

ACROE

Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression



Rapport d'activités 2001

Avec le soutien de



SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
I. RAPPORT SCIENTIFIQUE.....	4
I.0. INTRODUCTION	4
I.1. DÉVELOPPEMENTS D'OUTILS LOGICIELS	7
I.1.1. GENESIS 1.3 et 1.4 et didacticiels associés.....	7
I.1.2. Editeur de geste	9
I.1.3. Génération automatique de modèles physiques de structures vibrantes	9
I.1.4. MIMESIS 1.3 et 1.4	11
I.1.5. Utilisation d'algorithmes génétiques pour l'identification automatique de paramètres de modèles physiques pour la synthèse d'images	13
I.1.6. Le simulateur temps réel TELLURIS.....	14
I.2. MODÈLES PHYSIQUES POUR LA SYNTHÈSE DE SONS	16
I.2.1. Etude de la percussion	16
I.2.2. Modélisation physique de la spatialité	17
I.2.3. Modélisation du système Cloche / battant.....	18
I.2.4. Entretien continu / retour d'effort	20
I.2.5. Expérimentations sonores	21
I.3. MODÈLES PHYSIQUES POUR LA SYNTHÈSE D'IMAGES	23
I.3.1. Modèles de phénomènes collectifs visibles.....	23
I.3.2. Modèles de pâtes et crèmes.....	24
I.3.3. Modélisation et visualisation de formes complexes 3D (sables, fluides ...).....	26
I.3.4. Visualisation de phénomènes complexes.....	28
I.3.6. Modélisation de phénomènes atmosphériques de grande taille.....	31
I.2.4. Modèles de phénomènes collectifs audibles.....	33
I.4. NOUVELLE GAMME DE TRANSDUCTEURS GESTUELS À RETOUR D'EFFORT	34
I.4.1. Amélioration et validation de l'élément de base "Actionneur-capteur tranche"	34
I.4.2. Extension du principe de modularité.....	36
I.4.3. Conception de nouveaux habillages mécaniques.....	38
I.5. ANALYSES POUR LES SCIENCES DE LA COMMUNICATION ET LES SCIENCES DE L'HOMME.....	40
I.5.1. Etude de la modalité haptique et du couplage visuo-haptique.....	40
I.5.2. Incidence des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur le rapport du compositeur avec ses outils	41
I.5.3. Recherche sur les ambiances architecturales en milieu construit	42
I. 6. RECHERCHES ET USAGES ARTISTIQUES ET CULTURELS	43
I.6.1. Introduction	43
I.6.2. Accueil d'artistes en résidence et créations artistiques	44
I.6.3. Organisations de Rencontres	45
I.7. RECHERCHES ET USAGES INDUSTRIELS	49

II. BILAN QUANTITATIF.....	50
II.1. PUBLICATIONS INTERNATIONALES 1999 - 2000 - 2001	50
II.1.1. Publications internationales.....	50
II.1.2. Communications avec actes.....	50
II.1.3. Conférences invitées	51
II.1.4. Autres publications	51
II.2. THÈSES 1999-2001	52
II.3. COURS ET EXPERTISES 1999-2001	53
II.4. ŒUVRES ARTISTIQUES 1999-2000-2001.....	53
II.5. COOPÉRATIONS ET PARTENARIATS PERMANENTS	54
II.5.1. Partenariats scientifiques nationaux.....	54
II.5.2. Partenariats culturels locaux	54
II.5.3. Partenariats culturels internationaux.....	56
II.6. CONTRATS ET SUBVENTIONS DE RECHERCHE	57
II.6.1. Soutien de base.....	57
II.6.2. Contrats et subvention de recherche.....	57
II.7. PARTENARIAT INDUSTRIEL.....	57
II.8. CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.....	58
II.8.1. le projet APM	58
II.8.2. Le projet APM – Résultats quantitatifs de la phase 1	59
II.8.3. Le projet APM – Résultats quantitatifs de la phase 2	60
II.8.4. Autres opérations de culture scientifique et technique.....	60
II.9. LISTE DES PERSONNELS IMPLIQUÉS DANS L'ÉTUDE	61
II.9.1. Direction.....	61
II.9.2. Ingénieurs - Chercheurs	61
II.9.3. Administratifs	61
II.9.4. Artistes invités	61
II.9.5. Stagiaires.....	61

I. Rapport scientifique

Les activités dont font état ce rapport sont menées par l'ACROE et le laboratoire ICA (INPG, UJF). Ce consortium est désigné ci-après par ACROE/ICA.

I.0. Introduction

Le programme d'activité de l'ACROE/ICA est par essence interdisciplinaire. Il s'attache au développement des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour la Recherche, la Création, la Pédagogie Artistiques. Il combine la création d'outils technologiques et l'usage de ces outils dans des activités de (1) création artistique, (2) de pédagogie de la création et (3) de valorisation culturelle et scientifique.

Au centre du programme, se trouvent deux idées-clés :

- la première est que l'activité de création n'est pas un pur exercice de l'esprit humain, individuel ou collectif, mais qu'elle nécessite un outil, un « *matériel d'inspiration* », pour que s'exercent les facultés créatrices et se produisent et s'apprécient les objets de communication sensoriels, sensibles et artistiques ;
- La deuxième est que cet outil doit présenter, et se présenter, à l'homme créateur sous une forme totalement intégrée quant aux différentes composantes nécessaires à la création : outil pour *concevoir* librement, outil pour *agir* organiquement, outil pour *percevoir* naturellement.

Dans le cas des arts informatisés, le concept de *la modélisation et la simulation multisensorielle, interactive et en temps réel*, peut alors être une base générique et puissante pour cet outil.

Ce concept est un foyer de convergence et de rayonnement des différents axes de son programme, qui lui permet de fédérer et de maîtriser l'hétérogénéité caractéristique de l'interdisciplinarité du domaine « arts, sciences et technologies ». où se mêlent l'activité de création des outils, l'activité de création avec ces outils ainsi que l'analyse et l'usage des objets créés à l'aide de ces outils.

En ce sens, le programme ne saurait être seulement dédié exclusivement à la recherche, pas plus qu'à la création ou à l'analyse humaine et sociale. Mais il se doit de se positionner à leur intersection commune.

- Du point de vue technique, il s'agit de développer des outils informatiques pour permettre à l'homme-artiste de concevoir et de simuler des objets « simulacres », dotés de tous les attributs sensibles des objets que l'homme peut percevoir et sur lesquels il peut agir, dans une relation sensori-motrice naturelle. Bien que d'origine similaire, l'approche développée par l'ACROE/ICA diffère des implémentations actuelles des systèmes de « Réalités Virtuelles » et pose, en avant-garde, des questions scientifiques non encore abordées ;
- Du point de vue des modes de représentation et des modalités de création de sens, les simulacres multisensoriels peuvent être considérés comme une généralisation de la représentation graphique, sonore, spatiale et temporelle. Ils sont alors les supports d'une représentation généralisée qui permet à l'artiste de mêler étroitement, *fait nouveau*, « conception – action – perception » pour une activité de production de « sens sensible » ;
- Du point de vue expressif et créatif, comme tous les simulacres créés par l'homme, ils peuvent évidemment être dotés de propriétés réalistes ou, au contraire, complètement imaginaires. Ils sont alors la matière première pour la création d'œuvres.

Deux points forts ont émergé des travaux de ces trois dernières années:

- l'acceptation par les artistes et les jeunes, au delà de toute espérance, des concepts et outils proposés, basés sur le modèle physique particulière pour le son et l'image, et cela malgré le fait qu'aucune base conceptuelle et technique ne leur était cachée ; preuve de la conception d'Aristote que « l'art est un aspect de la rationalité », et qu'avoir l'accès à l'exercice de cette rationalité ne brime en aucun cas la créativité et l'originalité recherchées dans tout projet artistique.
- l'émergence des propriétés pédagogiques et éducatives de ces outils et concepts, tant du côté scientifique qu'artistique et du concept « d'éducation de la créativité ». L'apport principal des nouveaux outils, après un élargissement sans précédent des possibilités artistiques, tient alors dans le fait qu'il devient possible d'enseigner le processus créatif lui-même.

Les travaux présentés dans ce rapport comportent sept volets d'importances à peu près égales :

- Développement d'outils logiciels pour la conception, la simulation des objets virtuels pour la synthèse musicale et la synthèse du mouvement visuel ;
- Développement des bibliothèques de modèles d'objets virtuels pour la synthèse sonore ;
- Développement des bibliothèques de modèles d'objets virtuels, pour la synthèse du mouvement et des sensations haptiques ;
- Développement de Transducteurs Gestuels à Retour d'Effort ;
- Analyses pour les sciences de la communication et les sciences de l'homme ;
- Recherche et usages artistiques et culturels ;
- Recherches et usages industriels ;

PRINCIPAUX RESULTATS

Réalisation et dissémination des versions 5 des logiciels de création musicale et de création visuelle

Lancement d'une nouvelle gamme de Transducteurs Gestuels Rétroactifs

Mise en place d'un réseau régional d'utilisateurs « Réseau_APM » et de son extension internationale autour du concept d'Education de la Créativité

Organisation des RICA 2001

Création de 5 nouvelles œuvres artistiques

I.1. Développements d'outils logiciels

I.1.1. GENESIS 1.3 et 1.4 et didacticiels associés

Responsable : Claude Cadoz

Doctorants et stagiaires 2000-2001 : Nicolas Castagné, Florent Lacheroy, Peter Torvik, Claire Brutel, Antoine Cézard, Jean-Loïc Le Carrou.

Le logiciel GENESIS, pour la création musicale à l'aide du noyau de simulation CORDIS-ANIMA, a fait l'objet d'une première version utilisable par les artistes en 1995. Elle a été mise en œuvre pour plusieurs compositions musicales en collaboration avec des studios de production (ZKM à Karlsruhe, AAIM à Turin, DIEM à Aarhus...).

Ces expériences en vraie grandeur ont conduit à des évolutions profondes du logiciel:

- Visualisation des paramètres des objets sur le plan de travail (relation entre les paramètres des objets et leurs attributs visuels : taille, intensité lumineuse ...)
- Ajouts de fonctions d'édition de haut niveau (analyse des propriétés des structures, accordage, transformation de formes modales en formes topologiques ...)
- Ajouts des outils de définition et de manipulation des interactions physiques non linéaires.



GENESIS : accordage de structures vibrantes ; réglages de paramètres ; définition de fonctions d'interactions non-linéaires

La participation de l'ingénieur en informatique et compositeur Peter Torvik a permis :

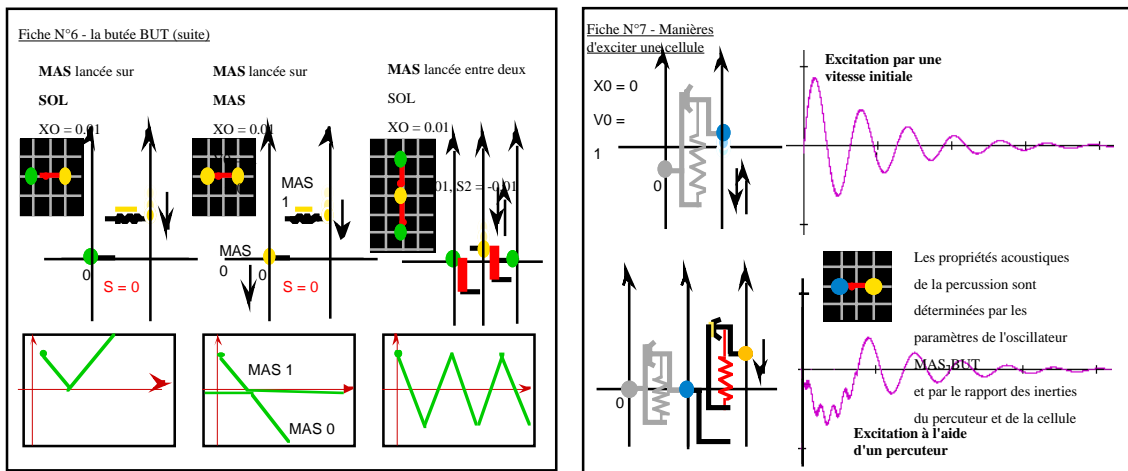
- une re-conception générale de l'ergonomie de la couche de conception instrumentale,
- l'ajout d'une nouvelle "couche" de fonctionnalités de haut niveau pour la composition musicale. Cette couche offre à l'utilisateur la possibilité d'effectuer des calculs arithmétiques pour mettre au point son instrument, associée à une heuristique lui proposant des aides pour le choix des paramètres à modifier, lors de sessions de travail complexes.

Associés au logiciel de modélisation et de synthèse, ont été définis, et pour la plupart implantés, les différents composants d'un didacticiel comprenant :

- un site web présentant les éléments théoriques de modélisation CORDIS, et un manuel utilisateur en ligne
- un ensemble de fiches pédagogiques
- un ensemble d'exemples de simulations pédagogiques et d'exemples d'auteurs

L'outil web est structuré de manière hiérarchique en fonction du niveau d'apprentissage de l'utilisateur et le recours à plusieurs catégories de représentations complémentaires pour chaque objet. Un premier niveau donne un accès rapide aux informations permettant l'apprentissage des fonctionnalités de base et la réalisation de premiers modèles simples. Plusieurs niveaux de profondeur permettent ensuite d'accéder aux éléments de compréhension théorique, jusqu'au niveau le plus profond décrivant les algorithmes de simulation et leurs propriétés.

Les fiches pédagogiques récapitulent l'ensemble des connaissances nécessaires à la création et au contrôle des modèles d'objets physiques pour la création sonore à l'aide de GENESIS. Chaque fiche présente un problème spécifique qu'il est important de bien maîtriser.



Deux fiches GENESIS : Interactions non linéaires

Pour chaque situation typique, des exemples numériques sont donnés et permettent un apprentissage par vérification expérimentale directe. Les fiches permettent :

- la description des modules de base de l'interface GENESIS,
- la compréhension de leurs fonctions et propriétés,
- la détermination des comportements physiques avec les formules qui les décrivent.

Les exemples sont structurés dans une base de données d'exemples indexés. Ils comprennent les modèles GENESIS et les sons produits. Cette base de données compte à ce jour environ une centaine de catégories d'exemples de structures instrumentales avec un ensemble de variétés paramétriques et les sons résultants.

I.1.2. Editeur de geste

Responsable : Claude Cadoz

Doctorant : Nicolas Castagné

Le contrôle des simulations se fait par l'intermédiaire de signaux gestuels (signaux d'entrées dynamiques) qui déterminent les séquences et la forme des événements sonores produits. Ces signaux peuvent provenir d'un flux sortant d'un transducteur gestuel, mais aussi être lus dans des fichiers gestuels fabriqués avant la simulation. Ces fichiers gestuels doivent être présentés à l'utilisateur sous une forme propice à la compréhension du rôle que les signaux qu'ils codent jouent sur l'événement sonore et dans la composition musicale. Ils doivent pouvoir être traités, transformés, voire synthétisés. Pour ce faire, le compositeur doit disposer d'outils permettant d'agir sur leurs caractéristiques déterminantes.

L'ensemble des fonctionnalités correspondantes sont regroupées sous le nom « d'éditeur de geste » dont une première version a été intégrée au logiciel GENESIS.

La recherche a permis :

- de définir les formats gestuels standards pour l'environnement musical,
- de repenser les modules d'entrée gestuelle de GENESIS et des simulateurs,
- de déterminer plusieurs processus d'analyse et de visualisation des signaux gestuels enregistrés à l'aide d'interfaces gestuelles,
- de dégager un ensemble de processus d'édition pertinents pour le geste, qui permettront au compositeur de modifier les segments gestuels,
- de définir les bases d'une "synthèse de segments gestuels"

I.1.3. Génération automatique de modèles physiques de structures vibrantes

Responsable : Claude Cadoz

Chercheurs et stagiaires : Pirouz Djoharian, Sylvain Daudé

La représentation modale des structures vibrantes est intéressante en ce sens qu'elle permet d'établir un pont entre la synthèse en modèle de signal et la modélisation

physique. En effet, les modèles modaux représentent bien beaucoup de structures vibrantes et de plus, ils sont faciles à déduire d'une analyse spectrale. Il s'agit alors de faciliter la conception de modèles physiques particulières pour la synthèse sonore en générant un passage plus ou moins automatique entre une spécification modale des structures et un modèle particulière CORDIS-ANIMA.

