pal - 11'30".

[74] J. Fineberg, "Ircam instrumental data base," tech. rep., IRCAM, 1996.