Il s'agit en fait de résoudre le problème inverse de la «synthèse modale» de structures vibrantes : étant donné un certain nombre des données spectrales/modales (fréquences et/ou amortissements et/ou amplitudes), construire la ou les structures vibrantes qui réalisent les données requises.

Ce problème inverse peut avoir une multitude de solutions, une solution unique ou ne pas avoir de solution. Dans le cas où le problème admet plusieurs solutions, on peut adjoindre aux données spectrales des contraintes «spatiales» : la dimensionnalité, l'homogénéité, conditions aux bords, etc. Enfin, on peut rechercher des solutions exactes ou bien des solutions approchées, qui minimisent une certaine erreur.

Une première étape du travail consiste à formuler des problèmes inverses pertinents et si possible solubles. Le point de départ consiste à observer que, si les données modales sont entièrement prescrites (fréquences, amortissements, et amplitudes des modes en tout point d'une structure), alors le problème a une solution unique (matrice des masses, des raideurs et des viscosités). Autrement dit, aucune autre condition, ni sur la topologie, ni sur la signification des constantes physiques ne peut être imposée. Ce n'est donc qu'à partir du moment où l'on formule des exigences sur les données spectrales que des considérations spatiales peuvent être introduites. Le cas typique est celui où l'on impose les fréquences, les amortissements et les amplitudes mais uniquement en un seul nœud du réseau.

Une étape suivante complète le processus en produisant un modèle modal à partir de l'analyse spectrale d'un signal. La combinaison d'un module d'analyse, d'un module de production du modèle modal et du premier module décrit plus haut permet alors de passer automatiquement d'un signal audio enregistré à la structure vibrante qui peut l'engendrer dans le formalisme CORDIS.

Ces deux études ont donné lieu à la réalisation du programme GENSYS, qui permet donc de générer un modèle *.top* pour GENESIS, à partir des données modales.

I.1.4. MIMESIS 1.3 et 1.4

Responsable : Annie Luciani

Doctorants et stagiaires: Geoffrey Cerna, Renaud Ott

Ingénieurs et techniciens : Patrick Fourcade, Geoffrey Cerna

Le logiciel MIMESIS est un outil de production d'animations basées sur la modélisation et la simulation physiques particulières (masses ponctuelles - interactions).

Du point de vue théorique, la structure du logiciel MIMESIS inverse le procédé de conception habituel de l'animation. Ce dernier part de la modélisation de formes sur lesquelles s'appliquent ensuite une cinématique. Les formes sont « habillées » par le mouvement. MIMESIS modélise et produit d'abord le mouvement par modèle physique, puis habille spatialement les mouvements. MIMESIS est doublement compatible avec les systèmes de capture de mouvement. Les entrées et les sorties de MIMESIS sont de même nature que les données produites par les systèmes de capture de mouvement.

La première méthode est naturellement plutôt adaptée aux usagers ayant une propension naturelle à manipuler des « formes ». La seconde, choisie dans MIMESIS, s'adresse plutôt à des usagers « dynamiciens », ayant un fort sens du mouvement. Ces différences individuelles sont très importantes à considérer lorsqu'il s'agit de spécifier un outil de conception d'images animées.

Modélisation

La première phase du processus de modélisation consiste à construire la structure du modèle. Compte tenu de la complexité des modèles à créer (grand nombre de masses ponctuelles, interactions de topologie et de nature complexes), cette structure ne peut être manipulée directement dans l'espace tridimensionnel.

Nous avons défini un langage de conception de réseaux physiques qui permet de créer et d'assembler des réseaux CORDIS-ANIMA au travers d'opérations logiques, de boucles et d'assemblages symboliques, selon des modalités graphico-textuelles. Le langage permet notamment de nommer des sous-parties quelconques du réseau (notion de *labels*) afin de faciliter les duplications, les constructions répétitives ou récursives.

Paramétrage

Le comportement du modèle est déterminé tant par sa structure que par les paramètres associés aux masses et aux liaisons qui le composent. MIMESIS est conçu pour permettre un paramétrage aisé du modèle. Le paramétrage est en effet la phase pivot du processus de modélisation si l'on considère que ce dernier est constitué de 3 phases : construction, paramétrage et simulation. L'utilisateur passe de l'une à l'autre jusqu'à ce

que les comportements observés soient satisfaisants. L'interface utilisateur de MIMESIS propose ainsi certaines facilités pour les tâches fréquentes de paramétrage :

- manipulation et positionnement interactifs des modèles créés,
- positionnement automatique pour les structures complexes,
- désignation et sélection des structures, soit graphiquement, soit par les *labels*.

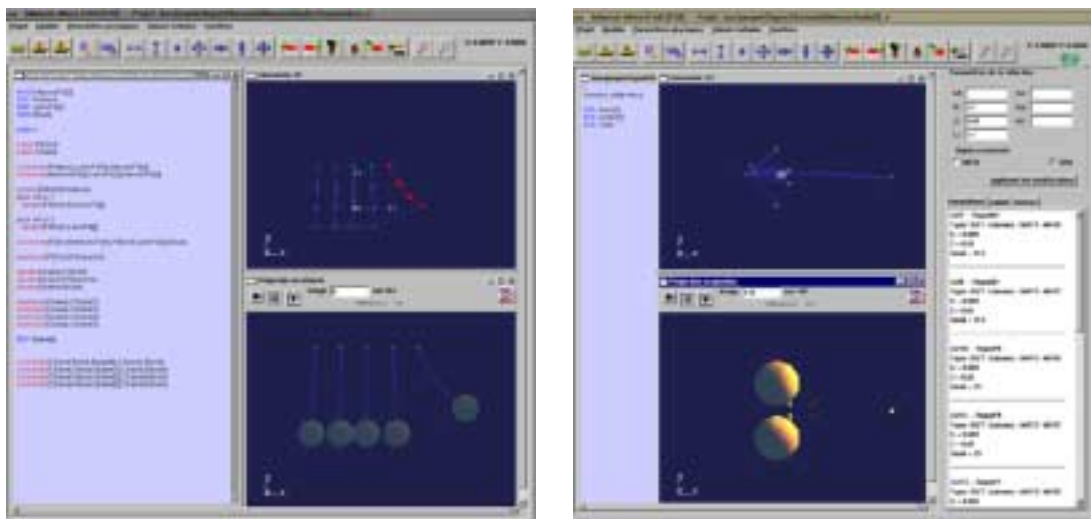
Visualisation

MIMESIS 1.3 propose différents modes de visualisation adaptés aux différentes phases de mise au point des modèles :

- Visualisation fonctionnelle pour la mise au point des modèles (utilisation de symboles pour caractériser les composants des modèles)
- Visualisation habillée au travers d'Esquisse Forme pour la visualisation immédiate des simulations
- Visualisation "de qualité épreuve" pour l'exportation des animations réalisées (augmentation de la complexité et de la précision des formes).

Simulation

Dans MIMESIS, les simulations sont réalisées par défaut par le noyau de simulation CORDIS-ANIMA. Mais MIMESIS peut s'interfacer avec un nombre quelconque de simulateurs.



Interface MIMESIS : Deux exemples de modèles physiques

I.1.5. Utilisation d'algorithmes génétiques pour l'identification automatique de paramètres de modèles physiques pour la synthèse d'images

Responsables : Annie Luciani, Jean-Loup Florens, Jean Louchet (ENSTA)

Intervenants : Bogdan Stanciulescu (Doctorant en thèse sur bourse ENSTA)

Ce travail s'est effectué en collaboration avec Jean Louchet de l'ENSTA (Paris). Le directeur de thèse de B. Stanciulescu est Jean-Loup Florens. Les modèles physiques à base de masses et interactions sont maintenant utilisés couramment en synthèse d'images et de sons, car ils sont très adaptés aux simulations sur l'ordinateur. Malgré ces avancées, un problème reste encore très incomplètement résolu : la définition des paramètres de modèle à partir des observations phénoménologiques directement mesurables. Il s'agit de savoir construire automatiquement le modèle masses – interactions à partir de données cinématiques réelles.

Nous avons alors cherché à identifier le modèle et ses paramètres à partir des données cinématiques en faisant appel à des techniques stochastiques d'optimisation par algorithmes génétiques. Cette stratégie implique une fonction de coût à minimiser qui mesure la distance entre le comportement de référence et le comportement engendré par le modèle. Des capacités auto-adaptatives sont implémentées dans cette stratégie, afin de simplifier la tâche de l'utilisateur en ce qui concerne le choix de paramètres de la stratégie d'évolution.

Les travaux préalables effectués à l'ENSTA jusqu'en 1998, sur des identifications de modèles physiques du laboratoire, ont permis une première avancée dans cette direction en identifiant les paramètres internes de liaisons visco-élastiques à partir de données cinématiques décrivant la déformation d'un objet. Cependant, une de ses limitations est de ne pas permettre de représenter des systèmes complexes comme ceux impliquant l'existence d'une source d'énergie interne au système : motricité interne (mouvement, marche humaine, etc), auto-modifications, etc.

L'objectif de cette thèse de doctorat était d'étendre la technique de modélisation par masses– interactions et la technique correspondante d'identification de paramètres par algorithme d'évolution artificielle, à n'importe quel système produisant du mouvement et en particulier lorsque ce système présente soit des composants non-linéaires, soit une motricité autonome.

Ce travail montre comment on peut introduire la motricité dans les systèmes de particules -interactions, par l'intermédiaire du contrôle, dans des applications comme l'animation d'images.

Un premier travail a consisté à disposer de modèles de motricité compatibles avec la modélisation physique particulière de systèmes physiques. Nous nous basons pour cela sur les modèles de « muscles à proprioception » précédemment développés par l'ACROE / ICA, à partir d'un composant CORDIS-ANIMA quadripolaire. Le premier type de contrôle de muscle étudié est le paradigme de muscle à contrôle central. Un contrôleur central comme un système physique indépendant du réseau masses - interactions modélisant le système physique « rendu passif ». Ce procédé a permis de modéliser des systèmes physiques locomoteurs capables de suivre une cible en mouvement.

Le deuxième type de liaison active (ou muscle) développé est le muscle à contrôle local. C'est la contribution essentielle de cette thèse. Nous avons ajouté des capacités spécifiques aux réseaux neuronaux pour contrôler cette liaison active. Il en résulte un nouveau type de liaison active enrichie avec une unité de commande neuronale, qui se comporte comme un muscle à contrôle local, capable de produire de la motricité.

La stratégie évolutionniste a été utilisée avec succès afin d'optimiser les paramètres de contrôle des liaisons actives, dans le même temps que les paramètres mécaniques. Dans le chapitre des résultats, nous avons testé notre méthode sur deux cas, sur des données de synthèse, artificiellement produites, et sur données réelles.

I.1.6. Le simulateur temps réel TELLURIS

Responsable : Jean-Loup Florens

Stagiaires: Patricia del Campo, David Muniz

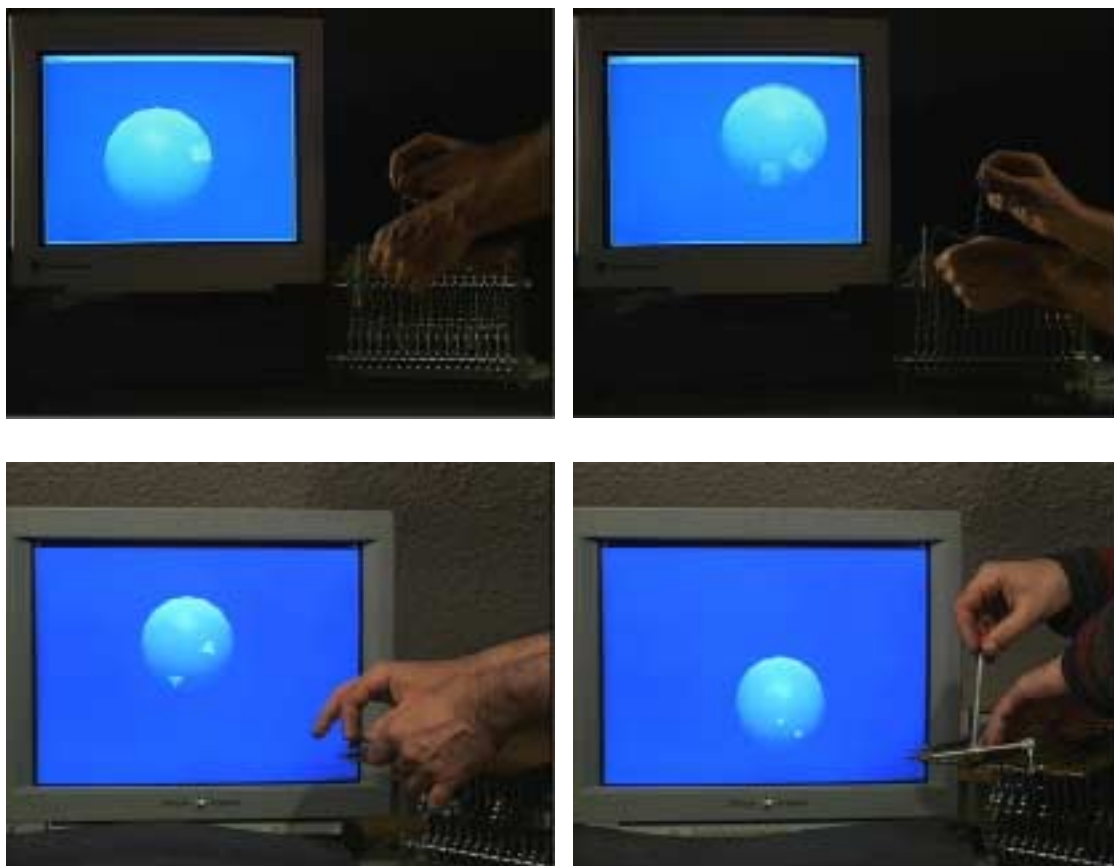
Les derniers développements logiciels sur le simulateur multisensoriel TELLURIS ont été effectués en 1998, dans la thèse d'Olivier Giraud.

Après avoir acquis des cartes de processeurs supplémentaires, il a été possible de poursuivre les travaux de recherche sur l'implémentation multiprocesseur du système TELLURIS.

L'implémentation multiprocesseur a impliqué les études et réalisations suivantes :

- Répartition des entrées / sorties temps réel aux processeurs de calcul
- Répartition multiprocesseur du modèle
- Protocole de communication entre la plate-forme TELLURIS et les logiciels de modélisation MIMESIS et GENESIS
- Test de modèles multiprocesseur
- Changement de modèle en ligne sans arrêter la boucle de simulation

- Implémentation de modules permettant la communication des sous-parties du modèle implémentées sur des processeurs différents.



Simulations et manipulations avec son, image 3D et gestes à retour d'effort : cubes et pyramides

Le travail le plus important a été l'implémentation des « modules fantômes » pour la synchronisation et la communication des boucles de simulation sur chaque processeur.

Les modules fantômes sont des modules physiques CORDIS-ANIMA, sans calcul, compatibles avec les synchronisations à deux phases de la simulation des modules physiques, se trouvant pour moitié sur chacun des processeurs qui échangent des variables physiques entre modules. Les modules fantômes permettent de couper un réseau CORDIS de manière quelconque en sous-réseaux tout en conservant la consistance physique de ce réseau et sans éléments de traitement exogènes (de type traitement du signal).

I.2. Modèles physiques pour la synthèse de sons

I.2.1. Etude de la percussion

Responsables : Claude Cadoz, Jean-Loup Florens

Doctorant : Patrick Fourcade

Les processus de percussion dans les instruments de musique ont été étudiés par Patrick Fourcade, dans de sa thèse. La soutenance de la thèse de P. Fourcade a eu lieu le 19 janvier 2001. Le rapport de thèse est accompagné d'un CD d'exemples d'expérimentations et d'applications.

Ces travaux ont apporté d'une manière générale une meilleure connaissance des mécanismes physiques et perceptifs en cause dans la percussion. Ils ont permis également de définir de nouveaux outils et de nouveaux modèles pour la simulation des instruments dans le cadre du système CORDIS-ANIMA.

La méthode utilisée est de confronter trois domaines de représentation du son : la description par modélisation physique, la description du signal acoustique et la description en termes de perception. L'attention est portée plus particulièrement sur les modèles physiques. Ces derniers sont réalisés et approfondis à l'aide d'un langage de synthèse sonore adapté à la simulation temps réel.

Une première étude des « chocs viscoélastiques » a permis d'élaborer un modèle minimal pour la reproduction des phénomènes percussifs. Il a conduit à la mise en œuvre de quatre formes percussives fondamentales. En outre, ce modèle a permis de réaliser des synthèses de phonèmes à consonnes plosives. A partir de ce modèle, nous étudions des séries de percussions rapprochées dans le temps. Certaines séries génèrent sur un oscillateur simple des transitoires percussifs contenant des modulations de hauteur. Un système d'équations permet d'accorder ces modulations. En outre, des synthèses de phonèmes à consonnes plosives sont réalisées à partir de modèles de percussion.

Une deuxième étude « dissipation et amortissement », a conduit à la mise au point d'un modèle différentiel de piano, incluant le comportement dissipatif du feutre, calibré à partir de courbes expérimentales. Les simulations réalisées à l'aide de ce modèle ont permis de restituer le phénomène caractéristique de modification de l'attaque liée à l'écrasement du feutre lorsque la vitesse de frappe augmente. Une difficulté théorique sur le feutre a conduit à préciser les différences entre le formalisme des réseaux électriques et le formalisme des systèmes mécaniques particuliers.

Enfin, une étude spécifique du phénomène «d'effet de stress» dans le jeu de percussion a permis de mettre en évidence la nature de l'amortissement caractéristique lié à ce jeu. L'amortissement dans la percussion est abordé par une expérience psychoacoustique sur des sons réels de timbale stressée. Un modèle de percussion par « effet de stress » produit des sons stressés de gongs, de bongos et de xylophones virtuels. Un raisonnement mathématique démontre l'amortissement caractéristique par effet de stress.

I.2.2. Modélisation physique de la spatialité

Responsable : Claude Cadoz

Stagiaire : Olivier Meunier

Les modèles CORDIS développés jusque là à l'aide en particulier de l'interface GENESIS ont permis de réaliser une grande variété de sons, en prenant en considération les différents composant de la chaîne instrumentale : geste - excitateur - structure vibrante - environnement local. Toutefois, dans la mesure où aucune attention particulière n'a été portée jusque là à l'environnement global de rayonnement et de propagation de la source jusqu'à l'auditeur, les sons obtenus restent «attachés aux hauts-parleurs».

Le système de modélisation CORDIS permet la modélisation de l'environnement global tout autant que celle des autres composants de la chaîne instrumentale. Celle-ci pose cependant de nouveaux problèmes, tels que :

- La modélisation de l'environnement de propagation ;
- Celle des frontières et des propriétés de réflexion ou d'absorption ;
- Le couplage entre les sources sonores et l'environnement ;
- La position de l'auditeur dans cet environnement.

La principale difficulté réside dans le fait qu'un modèle réaliste complet est extrêmement coûteux en temps de calcul. Aussi, l'objectif a été de déterminer les conditions de modélisation minimales permettant une implantation réalisable dans les temps de calculs acceptables et présentant les propriétés minimales nécessaires à une spatialisation du son, tout en restant dans le cadre strict de la modélisation CORDIS.

Un modèle original élémentaire a été mis au point et évalué sur le plan perceptif. Il permet de restituer les informations nécessaires à la perception de la distance et de l'azimut d'une source quelconque (ponctuelle ou étendue) pour une position donnée de l'auditeur. Il est constitué de deux lignes masses-liaisons viscoélastiques en «T». La ligne horizontale permet de gérer l'azimut et la barre verticale la distance et, grâce à une

fermeture sur une impédance déterminée, la réflexion sur un élément de frontière. Le modèle est entièrement calibré et permet de simuler, dans certaines limites toutefois, une scène complètement déterminée sur le plan spatial. Les propriétés de ce modèle sont simples et pertinentes et permettent de l'envisager comme composant de base d'un système plus général de modélisation de l'environnement global pour un ensemble de sources, ponctuelles ou étendues, fixes ou en mouvement.

I.2.3. Modélisation du système Cloche / battant

Responsables : Claude Cadoz

Stagiaire : Yves Kemp

Le système instrumental « cloche avec battant » est un système qui présente de nombreuses propriétés intéressantes applicables à plusieurs classes de problèmes de génération à la fois du timbre et de macro-formes sonores temporelles.

Cloche

La structure spectrale du son de cloche est particulière (disposition des premiers partiels selon un accord mineur). Cette structure est liée à la géométrie de la cloche et fait l'objet d'un soin particulier au moment de l'accordage à la fabrication de celle-ci ; accordage réalisé par enlèvement de matière après la fonte. La simulation complète et réaliste d'une cloche permettant de restituer ces propriétés suppose la mise en jeu de deux conditions difficiles : très grand nombre d'éléments discrets, extension géométrique tri-dimensionnelle des composants et des déformations. La première entraîne un coût de calcul important et généralement prohibitif. La seconde exclut le recours au modéleur GENESIS qui ne met en jeu que des modèles «topologiques» c'est-à-dire où les composants associés en réseau ne se déplacent individuellement que selon une dimension. Les réseaux CORDIS topologiques sont cependant aptes à produire des sons de structure spectrale identique à celles des sons de cloche. Le problème était donc de définir, par plusieurs approches complémentaires, des modèles topologiques présentant cette structure spectrale spécifique.

Trois approches différentes ont été implémentées et évaluées :

- Modèle « pseudo-géométrique »

Nous avons cherché à déduire certaines structures topologiques de réseaux CORDIS à partir des propriétés géométriques de la cloche, comme la structure en anneaux multiples superposés et couplés dont l'inertie était définie à partir de l'inertie de «tranches» en coupes horizontales de la cloche. Ce modèle a donné quelques similitudes de la structure spectrale caractéristique des sons de cloche, mais reste très peu satisfaisante.

- Modèle modal

Une méthode rigoureuse permet d'effectuer la transformation, sous certaines conditions (cf. Transformation de structures et «problème inverse») d'un modèle modal quelconque de structure spectrale donnée, en un modèle topologique de type CORDIS. Par ailleurs, il est possible de passer de l'analyse spectrale d'un signal sonore de type percussion - résonance, à une structure modale précise. En combinant ces deux outils, il a été possible de donner les paramètres d'un modèle topologique particulier (anneau entièrement connecté) ayant la même structure spectrale qu'un son de cloche réel enregistré. Cette première transformation ne tient pas compte toutefois des amortissements différenciés de chaque partiel, facteur pourtant très important.

- Modèle par « cordes profilées »

Une ligne masse-ressort homogène de taille suffisante, présente une structure spectrale quasiment harmonique. Inhomogène, sa structure spectrale est inharmonique. La relation entre la distribution des valeurs des paramètres et la structure spectrale est toutefois difficile à établir. Une réalisation expérimentale empirique a mis en évidence qu'une distribution des valeurs d'inertie sur la ligne selon une «forme en cloche» permettait de restituer assez pertinemment la structure caractéristique en accord mineur des cloches. Nous avons appelé ce modèle « modèle par cordes profilées ». Cette «heureuse circonstance» offre des perspectives intéressantes car elle permet d'envisager la simulation d'objets de structure spectrale prédéfinie à partir du modèle topologique le plus économique possible (la ligne). Un programme de génération automatique de structures « lignes topologiques » à profil a alors été développé. Il permet d'expérimenter une série de profils de bases définis par des lois mathématiques simples. C'est la méthode qui a donné les meilleurs résultats en termes de structure spectrale du son de la cloche.

Système cloche / battant

Le système cloche / battant, quant à lui, présente un intérêt particulier en tant que système générateur de rythmes. Sonnée à la volée, une cloche adopte en principe un mouvement quasi périodique, donc produit un rythme quasi régulier. Cependant les variations autour de cette régularité, liées à la structure en pendule double du système cloche battant, structure qui présente des tendances au chaos, sont caractéristiques.

Un modèle de pendule double paramétré selon les propriétés du système cloche / battant réel a été étudié. Réalisé dans un contexte général de modélisation bi-dimensionnelle, il a permis de mettre en évidence les formes rythmiques fluctuantes. Il a été ensuite traduit en un modèle CORDIS topologique qui présente, du fait de la présence de la non-linéarité propre à la percussion du battant sur la cloche, une partie des propriétés déterminantes du système cloche / battant.

I.2.4. Entretien continu / retour d'effort

Responsables : Jean-Loup Florens

Stagiaires : Cyrille Henry (DEA Acoustique le Mans)

La simulation interactive de modèles physiques permet de retrouver les conditions du jeu instrumental traditionnel, avec la cohérence énergétique de la chaîne geste / son. La simulation s'effectue en temps réel et un dispositif d'interface gestuel à retour d'effort permet le couplage mécanique entre la main de l'instrumentiste et le modèle d'instrument simulé. Le travail a porté sur les modèles d'instruments à oscillation entretenue dans lesquels le geste permet le contrôle du son à un niveau microscopique (timbre) et a une incidence particulièrement importante sur la qualité musicale (on parle du «son» d'un violoniste).

Plusieurs expériences de simulation interactive de type corde frottée effectuées à le laboratoire ICA ont, déjà montré que l'on pouvait obtenir facilement des effets de phrasé et de variation de timbre musicalement intéressants avec un modèle physique d'instrument peu sophistiqué.

Le travail, orienté sur ce rapport entre geste et son, a comporté 3 parties :

- La mise en oeuvre de simulation interactive d'instrument à entretien, de type corde ou instrument à anche. Cette partie plutôt technique a bénéficié de nombreux moyens déjà en place : système de modélisation CORDIS, simulateur temps réel, retour d'effort ;
- Étude expérimentale à partir de ces simulations des diverses incidences du geste sur le son et éventuellement des réactions de l'état vibratoire du résonateur sur les mouvements gestuels. Pour cela on utilisera des enregistrements de différents signaux (vitesses et pression d'archet, forces de réactions de l'instrument, son et éventuellement variables d'état interne du modèle) effectués à partir de manipulations de jeu réelles ;
- A l'issue de ces expérimentations, élaboration d'éléments théoriques sur la sensibilité des modèles simples à oscillation entretenue vis à vis du geste.

Les objectifs initiaux n'ont été atteints que très partiellement. L'implantation temps réel n'a pu être achevée. Une investigation expérimentale temps différé, moins ambitieuse techniquement, avec un geste simulé a cependant permis de vérifier certaines hypothèses relatives à l'interaction archet / corde et en particulier concernant la dépendance de la composante pulsée de la force de glissement vis à vis de l'état vibratoire de la corde.

I.2.5. Expérimentations sonores

Claude Cadoz

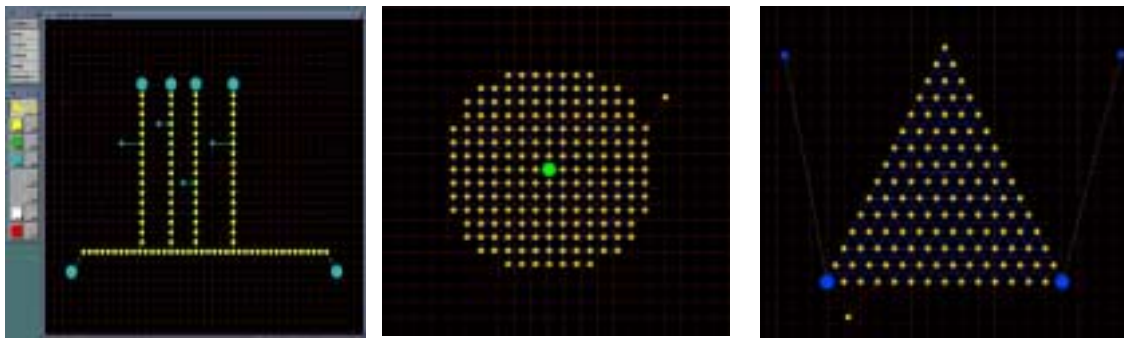
En parallèle à ces modèles dédiés à des catégories instrumentales prédéterminées, un certain nombre d'explorations sur diverses catégories de modèles d'objets producteurs de sons ont été menées dans l'objectif d'enrichir la bibliothèque d'exemples pour les applications musicales.

Deux pistes particulières ont été explorées en 2000-2001 :

- les objets instrumentaux à structures vibrantes multiples, semblables, paramétrées en taille globale et couplées ;
- les excitateurs complexes, générateurs de macro - formes temporelles.

Les premiers correspondent à une référence instrumentale réelle importante : nombre d'instruments à structure vibrante de spectre harmonique (cordes pour le piano, la guitare, la harpe, tuyaux pour l'orgue, etc.) se présentent comme une collection ordonnée d'objets identiques en structure et différenciés selon leur taille).

Le couplage de ces structures entre elles (par résonateurs, chevalet, table, etc.) est l'origine d'un phénomène spécifique et émergent, propre à ces instruments « communautaires ».

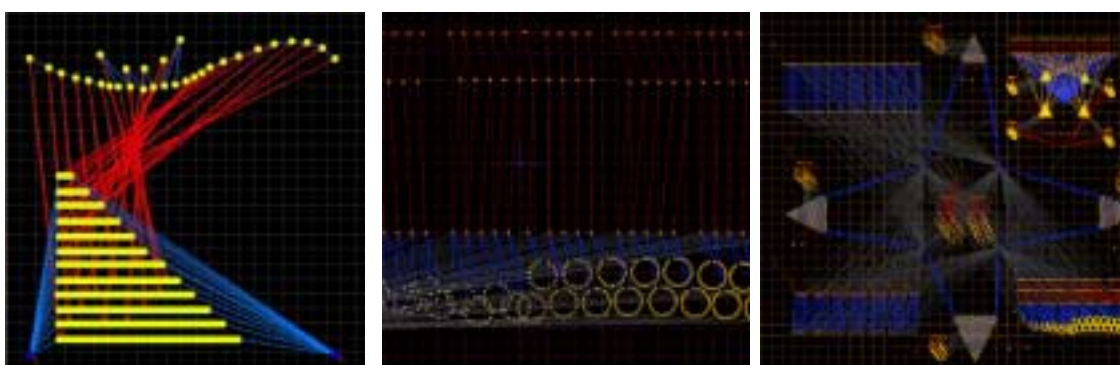


Structures physiques instrumentales : spatialité, plaque, triangle.

Des telles structures sont faciles à mettre en œuvre selon le concept CORDIS. L'exploration d'un certain nombre de situations différentes (structures en petit ou en grand nombre, structures accordées selon l'échelle tempérée ou selon d'autres critères) ont permis de mettre très aisément en jeu ce caractère émergent. L'application musicale est possible.

Les seconds ouvrent une nouvelle perspective à l'application de la méthode par modèle physique particulière de CORDIS-ANIMA. Dotés de paramètres leur donnant des propriétés dynamiques dans le domaine sub-audio (en dessous de la vingtaine de hertz), les structures CORDIS peuvent engendrer des formes temporelles assimilables à celles que le geste instrumental produit. Dès lors, il est intéressant d'établir un vis-à-vis entre des phénomènes gestuels, simples ou complexes, tels que l'instrumentiste ou un ensemble d'instrumentistes pourraient produire, et ce que peuvent engendrer de tels modèles. Ceci autant pour envisager une voie de modélisation des premiers que pour créer de nouvelles formes dynamiques non réalisables gestuellement. Cela montre que le modèle physique CORDIS-ANIMA peut être envisagé non seulement comme un outil pour créer le matériau sonore, mais aussi pour engendrer le développement musical.

De nombreuses expérimentations ont été menées à partir du modèle dit « du serpent » qui utilise une ligne de grande taille et à modes vibratoires très bas (fondamental de l'ordre de quelques secondes) dont chaque masse porte un percuteur (ou tout autre excitateur) « jouant » en un point défini (au choix) sur une corde définie parmi l'ensemble des cordes d'une « harpe ». Les résultats sonores, sur des séquences qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de minutes sans répétition, présentent des propriétés structurelles nouvelles et particulièrement riches.



Structures physiques compositionnelles : Serpent, vent, pico..TERA

Une première œuvre musicale « pico..Tera » a été réalisée par Claude Cadoz sur ce concept en Novembre 2001. La pièce met en œuvre un « orchestre » d'instruments virtuels : sables, cristaux, cloches, carillons, triangles sur et entre lesquels jouent des vents et quelques « marteaux sans maîtres » ... Tous sont assemblés en un même lieu. Aucun traitement ni montage du son n'ont été effectués : la totalité des 290 secondes de ce macro-son a été engendrée par un seul et même macro - instrument numérique, réglé au micron près. « pico..TERA » est aussi une exploration à travers les échelles : du pico au téra-mètre : c'est en traversant ces échelles, en gardant la maîtrise des « paramètres » à chacun de ces niveaux et de la relation entre eux, que nous avons cherché à retrouver une expressivité et une richesse similaires à celles du vivant et du réel.

I.3. Modèles physiques pour la synthèse d'images

I.3.1. Modèles de phénomènes collectifs visibles

Responsable : Annie Luciani [projet contrat Région Rhône-Alpes débuté en juillet 1997]

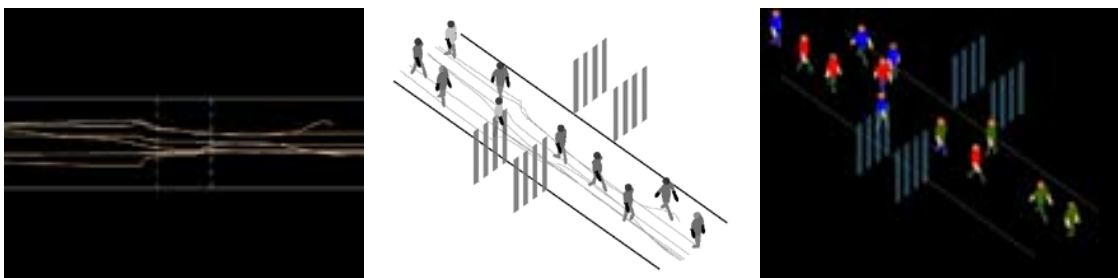
Doctorants et stagiaires : Nicolas Tixier (Architecte DPLG, thèse en cours en collaboration avec le laboratoire Cresson), Mark Svensson (Stage DEA IVR, [précédé par Nicolas Seminel en 1998 et Sébastien Rinolfi en 1999])

Cette recherche a été menée en collaboration avec le laboratoire CRESSON de l'école d'architecture de Grenoble à l'aide d'un financement de la Région Rhône-Alpes. Elle propose de tester le modèle physique pour générer des dynamiques de cheminement en milieu urbain.

Une confrontation avec l'observation *in situ* de ces phénomènes et les représentations visuelles issues de la synthèse est ensuite rendue possible. Ce retour par l'expérimentation virtuelle à l'observation et à la catégorisation phénoménale à partir de causes potentielles inférées au modèle permet d'envisager une utilisation du modèle physique comme un outil de re-construction d'effets et par là même d'aide à la conception architecturale et urbaine.

Le choix a été fait de prendre un dispositif architectural intérieur de sas composé de portes automatiques. Il correspond au souhait d'étudier des interactions individus / individus et des interactions individus / cadre bâti recomposant en permanence et dynamiquement l'espace.

À partir d'hypothèses [critères d'ambiance, notion d'effet, écologie de la perception...] venant d'une première phase de terrain et des travaux antérieurs du laboratoire sur les comportements collectifs, un modèle de "foule" par modèles physiques particulières a pu être développé et expérimenté.



Trajectoires des individus et foule traversant des portes automatiques

Différemment des modèles de foules développés par ailleurs, soit par modélisation « plutôt géométrique » soit par modélisation comportementale où les possibilités de comportements sont d'ordre logique, ce modèle met en œuvre des interactions dynamiques entre les individus et entre les individus et l'environnement physique. Les évolutions dynamiques sont imprédictibles. Il s'agit de comportements dynamiques *émergents*.

Beaucoup de figures observées dans des mouvements réels (ralentissements, agglomérats, « hésitation », constitution de files) ont pu être également observées sur les simulations produites par les modèles.

Très rapidement, il s'est avéré nécessaire d'effectuer un travail spécifique sur les modes de représentation visuelle. Les différentes représentations proposées visent principalement à mettre en valeur les dynamiques engendrées par le modèle. En dehors des représentations sous forme d'humanoïdes, les autres représentations ne recherchent pas une identité au visuel classique, mais au contraire, par des systèmes d'abstraction, elles cherchent à révéler l'apparition, le maintien puis la disparition des organisations spatio-temporelles émergentes par le jeu des interactions : constitution de files, visualisation des interactions agissant sur un individu, contournement d'individus, figures de groupes « rotatifs, etc.

I.3.2. Modèles de pâtes et crèmes

Responsable : Annie Luciani

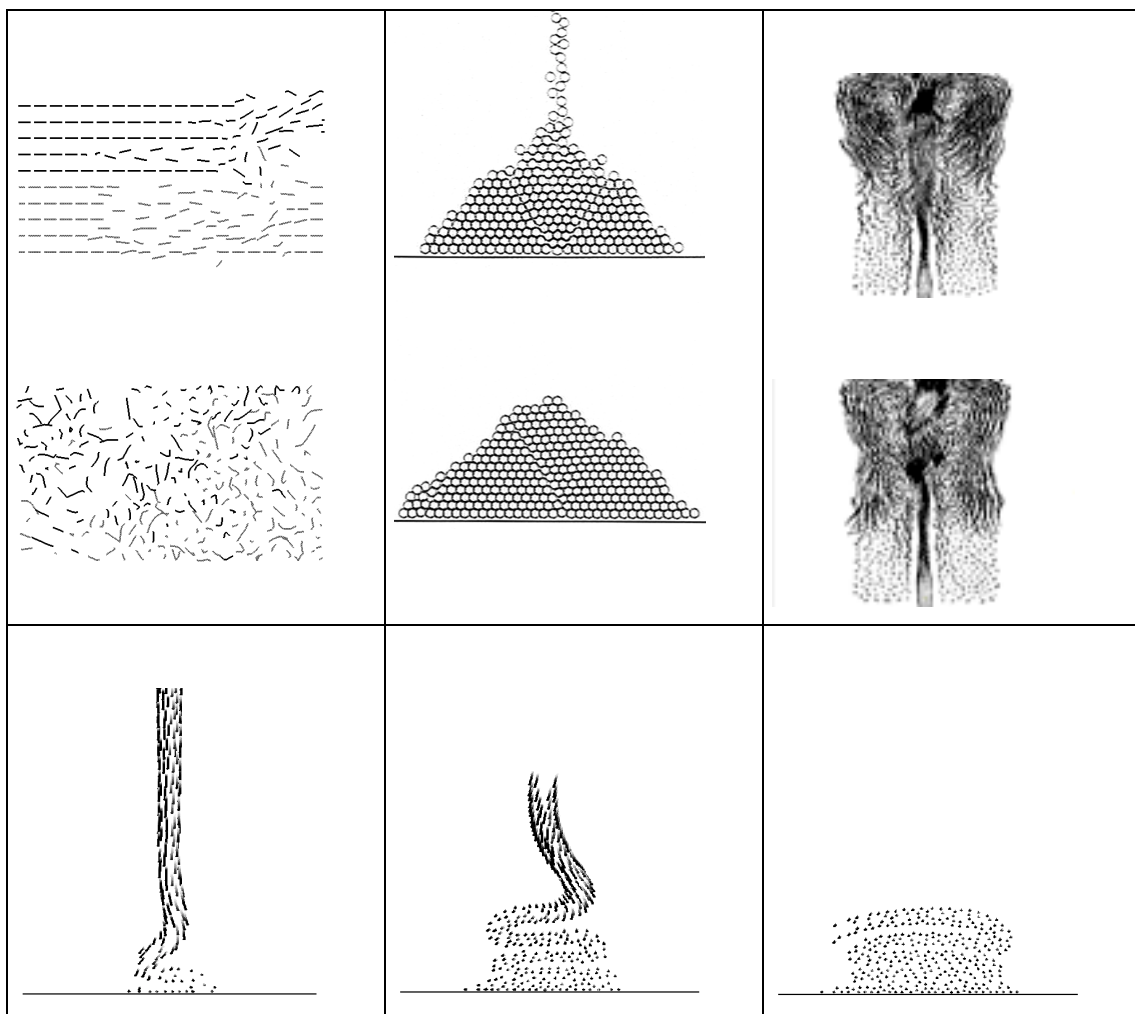
Doctorante : Claire Guilbaud

Les modèles de matériaux granulaires et de fluides turbulents développés de 1996 à 1998, ont permis de borner l'espace des phénomènes d'évolution non solides et de nous montrer que ces effets étaient atteignables par le modèle physique particulière. Nous pouvons à présent chercher à raffiner ces comportements en nous intéressant à des cas intermédiaires, tout aussi fréquents et tout aussi riches tels que les mousses, pâtes, crèmes, gels, etc.

Les travaux de recherche ont eu pour résultat d'élaborer un seul modèle physique, constructible (sans écriture d'équations mais par agencement de composants élémentaires) et expérimentable (tactilement et visuellement) de différents états de la matière : gaz, fluides turbulents, pâtes et crèmes, matériaux granulaires, solides. Le modèle proposé consiste à relier un ensemble de masses ponctuelles deux à deux par une fonction d'interaction unique visqueuse seuillée / élastique seuillée.

On passe d'un état à un autre uniquement par changement paramétrique. Par réglage des paramètres d'élasticité, de viscosité, de seuil élastique et de seuil visqueux, on parcourt les différents états de la matière : gaz, sables, sables humides, boues, pâtes, crèmes, fluides turbulents ...

Ces travaux nous ont permis de comparer la modélisation physique particulaire CORDIS-ANIMA avec les principales approches par modèles physiques particuliers : famille de fonctions potentielles (Greenspan) et collisions rigides dissipatives (Mac Namara). Nous pouvons ainsi en montrer à la fois la meilleure modularité ainsi que la meilleure efficacité calculatoire.



Modèle unifié des différents états dynamiques de la matière : gaz, poudres, pâtes, fluides

I.3.3. Modélisation et visualisation de formes complexes 3D (sables, fluides ...)

Responsable : Annie Luciani

Doctorant : Claire Guilbaud (Doctorante en thèse sur Bourse MENRT)

Par « forme complexe », on entend les formes très variables que peuvent prendre des matériaux comme des sables, des fluides, des pâtes, différents types d'amas en évolution, etc. Avant de réaliser leurs modèles en 3D, une étude approfondie en 2D a été effectuée pour cerner les principaux effets caractéristiques de ces formes. L'obtention de ces effets caractéristiques sera le principal critère de validité du modèle. Ainsi, un modèle de sable ne pourra être valide s'il n'est pas capable de restituer des comportements caractéristiques essentiels des matériaux granulaires : empilements symétriques lors de l'écoulement sur un sol, croissance par avalanche de surface.

Les différentes études se sont portées sur les quatre grandes familles de phénomènes complexes :

- Ecoulement de fluide turbulent : tourbillons de Kelvin-Helmoltz et allée de von Karmann ;
- Ecoulement de pâte (type « pâte de dentifrice ») ;
- Comportement de fluide "expansif" (VAP.04.07) : "mousse de polystyrène" ;
- Un fluide fortement sablonneux que l'on pourrait comparer à du sable mouillé.

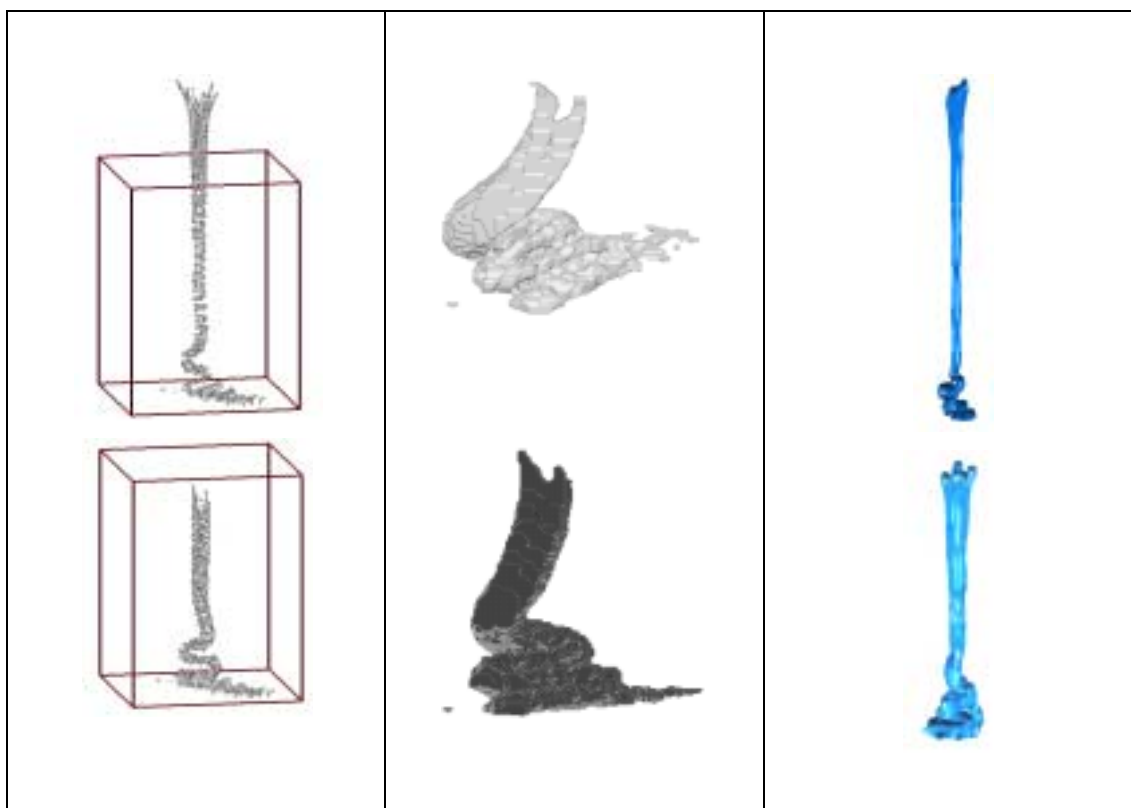
Les méthodes réalisées pour la visualisation doivent permettre de visualiser de manière réaliste les phénomènes naturels précédemment cités. Pour cela, elles doivent être "capables" de rendre toutes les caractéristiques de ces phénomènes :

- le mouvement brownien, les vortex, les laminarités, les volutes des fluides turbulents ;
- les avalanches de surface et internes pour le sable ;
- les points d'inflexions, le mélange de deux couches de flux, les points de rebroussements, et les évolutions de ces caractéristiques au cours du temps pour les fluides.

La simulation physique produisant le mouvement d'une constellation de points dont les positions changent en permanence, il s'agit de reconstruire ou de construire le volume du matériau au cours du temps.

Une première méthode de construction a été mise au point pour la visualisation des fluides, notamment les pâtes qui présentent, pour une même simulation, le maximum de caractéristique à visualiser. Cette méthode, récursive, construit un volume contenu dans un parallélépipède rectangle formé de petits cubes appelés voxels. Les premiers résultats sont satisfaisants. Mais la méthode de rendu utilisée (les Marching Cubes) est utilisée de façon brute : aucune optimisation notamment pour le calcul de normales qui ne prend

pas en compte la densité dans la direction opposée du gradient. Cette méthode doit être utilisée avec d'autres modèles et d'autres méthodes de rendu pour en faire une méthode de visualisation satisfaisante.



Modèle particulaire de pâtes et deux méthodes de visualisation

La seconde méthode implémentée est capable de prendre en compte les caractéristiques volumiques (caractéristiques visibles sur le contour) des phénomènes naturels de référence précédemment citées (croissance par avalanche pour les sables, point d'inflexion pour les pâtes, ...). Plus robuste que la première, moins coûteuse, cette méthode se base sur la notion de proximité entre points de la simulation. En effet, il s'agit ici de calculer une iso-surface pour l'ensemble des points afin d'obtenir une visualisation du contour du volume répondant à nos critères. Comme pour la méthode précédente, nous utilisons la méthode des « Marching Cubes » pour rendre le volume. Mais ici nous pouvons placer les facettes créées de manière à obtenir une surface lisse et régulière.

L'iso-surface est calculée en plaçant pour chaque point de la simulation une sphère de rayon caractérisant le phénomène. Ce rayon est représentatif de la distance moyenne séparant deux particules au cours de la simulation. Cette distance nous permet de créer l'iso-surface mais aussi de distinguer les particules internes au fluide, des particules en bordure de fluide.

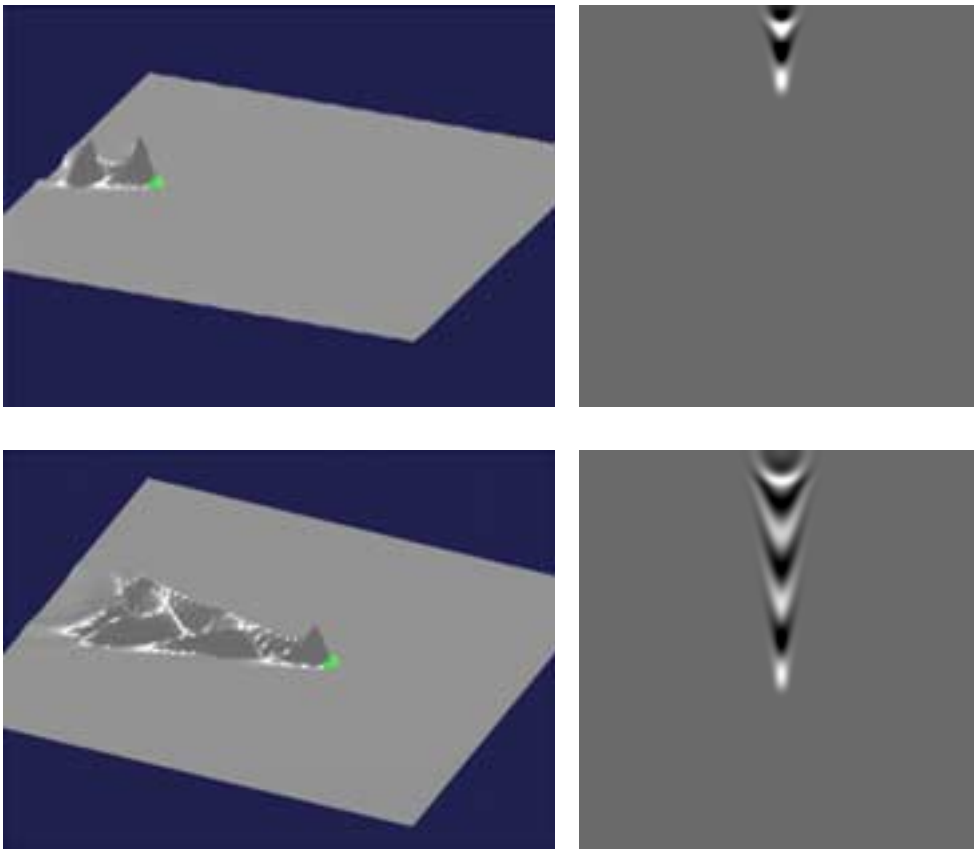
I.3.4. Visualisation de phénomènes complexes

Responsable : Annie Luciani

Stagiaire : Nicolas Bronnec (DEA IVR)

La visualisation de phénomènes complexes comme des écoulements fluides, des très grandes déformations, des restructurations de matière, ne sont pas à ce jour traitées par les méthodes usuelles de synthèse d'images. Ces dernières se fondent essentiellement sur la modélisation géométrique des formes pour les aspects morphologiques et sur l'interaction avec la lumière de formes très peu déformables, pour les aspects couleurs et intensité.

L'équipe a développé une méthode originale d'habillage dynamique et de visualisation de phénomènes complexes. Cette méthode a été appelée "l'écran d'épingles", en hommage et en référence au graveur - animateur Alexandre Alexeïeff. Elle permet de transformer des mouvements d'ensemble de particules en images planes.



Principe du procédé de visualisation « Gravure ». A droite, le champ potentiel calculé.
A gauche, l'image résultante : sillage d'un point

Les points sont remplacés par des zones pleines, déformables et de densité variable. La déformation de ces zones simule la déformation d'un amas de matière (ensemble de particules de fumées, ensemble de grains de sable, ensemble de parcelles de fluides ...).

Ce procédé permet une représentation très fine de phénomènes complexes, comme des volutes de fumées ou des tourbillons fluides. La mise au point de cette méthode a fait l'objet de la thèse de doctorat de Arash Habibi en 1997, obtenue avec les félicitations du jury. Elle a permis la réalisation de plusieurs films utilisés dans des créations artistiques.

L'idée est la suivante :

Puisqu'il s'agit de reconstruire l'encombrement spatial des masses ponctuelles, revenons à leur définition. La masse ponctuelle peut être un outil de représentation dynamique basée sur les principes de force et d'action-réaction. Elle peut également représenter la singularité du champ de forces ainsi créé par l'interaction avec une autre particule. Si l'on modélise l'espace comme un ensemble de particules produisant un champ potentiel par interactions avec les particules à modéliser lorsque ces dernières sont en mouvement, l'évolution de ce champ potentiel donnera l'évolution de leur forme.

Cette méthode qui implémente deux représentations de base du principe d'inertie représente en fait une généralisation de la méthode des surfaces implicites : le champ potentiel n'est pas figé mais est dynamiquement modifié par la particule en mouvement dont il s'agit de trouver la forme.

Le programme n'était pas réellement utilisable par des utilisateurs non-physiciens et non-informaticiens. Une première phase du travail a consisté en une reprise totale du logiciel, pour rendre son usage plus accessible à des travaux de création. Ce logiciel fait intervenir des algorithmes assez complexes. Il devra être poursuivi et enrichi.

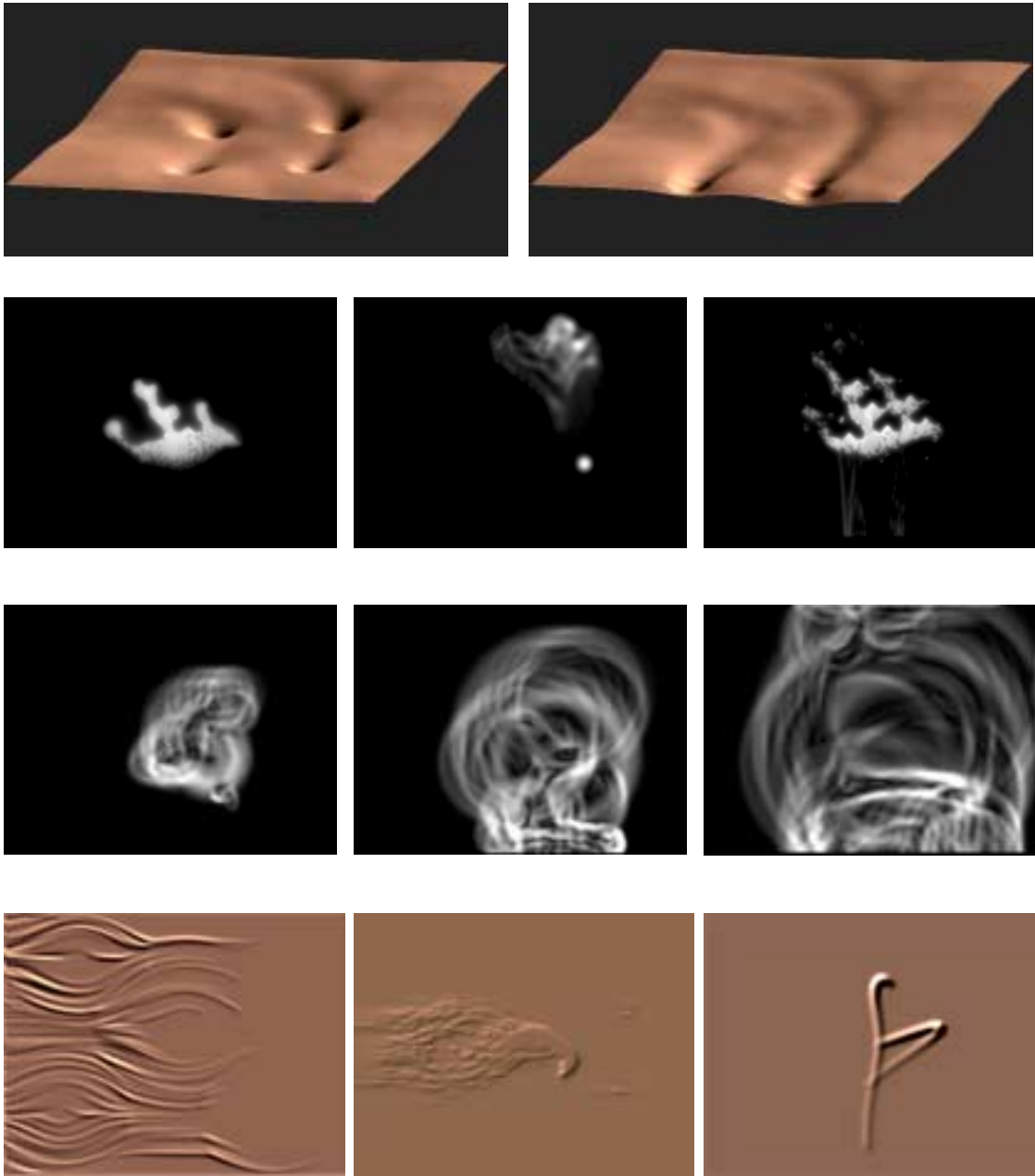
Ce travail a fait l'objet d'une publication intitulée « Dynamic coating », à paraître dans la revue « Transactions on Visualisation and Computer Graphics ».

On a pu ainsi représenter, à l'aide d'un seul système de visualisation, simplement par changement paramétrique, les dynamiques de différents phénomènes physiques comme :

- des habillages d'objets rigides ;
- des effets de déformation de type élongation, étirement, etc. ;
- l'effet de flou ;
- les phénomènes d'empreintes et de rémanence variable ;
- des effets de propagation ;

- des effets de déchirement et de distorsion de formes.

Un deuxième travail a consisté à étendre la méthode en 3D, ce qui nous permettra ensuite d'aborder les visualisations tridimensionnelles de phénomènes complexes. La méthode est en effet parfaitement transportable en 3D. A chaque point de l'espace, un scalaire, qui représente la valeur du champ potentiel, est calculé par un modèle physique de grille régulière. Il suffit alors d'implémenter cette grille en 3D.



Diverses visualisations par le procédé « Gravure »

I.3.6. Modélisation de phénomènes atmosphériques de grande taille

Responsable : Annie Luciani

Stagiaires : Manuel Juliachs (DEA IFA, Université de Marne la Vallée)

Pour compléter le pavage des modèles physiques de phénomènes visibles, nous nous sommes penchés sur la modélisation de phénomènes dynamiques spatiaux de grande taille.

Le cas choisi pour cette première étude a été le cas de phénomènes atmosphériques dynamiques, comme les aurores boréales ou les orages tropicaux.

Nous nous sommes intéressés prioritairement aux aspects dynamiques. C'est pourquoi, nous avons pris comme exemple les aurores boréales dans la mesure où l'aspect tri-dimensionnel était moins marqué que dans d'autres phénomènes de ce type, et qui nous permettra de mettre au point le modèle en 2D.

Le phénomène physique est le suivant : un certain pourcentage de particules de vent solaire électriquement chargées arrivent à pénétrer dans la magnétosphère terrestre. Elles heurtent alors les particules de la haute atmosphère (O, O₂, N₂ à une concentration de 10¹⁸ particules / cm³). Lors de ces chocs, les molécules et atomes heurtés peuvent subir soit une ionisation (par perte d'électrons), soit une dissociation (par ex. N₂ -> 2N), soit une mise en excitation suivi d'un retour à l'équilibre. Lors du retour à l'équilibre, l'énergie accumulée se dissipe en produisant soit une recombinaison chimique, soit une émission lumineuse. C'est cette émission qui produit le phénomène des aurores. Les atomes d'oxygène émettent à 577 nm (vert) et à 630 nm (rouge, le plus intense), et les molécules de N₂ et d'O₂ émettent respectivement dans le mauve et jaune, et rose et jaune avec un peu de bleu.

Il serait illusoire de reproduire terme à terme la cause physique de ce phénomène, par un ensemble de particules solaires venant percuter un autre ensemble très important de particules atmosphériques réparties dans l'espace. C'est pourquoi, ce sujet est particulièrement intéressant pour illustrer notre méthodologie de modélisation, qui à partir d'une analyse fonctionnelle de la cause physique et de ses effets, va conduire à dégager les composantes fonctionnelles de notre modèle physique.

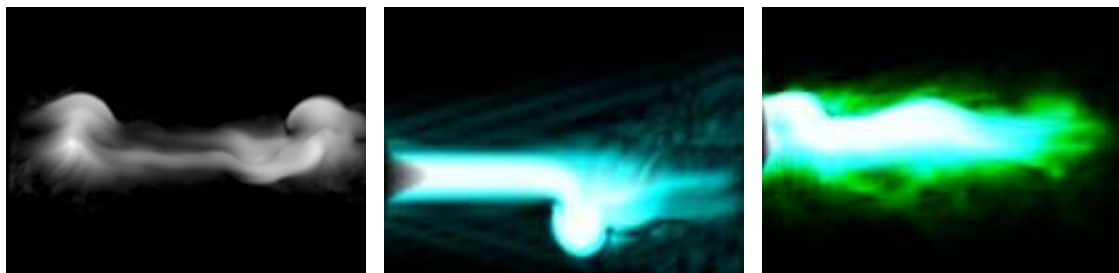
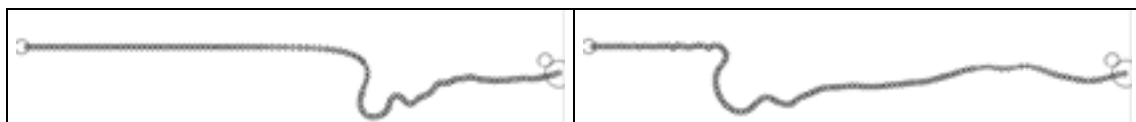
Tout d'abord, synthétisons les principaux sous - phénomènes : un phénomène de type relaxation, un phénomène de type propagation non-isotrope, un phénomène de type propagation et diffusion isotrope.

Il en découle un modèle à trois composants couplés :

- Un composant simulant le phénomène de relaxation ;
- Un composant propageant cette relaxation de manière non isotrope ;
- Un composant propageant cette propagation dans tout l'espace.

Cette décomposition fonctionnelle permet d'optimiser le modèle par partie :

- La dimension bi-dimensionnelle (ou tri-) sera portée par le composant 3. Il est inutile qu'elle le soit par le composant 2 ou 1. Ces deux derniers pourront donc être localisés en certains endroits de l'espace ;
- La dimension « anisotropie » est portée par le composant 2. Il est inutile qu'elle le soit par le composant 3, qui peut être homogène et régulier ou par le composant 1, qui pourra alors être ponctuel. Le composant 2 devra alors porter à lui seul l'anisotropie et être optimisé selon les directions principales de celle-ci ;
- Le composant 1 porte la non-linéarité temporelle de l'oscillation de relaxation. Les composants 2 et 3 peuvent donc être dynamiquement linéaires.



En haut : un composant de couple de type Corde ; En bas, les images obtenues après calcul de son effet dans l'espace physique.

Compte tenu de cette analyse, le modèle final adopté est considérablement simplifié, tant dans sa conception que dans son implémentation :

- Le composant d'excitation est un simple relaxateur mono ou bi-stable ;
- Le composant de couplage est une structure physique homogène de structure particulière : corde, anneau, etc.
- Le composant d'espace est une grille régulière physique à comportement linéaire masse - élasticité - viscosité ;

Le premier excite le second qui excite le troisième.

I.2.4. Modèles de phénomènes collectifs audibles

Responsable : Annie Luciani

Intervenants : Ewa Szalek (DESS Acoustique - Bourse européenne, Erasmus)

Certaines propriétés des phénomènes produits par modèles physiques sont plus aisément perceptibles par l'image, d'autres par le son, en particulier les changements d'états et leur dynamique. Ainsi, dans la simulation d'un tas de sable, si l'on perçoit bien la forme macroscopique et le procédé de conservation de cette forme par avalanche de surface et effondrement interne, on perçoit mal leur instant de déclenchement et leur dynamique. Pour la création artistique, ce type d'étude pose la question de la relation son-image de manière différente du simple rapprochement phénoménologique effectué par les outils audiovisuels et multimédia numériques.

Un effet particulièrement intéressant est appelé l'effet de métabole. En Grec, le mot « métabolos » signifie ce qui est changeant, quelque chose qui est en métamorphose. L'exemple le plus classique qui donne à entendre l'effet sonore correspondant, "l'effet de métabole", est celui du marché : des sons innombrables de voix, de monnaie, de pas, de chocs ou de mille autres sources sonores ne cessent de se relayer pour émerger avec clarté, et aussitôt disparaître dans le fond au profit d'autres émergences. Le phénomène est le même dans des effets visuels comme des flammes ou des reflets sur l'eau : des formes identifiables apparaissent sans que l'on puisse les isoler.

C'est une figure classique de la rhétorique, elle désigne l'instabilité dans le rapport structurel qui lie les parties d'un ensemble, donc la possibilité de commuter dans n'importe quel ordre les composants élémentaires d'une totalité.

Dans le sens employé ici le changement affecte donc le rapport des éléments qui composent l'environnement sonore, compte tenu que celui-ci est l'addition et la superposition de sources multiples entendues simultanément.

Nous avons commencé l'étude théorique pour la modélisation de ce type d'effets et obtenu un ensemble de séquences sonores qui rendent déjà bien compte des phénomènes recherchés.

Le modèle choisi provient lui-même d'une métaphore des observations des comportements du modèle physique de sable réalisé par le laboratoire ICA. Il se base sur une analyse de la dynamique des tas de sable en trois couches :

- Couche inférieure : les grains sont très comprimés par les deux couches supérieures et sont en contact élastique permanent. Cette couche se comporte comme une surface vibrante linéaire ;

- Couche intermédiaire : les grains sont comprimés uniquement par la couche supérieure. Ils ne sont pas toujours élastiquement reliés. Cette couche est le siège de micro-percussions multiples ;
- Couche supérieure : les grains tombent et percutent la couche intermédiaire. Ils ne sont quasiment pas comprimés. Il s'agit là d'un ensemble de percussions macroscopiques.

Ce modèle en trois couches a été implanté dans GENESIS :

- La couche inférieure est modélisée par une corde ou une plaque viscoélastique vibrante ;
- La couche intermédiaire est modélisée par un grand nombre de petits percuteurs contraints à se déplacer dans une petite zone (effet maracas) entre la structure vibrante et un bord fixe ;
- La couche supérieure est constituée de petit nombre de masses tombant librement et venant ré-exciter les micro percuteurs.

Les effets sonores obtenus sont de même nature que ceux présents dans les sons de sables enregistrés : effet tambour, effet sifflement, effet résonance. Il resterait à modéliser le changement de taille du modèle, pour simuler le grossissement ou le changement de formes du tas.

I.4. Nouvelle gamme de Transducteurs Gestuels à Retour d'Effort

Responsable : Jean-Loup Florens

Ingénieur : Cécile Mandelbaum

La conception d'une nouvelle gamme suppose deux activités importantes :

- la re-conception partielle de certains éléments de l'élément de base, le "moteur-tranche", par rapport au prototype de laboratoire ;
- la conception d'interfaces mécaniques adaptées à différents types de gestes.

I.4.1. Amélioration et validation de l'élément de base "Actionneur-capteur tranche"

Le concept de TGR introduit en 1988 avec le clavier rétroactif modulaire fonde la modularité du dispositif sur une structure à deux éléments : l'actionneur multiaxe et l'habillage mécanique. L'interchangeabilité de l'habillage mécanique permet de

répondre à différents choix de morphologies de manipulation, à partir d'un même actionneur. La structure en empilement de tranches plates de l'actionneur permet de plus à partir d'un même module élémentaire d'assembler à la demande un dispositif à nombre d'axes quelconque.

Les travaux de re-conception engagés en 2001 ont eu pour objectif premier de fiabiliser et d'améliorer les performances de la base "actionneur-capteur" de la technologie du laboratoire, en particulier avec l'amélioration des guidages de manière à obtenir un coefficient de frottement de très grande qualité pour des gestes plus précis. Nous avons profité d'opportunités techniques pour apporter deux autres améliorations et extensions :

- Possibilité d'augmenter la force par le couplage mécanique de plusieurs tranches entre elles pour élargir le champ d'utilisation de la technologie à des gestes réclamant des forces plus grandes (conduite automobile, télé-robotique) ;
- Possibilité d'augmenter le débattement de manipulation de manière à utiliser cette technologie pour des gestes plus amples que les gestes des doigts et de la main.

Adéquation de la structure tranche à la fonction de retour d'effort dans les interfaces gestuelles.

L'actionneur multi-axes est constitué d'un empilement d'éléments électrodynamiques plats à un axe. Son originalité réside dans le principe de partage du flux qui permet d'obtenir une efficacité volumique par axe plus importante qu'un système à actionneurs d'axes indépendants.

Outre la modularité, la structure est particulièrement bien adaptée à la dynamique exigée pour restitution de l'effort dans les interfaces gestuelles puisque :

- L'absence de fer procure une capacité de surcharge importante et une bande passante très élevée ;
- L'ensemble des conducteurs actifs est plongé dans le flux pour toutes les positions de la bobine mobile.

Ceci permet d'optimiser :

- la masse mobile et donc les constantes de temps mécaniques ;
- la dissipation qui est limitée aux conducteurs actifs et aux têtes de bobines ;
- la constante de temps électrique de la bobine.

La structure plate est presque aussi performante que la structure cylindrique sans cuivre mort (type hauts parleurs) mais elle permet une meilleure utilisation de la masse aimantée car les fuites de la structure empilée sont beaucoup plus faibles.

Améliorations pour les structures en translation.

La structure en translation choisie pour sa simplicité et son efficacité nécessite cependant un travail particulier au niveau de la partie mécanique qui en est la partie sensible.

Les bobines se déplacent entre deux rangées de plaques aimantées et sont maintenues par un système de guidage qui doit à la fois présenter un jeu minimal et un frottement négligeable. Les critères de qualité habituels utilisés en conception mécanique peuvent être mis en défaut par les exigences du retour d'effort gestuel : un jeu fonctionnel pour la longévité et la robustesse du mécanisme pourra être un parasite perceptible au niveau du geste de l'opérateur. C'est pourquoi il est indispensable à différents stades de la conception et de la mise au point de soumettre le concept à l'épreuve du geste réel.

Dans le cas du guidage en translation, le principe utilisé précédemment est basé sur des bagues téflonnées glissant sur des barres rectifiées. Les qualités de ce système étaient la simplicité de montage et le coût relativement faible pour un fonctionnement relativement satisfaisant. Il présente plusieurs défauts qui se sont aggravés avec le temps :

- Niveau de frottement mécanique important qui limite les performances du système. Les effets de collage caractéristiques du frottement solide sont perceptibles même à très faible niveau, et difficiles à compenser ;
- Sensibilité de ce frottement, aux conditions externes telles que température, niveau de sollicitation de la bobine et d'autres facteurs non mesurables ;
- Sensibilité importante de ce frottement aux efforts latéraux.

La transmission de l'effort au mécanisme passif d'habillage est également un point sensible. L'élimination totale de ces efforts latéraux aurait impliqué un mécanisme intermédiaire de découplage ou l'intégration de cette fonction de découplage à chaque type d'habillage. Il était donc préférable de revoir complètement le concept de guidage. Privilégiant toujours l'efficacité dynamique, nous avons conservé la configuration à translation, mais choisi un nouveau système de guidage, utilisant des glissières à billes sans recyclage.

I.4.2. Extension du principe de modularité.

Axes multi-tranches de puissance adaptable

L'utilisation du moteur tranche a été au départ prévue pour des manipulations de type "geste digital", c'est-à-dire des gestes effectués avec la main et les doigts, autrement dit

pour des déplacements de l'ordre de 10 cm au maximum. A titre de comparaison, le bras Phantom, qui est le principal concurrent de notre technologie, propose des manipulations dites "de l'avant-bras", correspondant en effet à des débattements de l'ordre de 25 à 50 cm. La force ramenée, ainsi que sa résolution, suit ce changement d'échelle.

Nous avons étendu les usages de notre technologie aux gestes de grande dimension de l'avant-bras et du bras (type "levier de vitesse") sans perte de performances.

Dans les utilisations type "digital", l'énergie maximale par cycle et par axe est $80\text{N} \times 0,02\text{m}$ (force maximale x déplacement). Pour des gestes corporels, l'énergie par cycle maximale est de $200\text{N} \times 0,17\text{m}$. Ce niveau d'énergie a pu être atteint par l'accouplement de plusieurs tranches identiques et une augmentation de l'ambitus de déplacement, qui passe de 15 à 22 mm. L'utilisation de plusieurs tranches accouplées est plus avantageuse du point de vue des performances dynamiques que celle d'une tranche unique redimensionnée. De plus cela permet d'avoir un actionneur multiaxes avec des axes de puissances différentes.

Redimensionnement et électronique de commande

Nous avons effectué tous les travaux nécessaires au re-dimensionnement de la partie électrotechnique de manière à adapter le concept à différents types d'usages et conditions d'utilisations. Un outil logiciel pour ce re-dimensionnement a été réalisé sous forme de table de calcul Excel. Il permet de calculer tous les paramètres électriques de la bobine et d'optimiser le dimensionnement en fonction de différents critères : constante de temps, force maximale, vitesse maximale, puissance dissipée etc...

Une nouvelle électronique de commande a été complètement conçue et réalisée. Elle permet d'atteindre des forces plus importantes qu'auparavant dans des temps très courts, ce qui permet d'améliorer considérablement les sensations de type "mur", "billage", etc.

Résultats

Une petite série de 22 tranches actionneurs - capteurs a été réalisée, qui, après mesurage, donne toute satisfaction en ce qui concerne l'amélioration des performances recherchées.

Nous avons validé ces caractéristiques sur une application industrielle pour laquelle nous avons monté une première série de 16 tranches avec une morphologie de levier de vitesse qui couple 13 tranches pour l'axe d'enclenchement des vitesses (axe sur lequel l'utilisateur exerce des forces importantes et perçoit les effets de mur très rigide et de billage (grippage des engrenages de la boîte)) et 3 tranches pour l'axe de sélection des

vitesse (effet de grille). Ces actionneurs ont été fournis fin mars 2001. Ils ont été validés par le client fin septembre 2001. Une version industrielle est en cours d'étude.

Il est donc possible par couplage d'étendre les possibilités de la technologie du laboratoire en force (jusqu'à 600N) et en déplacement (15cm) en conservant les performances dynamiques exceptionnelles qui caractérisent cette technologie. Un premier aspect du principe de modularité a été ainsi validé.

I.4.3. Conception de nouveaux habillages mécaniques

Les habillages de manipulation qui s'adaptent au prototype de laboratoire permettaient 3 types de configurations : clavier à 16 touches, stick à 2D, et pinces constituées de deux sticks symétriques. Bien qu'adaptées à de nombreuses situations de manipulation ces morphologies présentent certaines limitations notamment dans la manipulation d'objets virtuels de type solides et dont les déplacements sont dans un espace 3D. Nous avons démarré l'étude pour les nouveaux habillages : stick 3D, stylet 5D ou 6D, boule 6D.

Manipulateurs multi - axes.

Les habillages de manipulation précédents permettaient 3 types de configurations : clavier à 16 touches, stick à 2 degré de liberté et pinces constituées de deux sticks symétriques. Bien qu'adaptées à de nombreuses situations de manipulation, ces morphologies présentent certaines limitations notamment dans la manipulation d'objets virtuels de type solides dans l'espace 3D. De nouveaux habillages ont été mis à l'étude :

- Clavier : Dans le nouveau dispositif à 16 touches, la configuration clavier ne sera plus intégrée à la base actionneur-capteur. On cherchera à avoir un habillage clavier modulaire touche par touche et donc possibilité d'utiliser des types de touches variés (matériau, position du pivot, largeur etc.) ;
- Stylet 5D ou 6D : L'habillage " Stylet " permettra le positionnement d'un outil en 3d et son orientation suivant 2 ou 3 directions. La structure du mécanisme sera à priori de type parallèle et isostatique, cette configuration étant optimale par rapport aux structures en arbre. Les amplitudes de déplacement seront de l'ordre de 3 à 4 cm ;
- Boule 6D : C'est une configuration similaire. L'objet manipulé est un solide dont tous les degrés de mouvement sont contrôlés. Une attention particulière sera portée sur les qualités de symétrie et d'isotropie pour ce type de manipulateur (inertie indépendante de la direction du mouvement)

De nombreux mécanismes similaires ont été réalisés dans les domaines de la robotique (robots parallèles) et des manipulateurs. Certaines configurations pourraient être utilisées moyennant une réadaptation. L'ensemble de ces dispositifs et principes ont été étudiés selon une grille distinguant toutes les étapes de la conception d'un mécanisme d'habillage :

- Agencement topologique entre les éléments solides et les articulations résultant de l'étude des degrés de liberté et contraintes introduits par les différents éléments ;
- Configuration géométrique et cinématiques des trajectoires qui en résultent ;
- Dynamique (transmission des forces, inerties, raideurs frottements, etc.), fréquences propres, constantes de temps d'amortissements.

Résultats

Nous disposons de 3 nouveaux prototypes sur les nouvelles tranches actionneurs-capteurs :

- Deux « stick 2D » monté en levier de vitesse sur 2 tranches, et sur 16 + 3 tranches d'actionneurs-capteurs (Figure ci-dessous droite)
- Un « stick 3D » selon une topologie en arbre, extensible aux systèmes à 6 degrés de liberté et à articulation « cardan » ; (Figure ci-dessous Gauche (Confidentiel))
- Un nouveau « clavier » à 16 touches.



I.5. Analyses pour les sciences de la communication et les sciences de l'homme

I.5.1. Etude de la modalité haptique et du couplage visuo-haptique

Responsable : Annie Luciani, en co-encadrement avec Théophile Ohlmann

Stagiaire : Patricia Osterero (DEA Sciences Cognitives)

Ce projet s'est effectué en collaboration avec le Laboratoire de Psychologie Expérimentale de Grenoble (Université Pierre Mendès - France). L'ACROE/ICA collabore depuis plusieurs années au niveau théorique avec le laboratoire de psychologie expérimentale de Grenoble. Ce laboratoire a été l'un des premiers en France à travailler sur la modalité haptique (perception gestuelle ou plus précisément tactilo-proprio-kinesthésique) avec les travaux précurseurs d'Yvette Hatwell sur "Toucher l'espace".

Ce travail a commencé à se concrétiser par l'encadrement commun d'un stage de DEA en 2000, dont l'objectif était :

- d'une part une meilleure compréhension de la modalité haptique et de la boucle action gestuelle / perception gestuelle,
- d'autre part, une compréhension nouvelle du couplage intersensoriel entre l'oeil et la main.

Trois résultats ont été obtenus :

- Il semble possible de déterminer expérimentalement des préférences individuelles, à savoir si un individu agit préférentiellement en se calant sur les informations visuelles ou sur les informations tactilo - proprio - kinesthésiques ;
- Le sujet utiliserait les forces qu'il produit pour acquérir des informations sur le milieu extérieur (dans ce cas, l'estimation de la longueur d'une barre). Par exemple, la force fournie pour allonger le bras pourrait donner une bonne image de la longueur de la barre, qui pour certains styles individuels pourrait être aussi bonne, voire meilleure, que l'estimation visuelle ;
- Certaines forces bruyeraient cette estimation. Il y aurait donc des forces utiles et des forces perturbantes. Certains sujets seraient très sensibles à cette dégradation et seraient moins bien disposés que d'autres à estimer des informations spatiales de manière tactile. Ce résultat est la nouvelle analyse qu'elle permettra de rendre plus claire et plus robuste la catégorisation des sujets en "sujets géomètres" et "sujets dynamiciens".

Ce travail est particulièrement utile aussi bien dans le développement de pédagogies associées au modèle physique pour l'image, l'image animée faisant appel à des aspects spatiaux et dynamiques, que dans la spécification des interfaces de conception. Celles-ci pourraient être personnalisées en fonction de préférences individuelles des utilisateurs fortes, basées sur ce type de catégorisation.

Ce travail se poursuit actuellement en thèse sur une bourse MENRT. Il vise en particulier à déterminer le rôle des forces émises par le sujet, en réaction aux forces reçues en provenance du milieu extérieur. Une nouvelle hypothèse du type « contrôle en asservissement de forces » a été exprimée. Les nouveaux dispositifs expérimentaux à retour d'effort pourraient aider à expérimenter cette hypothèse.

I.5..2. Incidence des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur le rapport du compositeur avec ses outils

Responsable : Claude Cadoz, Jean Caune, Professeur à l'université Stendhal

Doctorant : Marie-Noëlle Heinrich, Doctorante en thèse, Sciences de la Communication

Marie-Noëlle Heinrich a effectué une thèse en Sciences de la Communication (Université Stendhal - Grenoble) sur l'incidence des nouvelles technologies de l'information et de la communication sur le rapport du compositeur avec ses outils. Cette thèse a été co-dirigée par Jean Caune, professeur à l'université Stendhal - Institut de la Communication et des Médias, et par Claude Cadoz. L'objectif principal de ce travail est d'apporter un éclairage sur l'évolution de la création musicale avec les nouvelles technologies.

Dans un premier temps, à partir d'une approche historique, sont analysés les changements que proposent les nouvelles technologies, principalement sur les plans instrumental et compositionnel. Dans un second temps, à travers une analyse théorique, la thèse étudie en quoi consiste la rencontre entre musique, science et technologie, et plus précisément « la recherche musicale ». Enfin, sont étudiées les nouvelles compétences et relations que permet la création musicale avec les nouvelles technologies.

Les nouvelles technologies provoquent incontestablement deux types de transformation :

- la disparition de la relation instrumentale et de l'instrument lui-même,

- la dissolution de la frontière entre production et exécution et entre son et composition. Le musicien peut considérer le son comme objet à part entière, penser en continuité le son et la composition et contrôler toutes les phases de la création.

L'ensemble des mutations technologiques bouleverse les conditions de production et de réception, ainsi que les conditions d'existence du phénomène musical. De nouvelles relations entre les acteurs de la chaîne s'établissent. Entraînant une nouvelle forme d'industrialisation, les nouvelles technologies changent ainsi les statuts même de l'objet musical et de la musique. Pourtant les nouvelles technologies ne sont pas seules porteuses de changement. En effet, n'étant pas directement des conséquences de l'évolution technologique, des mutations esthétiques se déroulent dans le temps.

Les outils méthodologiques consistent en l'analyse de documents de la recherche musicale, ainsi que d'éléments relevant d'enquêtes auprès de compositeurs et de chercheurs. Le travail réalisé dans ce cadre, qui a abouti à une soutenance en avril 2001, a permis d'aborder un grand nombre d'aspects relatifs à la façon dont l'informatique musicale et ses pratiques se sont développées au cours de ces quatre décennies, ainsi que de la façon dont elles modifient profondément le rapport de l'artiste à l'œuvre musicale.

I.5.3. Recherche sur les ambiances architecturales en milieu construit

Responsables : Annie Luciani (ICA), Jean-François Augoyard (EAG), Pascal Amphoux (IREC, Lausanne)

Doctorant : Nicolas Tixier (Architecte DPLG, laboratoire Cresson).

Nicolas Tixier a effectué sa thèse à l'aide d'une bourse de recherche de la Région Rhône Alpes dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par le Conseil Régional Région Rhône Alpes. Cette recherche s'inscrit dans la lignée des travaux sur les ambiances architecturales et urbaines. Elle se propose de tester des modèles morphodynamiques générant des représentations de phénomènes sensibles par synthèse numérique. Une confrontation entre l'observation *in situ* de ces phénomènes et les représentations sonores et visuelles issues de la synthèse est alors rendue possible.

Cette recherche propose de tester le modèle physique pour générer des dynamiques de cheminement en milieu urbain. Une confrontation avec l'observation *in situ* de ces phénomènes et les représentations visuelles issues de la synthèse est ensuite rendue possible. Ce retour par l'expérimentation virtuelle à l'observation et à la catégorisation phénoménale à partir de causes potentielles inférées par le modèle permet d'envisager une utilisation du modèle physique comme un outil de re-construction d'effets et par là même d'aide à la conception architecturale et urbaine.

À partir d'hypothèses [critères d'ambiance, notion d'effet, écologie de la perception ...] venant d'une première phase de terrain et des travaux antérieurs du laboratoire sur les comportements collectifs, un modèle de "foule" a pu être développé et expérimenté. Deux exemples qui, de façon récurrente, émergent de l'espace public urbain sont développés : les dynamiques de conduites piétonnières et les effets sonores. A partir des notions d'expériences, de processus et d'interaction, la thèse montre des pistes pour passer d'une pensée de la forme à une pensée du mouvement dans le cadre de la conception architecturale.

Ce travail vise au final à fournir aux architectes et aux urbanistes de nouveaux outils numériques de conception intégrant les facteurs d'ambiances et le mouvement, ainsi que de permettre une réhabilitation de l'expérimentation sensible dans le projet d'architecture.

I. 6. Recherches et usages artistiques et culturels

I.6.1. Introduction

Les activités de recherche et de développement ont abouti ces dernières années à la mise en œuvre d'outils et de méthodes pour la création artistique, musicale, visuelle, multisensorielle à l'aide de l'ordinateur. Ces outils et méthodes correspondent à la nomenclature des axes de recherche décrits précédemment.

Ces outils ont fait l'objet depuis 1993 d'un certain nombre d'expérimentations et d'applications sur le terrain, sous forme d'activités de formation, de création et de diffusion artistiques à destination de divers publics :

- 1993, création par les chercheurs-artistes de l'ACROE/ICA, de la pièce visuelle et musicale *ESQUISSES*,
- à partir de 1996, mise en place de la notion « d'**ateliers de Création et de Recherche** » (*workshops*) à destination d'artistes de haut niveau (1996 : ZKM de Karlsruhe, 1997 : ACROE-Ecole d'art de Grenoble, 1999 : AIAM et CCF de Turin)

Les travaux réalisés au cours de ces résidences et ateliers ont fait l'objet chacun de plusieurs concerts, spectacles et expositions en France, Allemagne, Italie, au Danemark.

I.6.2. Accueil d'artistes en résidence et créations artistiques

1. 1998-1999

A partir de 1997, l'ACROE/ICA a pu commencer à accueillir des projets artistiques en résidence. De 1998 à 1999, il a accueilli 5 projets musicaux, 3 projets en arts visuels et 2 projets chorégraphiques. Les projets ont tous été diffusés dans des manifestations internationales (Concerts au ZKM, concerts et exposition à Turin, Spectacle à la Villa Médicis à Rome).

Les artistes invités ont été :

- David Prytherch, plasticien (UK)
- Mesias Manguashka, compositeur (Allemagne)
- Joël Borges, chorégraphe (France)
- Ludger Brummer, compositeur (Allemagne)
- Giuseppe Gavazza, compositeur (Italie)
- Hans-Peter Stubbe, compositeur (Danemark)
- Silke Braemer, vidéaste (Allemagne)
- Marek Zborowski, plasticien (Pologne)
- Bjorn Hellstrom, compositeur/architecte (Norvège)

2. 1999-2000

Deuxième résidence du compositeur Giuseppe Gavazza

Giuseppe Gavazza, compositeur italien, enseignant au conservatoire de Cuneo travaille en collaboration étroite avec l'ACROE / ICA depuis 1996. Son intervention revêt plusieurs formes :

- création et exploration de modèles CORDIS-GENESIS pour la création musicale ;
- intervention pédagogique dans les opérations de formation ;
- création musicale.

A la suite de la création d'une pièce réalisée à l'aide de GENESIS (*la nature delle cose*) à Turin en juillet 99, Giuseppe Gavazza a obtenu un séjour en résidence à l'Association d'art de la Napoule (Mandelieu - La Napoule) en collaboration avec l'ACROE/ICA. Cette résidence, effectuée en avril-mai 2000 a permis de démarrer un nouveau projet de création pour 2001.

Deuxième résidence du plasticien Marek Zborowski

Titre du projet : La communication : Grammaire générative de formes et d'interaction

Le propos de l'œuvre a été de concevoir et de présenter une base de formes graphiques dites "faits élémentaires" ou "atomes" dans la théorie de Wittgenstein, à partir desquelles des propositions graphiques plus complexes peuvent être formellement

élaborées, qui relateraient diverses propriétés du processus de communication. Cette grammaire de formes communicantes met donc en jeu :

- l'élaboration de faits dynamiques élémentaires pertinents
- la représentation plastique de ces faits dynamiques pertinents à l'aide de faits plastiques élémentaires.

Annie Luciani a développé les aspects dynamiques et Marek Zborowski les aspects graphiques. Le travail conceptuel a été fait en commun. L'œuvre, qui se présente sous la forme d'un ensemble de tableaux, a été exposée à l'Ecole d'Art de Grenoble en septembre et octobre 2000 et dans la manifestation "le mois du graphisme" de l'agglomération grenobloise en novembre et décembre 2000.

3. 2001

L'année 2001 a été particulièrement riche en nouvelles œuvres, avec en particulier la création d'œuvres mixtes et orchestrales en coopération avec le conservatoire de Grenoble et une nouvelle création des chercheurs du laboratoire. Six œuvres ont été créées, utilisant toutes de manière importante les logiciels du laboratoire. Ces œuvres ont été présentées lors de deux soirées concerts au conservatoire de Grenoble les 10 et 11 novembre 2001.

Vafa Dadachova - Orchestre et sons de synthèse GENESIS

Periklis Douvitsas - Percussion, voix, piano et sons de synthèse GENESIS

Arnaud Petit - Voix et sons de synthèse GENESIS

Annie Luciani - « Mémoires Vives » - Images de synthèse et textes

Claude Cadoz - « pico..TERA » - Sons de synthèse GENESIS

Ludger Brummer - « Medusa » - Sons de synthèse et Images. Logiciel GENESIS

I.6.3. Organisations de Rencontres

1. Rencontres Internationales Informatique et Création Artistique 2001 (RICA 2001)

Ces rencontres dédiées à l'informatique et la création artistique se sont déroulées à Grenoble, du 10 au 17 Novembre 2001, organisées par l'ACROE / ICA, la Maison de la Culture, le Conservatoire National de Région, l'Ecole d'Art et le Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle (CCSTI) de Grenoble.

Ces rencontres ont rassemblé pendant une semaine des chercheurs, des artistes des formateurs, des étudiants en sciences et des étudiants en art. Elles sont construites autour du projet régional de "Réseau d'Ateliers Pédagogiques Mobiles" (APM) et des Ateliers de Création et de Recherche, qui se déroulent pour la première fois depuis leur création à Grenoble.

Le principe de ces rencontres est alors de mêler dans un temps fort, l'expérience créatrice active, la présentation d'œuvres, la réflexion et le débat. Elles doivent permettre un bilan et une synthèse des expériences artistiques et culturelles que pédagogiques menées ces dernières années, depuis que les premiers outils issus de la recherche sont devenus "opératoires" et proposés à différentes catégories d'utilisateurs.

Exploités depuis cinq ans dans diverses situations de recherche, de création et de pédagogie en informatique musicale et en image animée de synthèse, une première vague de logiciels et de méthodes ont été soumis à l'expérience, en collaboration avec plusieurs organismes français et étrangers (ZKM de Karlsruhe, DIEM de Aarhus, AIAM de Turin, "Science en Fête" et "Forum 2000" avec le CCSTI et le GPEUS de Grenoble).

Ces expériences ont permis de former plusieurs artistes de haut niveau, qui sont à même d'enseigner ces méthodes au sein des centres auxquels ils se rattachent. Elles sont également à l'origine d'un certain nombre d'œuvres artistiques.

a. Ateliers

Les ateliers des Rencontres Informatique et Création Artistique sont l'édition 2001, à Grenoble, des « Ateliers Internationaux de Création et de Recherche ».

Trois ateliers simultanés se sont tenus pendant six jours, consacrés à l'initiation, la formation intensive et l'expérimentation autour des outils informatiques pour la création artistique développés par l'ACROE/ICA et fondés sur principe de la simulation multisensorielle interactive des objets physiques. Ils s'adressent à des artistes confirmés (compositeurs, plasticiens, animateurs, ...) aussi bien qu'à des étudiants (conservatoires, écoles d'art, ...) débutants en informatique et création artistique qui souhaitent aborder les méthodes de création et les univers sonores et visuels portés par ces nouveaux outils.

- *Atelier GENESIS pour la création musicale par modèle physique*

Niveau 1 : initiation au langage et aux fonctionnalités de base de GENESIS

Niveau 2 : méthodes de construction de modèles complexes pour la composition

- *Atelier MIMESIS pour la création du mouvement de l'image*

Initiation au langage CORDIS-ANIMA et aux fonctionnalités de base de MIMESIS

Apprentissage des concepts, expérimentation et réalisation de « micro-projets »

- *Atelier TELLURIS - expériences multisensorielles*

L'atelier a mis à la disposition des participants une plate-forme d'expérimentation de la situation multisensorielle mettant en œuvre la simulation temps-réel à l'aide de CORDIS-ANIMA et un système gestuel à retour d'effort.

b. Séminaires

Le modèle physique comme paradigme global : des sens à la multisensorialité, de la microstructure à la macrostructure, du geste à l'idée

Les séminaires, couplés aux ateliers, ont été animés par trois types d'intervenants : artistes ayant entamé à travers leur propre pratique une réflexion sur l'informatique et la création artistique, chercheurs (psychologie expérimentale, musicologie, arts visuels, sciences de l'information et de la communication), enseignants en art (écoles d'art). Plusieurs thèmes ont été mis en débat, en anticipation et préparation de ceux qui ont été repris dans le colloque :

- l'approche de la simulation et son usage dans le processus de création
- la multisensorialité
- au delà du matériau, le modèle physique pour la composition

c. Colloque

Le corps, le sensible et l'instrument, moteurs de la création artistique avec les nouvelles technologies.

Deux journées avec des interventions et des discussions sur deux thématiques complémentaires et au cœur des interrogations actuelles face aux mutations induites par les nouvelles technologies dans le processus de création artistique.

Thème 1

Les conditions sensorielles minimales à l'acte de création artistique

Avec :

- Jean-Loup Florens, rapporteur du groupe de travail « Geste et multisensorialité »
- Annie Luciani, chercheur ICA. « Conditions sensori-motrices minimales pour l'émergence de la notion d'objet »
- Jean-Paul Longavesnes, artiste-plasticien, professeur ENSAD. « Processus réel et/ou virtuels pour la création en arts plastiques »
- Benoît Bardy, Professeur, Sciences et techniques des activités physiques, Orsay. « Combien de sens avons-nous ? Plaidoyer pour une perception intermodale »

Thème 2

L'ordinateur permettra-t-il de dépasser l'opposition historique entre la production du matériau sensible et l'utilisation de langages formels pour l'écriture et la composition?

Avec

- Gérard Assayag, chercheur, IRCAM. « représentations musicales, processus formels pour l'écriture musicale »
- François Nicolas, compositeur, IRCAM. « Geste, Ecriture, les discords ? »
- Claude Cadoz, chercheur, ICA. « Le modèle physique pour la synthèse du matériau et pour la conception de la forme ».

d. Expositions

"mouvement du son - mouvement de l'image - interactivité corporelle"

L'exposition a présenté les installations interactives suivantes au CCSTI de Grenoble:

- « Lemmings » de Onno Baudouin (Université de Wales)
- « Mini@tures », chorégraphies internet de la Cie Mulléras (Béziers, France)
- « Micros Univers » de Catherine Nyeki (ENSAD)
- « Mouve » de Laurent Pottier (GMEM-Marseille)

e. Concerts

Auditorium du Conservatoire National de Région - Grenoble

Jeudi 15 novembre – “ L'image et son double / Le son et son modèle ”

Ludger Bruemmer

Sons de synthèse GENESIS et percussions

Mesias Maiguaschca

Sons de synthèse GENESIS et percussions

Giuseppe Gavazza

Disklavier et sons de synthèse GENESIS

Trevor Wishart

Sons de synthèse et transformations

Arnaud Petit

Voix et Sons de synthèse GENESIS

Annie Luciani

« Mémoires Vives », Images de synthèse MIMESIS,

Claude Cadoz

« pico..TERA », sons de synthèse GENESIS

Vendredi 16 Novembre – “ L'instrument et ses miroirs ”

Hans Peter Stubbe

Harpe et sons de synthèse GENESIS – « Rhizome »

Vafa Dadachova

Orchestre et sons de synthèse GENESIS

Periklis Douvitsas

Percussion, voix, piano et sons de synthèse GENESIS

Samuel Sighicelli, Benjamin Lafuente

Improvisations, Electronique, piano et violons amplifiés.

2. Journée d'étude sur les Nouvelles Technologies du Groupe National des Enseignants en Musique

Le 22 mars 2000, l'ACROE/ICA a accueilli le groupe national de 23 enseignants de musique en collèges et lycées, encadré par Jean-Luc Idray et Vincent Maestracci, Inspecteurs Généraux, pour une journée de réflexion sur les modalités d'introduction de l'informatique musicale dans les collèges et lycées.

I.7. Recherches et usages industriels

En Septembre 2000, le laboratoire ICA a été sollicitée pour sa technologie d'actionneur-capteur pour une implantation de cette technologie dans les habitacles de véhicule dans les différents projets menés par le constructeurs français en matière d'électrification de toutes les commandes « habitacles ». La technologie a été choisie parmi d'autres technologies concurrentes.

Cette coopération industrielle a permis :

- d'améliorer les qualités dynamiques de notre technologie de Moteur-Tranche,
- de l'étendre à des forces et des déplacements beaucoup plus important,
- de mener un ensemble de recherches sur la modalité haptique avec des personnes du milieu industriel qualifiées au niveau des sensations tactilo-proprio-kinesthésiques,
- et in fine de bénéficier d'un ensemble d'actionneurs – capteurs pour nos propres besoins dans des délais beaucoup plus rapide que si nous avons eu à mener ces travaux de manière autonome.

Prototypes réalisés :

- Une version du prototype fourni à l'industriel client est en cours d'étude pour l'industrialisation.
- Un prototype de 6 tranches est disponible au laboratoire.
- Deux prototypes 16 tranches servent de simulateur chez le client pour prototyper des commandes gestuelles.
- Un prototype « stick 3D et un prototype « clavier » ont été réalisés pour le laboratoire ICA.

II. Bilan quantitatif

II.1. Publications internationales 1999 - 2000 - 2001

II.1.1. Publications internationales

- P1. HABIBI A., LUCIANI A.. « Dynamic Particle Coating ». IEEE Transactions on Visualisation and Computer Graphics. A paraître.
- P2. CADOZ C., WANDERLEY M., "Gesture and Music". in Trends in Gestural Control of Music. IRCAM Editeur. 2000. avec CDROM.
- P3. TIXIER N.. « Street listening », in Helmi Järviluoma (dir.) *Soundscape Studies and Methods*, Université de Turku, Finlande, 2001, sous presse.

II.1.2. Communications avec actes

- C1. DJOHARIAN P., "Material Design in Physical Modelling Sound Synthesis". Proceedings of DAFx. Trondheim, Norway. Dec. 1999.
- C2. FOURCADE P. MANGIAROTTI S., CADOZ C., "Generating pitches in transients by a percussive excitation. Proceedings of ICMC. Beijing. China. Oct. 1999.
- C3. FOURCADE P., CADOZ C., "Generating /p/ /t/ /k/ Consonants by a physical Modelling of Musical Percussions". The 8th International Workshop on Cognitive Science of natural Language. Galway. Ireland. August 1999.
- C4. FLORENS J.L., GERMOND J., "Reed Instruments Modular Representation and their Interactive Real Time Simulation". Proceedings of ICMC. Beijing. China. Oct. 1999.
- C5. CADOZ C., GUBIAN S. "From Song of Birds to extended virtual reed instruments : Musical modelling of bird vocal tracks and application to a new kind of sound sustain virtual instruments". Proceedings of ICMC. Beijing. China. Oct. 1999.
- C6. CASTAGNE N., CADOZ C. « Physical Modeling : balance between realism and computing speed", DAFx 2000 - Italy. December 2000.
- C7. DJOHARIAN P., "Shape and Material Design in Physical Modelling Sound Synthesis". Proceedings of ICMC. ICMA ed. Berlin. Sept 2000.
- C8. GUILBAUD C., LUCIANI A., LECLERC A., "Volume construction from moving unorganized points". Proceedings of Graphicon Conference. Moscow. Sept. 2000.
- C9. LUCIANI A., "From granular avalanches to fluid turbulences through oozing pastes : a mesoscopic physically-based particle model. Proceedings of Graphicon Conference. Moscow. Sept. 2000.
- C10. FOURCADE P., CADOZ C.. « Physical Modeling for Sound Synthesis with Particle – Interaction Networks : Study of the Percussion Phenomena and Design of generic rules for Percussions ». ICMC 2001. Cuba. Sept 2001.
- C11. Nicolas Tixier, Annie Luciani, Sébastien Rinolfi, « Conduites en milieu urbain : analyse *in situ* et expérimentation virtuelle », in *actes du colloque interdisciplinaire : Représentation[s]*, Maison des sciences de l'homme et de la société, Poitiers, 2000, pp. 351-359.
- C12. TIXIER N.. « Toward a characterisation of the sound environment : the method of *qualified listening in motion* », *Actes Inter.noise 2000*, Nice, août 2000.
- C13. TIXIER N.. « Street listening », *Actes du colloque Sound Practice*, Devon, Angleterre, Février 2001.
- C14. FOURCADE P., LUCIANI A., TIXIER N.. « Modeling of sound ambiances : contributions of the physical model », *Actes Inter.noise 2001*, La Haye, Pays-Bas, août 2001.

II.1.3. Conférences invitées

- I1. CADOZ C., "Sound, Music and Image Creation with Physical Model : the Cordis & GENESIS computer tools from ACROE. DAFx 99. Trondheim, Norway. Dec. 1999.
- I2. CADOZ, C. "Généricité et interactivité ?" Table ronde aux 21èmes Etats Généraux de l'Ecriture Interactive. 16 & 17 nov. 1999.
- I3. CADOZ, C. "Où en est la Recherche Musicale ?" Table ronde organisée par l'INA-GRM, L'université de Paris IV et le CRETM. 19 mai 2000
- I4. LUCIANI A. "Réalités Virtuelles et Arts". laval Virtual. Mai 2000
- I5. LUCIANI A., "Multisensorial Interactions". IST 2000. Program Consultation Meeting in « Advances in natural, human-centered, and personalised interaction system », 4nd Call. Bruxelles. 26 mai 2000
- I6. LUCIANI A., "Towards Dynamic Visual Arts". MediaGramm ZKM. Karlsruhe. 5 Mai 2000.
- I7. LUCIANI A., "Hand-On". IST 2000 4nd Call. CPA1 & CPA2 Information Day Bruxelles. 28 Juin 2000.
- I8. CADOZ C., "Simulation multisensorielle interactive d'objets physiques". 3ièmes rencontres étudiantes "la création des objets virtuels", dans le cadre des 13ièmes entretiens du Centre Jacques Cartier. Université du Québec à Montréal. 2-6 octobre 2000.
- I9. CADOZ C. Journée Musique et Science". Organisée par l'AFAS, Association Française pour l'Avancement de la Science. Paris. Décembre 2000.
- I10. CADOZ C. "Création musicale et ordinateur". Annual Virtual Reality Conference. Turin. 30-31 Octobre 2000.
- I11. CADOZ C. Table ronde avec Guy Reibel et Dany Bertrand-Dufour. "Le corps et la machine". 38ème Rugissants. Grenoble. Novembre 2000.
- I12. LUCIANI A., « Why and How Convincing of the Reality : The case of artistic situation ». Conférence invitée, International Conference « Virtually there : Understanding Presence and the Engineering of Experience ». October 9th & 10th 2001. Eindhoven (NL).
- I13. LUCIANI A., « Presence, Telepresence, Telesymbiose : in and with what ? and How ? ». Conférence invitée. Presence InfoDay. 10 Jan 2002. Bruxelles

II.1.4. Autres publications

Publications et participations à ouvrages

- CADOZ C., "Continuum énergétique du geste au son : simulation multisensorielles d'objets physiques". in "les interfaces pour la création musicale". HERMES Editeur. 1999.
- CADOZ C., "Musique, gestes, technologies". in "Les nouveaux gestes de la musique". sous la direction de Hugues Genevois et Raphaël de Vivo. 1999.
- LUCIANI A., "Gravure virtuelle : de geste dans l'argile à l'ordinateur". in Nouvelles de l'Estampe. Edité par le Comité National de la Gravure Française. Numéro spécial "de l'estampe traditionnelle à l'estampe numérique". N°167-8. Décembre 1999/Janvier 2000.

Rapports de Contrats

- AMPHOUX P., LUCIANI A., TIXIER N.. « Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et simulation numérique ». Rapport ARASSH, 1ère année. 1999.
- LUCIANI A. TIXIER N.. « Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et expérimentation virtuelle ». Acoustique & Techniques. N°14. pp.11-15.1998.
- LUCIANI A. TIXIER N.. « Modèles physiques et espace de représentation » ? Actes du Colloque « Dire, écrire et figurer l'espace ». 4-5 décembre 1998. Tours.
- Nicolas Tixier, Chantal Blanc-Keller, « États des lieux et mouvances. Enquête bibliographique », in *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, sous la direction de Pascal Amphoux, Rapport de recherche n°140, IREC-EPFL, Lausanne, mars 1998, pp. 121-175.
- AMPHOUX P., LUCIANI A., THIBAUD J.P., TIXIER N.. « Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et simulation numérique ». Rapport ARASSH à 1 an, Cresson - ACROE/ICA - Irec, Région Rhône-Alpes, 1998.

- TIXIER N., LAVEAUD S. REMY N.. « *Effet de métabole. 26 fragments sonores en milieu urbain* » CD audio, Cresson, Région Rhône-Alpes, 1998.
- BOYER N., TIXIER N.. « Qualification des sources sonores urbaines. Enquêtes de terrain », sous la direction de Jean-François Augoyard, Cresson, in *Rapport PIR-VILLES : Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines*, 38 p., 1999.
- LUCIANI A.. « Transducteurs gestuels à retour d'efforts ». Contrat DEREVE. 1^{ère} année. 2000.
- LUCIANI A.. « Le processus de création artistiques dans les arts instrumentaux du temps : arts musicaux, arts visuels, arts corporels ». Projet Art et Cognition. 2001
- LUCIANI A.. « Le geste dans l'interaction multisensorielles forte ». Contrat Ministère de la culture. 2001.

Rapports de stages et de DEA

- LECLERC A., "Modeleur MIMESIS 3D pour la simulation temps réel multisensorielle avec retour d'effort. Rapport de stage de DEA IVR. INPG. Juin 1999
- GUILBAUD C., "Visualisation de formes complexes obtenues par simulation physique particulières. Rapport de stage de DEA IVR. INPG. Juin 1999.
- GUBIAN S., "Etude des appareils phonatoires des oiseaux et approche informatique de leur modélisation". Rapport de stage de DEA MIMB. UJF. Juin 1999.
- MEUNIER O., "La spatialité dans les modèles physiques pour la création musicale". Rapport de DEA ATIAM. Juillet 2000.
- OSTERERO P., "La perception haptique d'objets animés". DEA de Sciences Cognitives. Université Pierre Mendès-France. Grenoble. Juin 2000.
- SVENSSON M., "Physical Modeling and Visualization of crowd behaviours". Rapport de stage de DEA IVR. INPG. Juin 2000.
- BRONNEC N., "Implémentation générique du procédé d'écran d'épingles et généralisation". Rapport de stage de DEA IVR. INPG. Juin 2000.
- PARET Thomas, "Genesis 1.4 : structure de données et accordage. Rapport de stage de magistère en Informatique 1ère année. Université Joseph Fourier. Juillet 2000.
- GARINO C., " Développement de la version 1.4. de GENESIS. Rapport de stage de maîtrise en Informatique. Université Joseph Fourier. Grenoble. Juin 2000.
- NILSSON O. NYSTRÖM D., "On line documentation for GENESIS Package". rapport de stage de maîtrise. Juin 2000.
- KEMP Y., "Modélisation et simulation de la cloche". Rapport de stage de maîtrise. Université Joseph Fourier de Grenoble etr Université de Karlsruhe. Juin 2000
- JOURNOUD E., GINESTET A. " Suivi sociologique de la semaine de la science 1999 à l'ACROE". Rapport de maîtrise. Université Le Mirail Toulouse. Janvier 2000
- CHAMBON L., "Prévisualisation en temps réel pour la simulation par modèles physiques". Rapport de stage de DEA IVR. INPG. Juin 1999.
- GRAND-DUFAY C. "Simulations d'instruments à oscillation entretenues". Stage de maîtrise de physique. Université Joseph Fourier. Grenoble. Juin 2000.

II.2. Thèses 1999-2001

- GIRAUD O.. « Architecture logicielle haute performance pour la simulation temps réel synchrone d'objets physiques multisensoriels : retour d'effort, synthèse de sons, synthèse d'images ». Thèse de l'INPG. Grenoble, 6 Juillet 1999.
- FOURCADE P. « Etude et simulation des phénomènes percussifs dans les instruments de musique » - Thèse de l'INPG. Grenoble janvier 2001.
- TIXIER N. « Morphodynamiques des ambiances construites ». Thèse de doctorat. Sciences pour l'ingénieur spécialité architecture. École Polytechnique de l'Université de Nantes. 6 novembre 2001, 376 p., 1 vidéo & 1 CD audio.
- WANDERLEY M. « Interaction musicien - instrument : applications au contrôle gestuel de la synthèse sonore ». Doctorat de musicologie. Université de Paris VI. Juin 2001.
- HEINRICH M.N.. « Création musicale et technologies nouvelles : l'instrument représenté ou la relation simulée ». Thèse de doctorat en sciences de l'information et de la communication. Université Stendhal Grenoble III. Avril 2001.

II.3. Cours et expertises 1999-2001

II.1. Cours

- LUCIANI A. "Modéliser : Quoi? Pourquoi? Comment", Cours de DEA Ambiances. Ecole d'Architecture de Grenoble & CERMA de Nantes.
- LUCIANI A. "Modèles physiques pour la synthèse d'images et la robotique". DEA IVR. Grenoble. 2001.
- LUCIANI A. "Modèles physiques et informatique graphique". DEA IFA. Marne la Vallée. 2001.
- LUCIANI A. "Réalités Virtuelles : animation - simulation". ENSTA. 2001.
- CADOZ C. « Synthèse sonore par modèle physique ». DEA ATIAM. 2001.
- CADOZ C. « Interaction multisensorielle ». DEA ISC.- Grenoble 2000.
- CADOZ C. « Musical composition with physical modelling». Cours au conservatoire de Freiburg. Octobre 2001.
- CADOZ C. Cours au conservatoire de Grenoble. 2001.
- CADOZ C. Cours au Centre ZKM de Karlsruhe (Allemagne). Sept. 2001.
- LUCIANI A. Cours au Centre ZKM de Karlsruhe (Allemagne). Mai 2000.
- FLORENS JL. Cours au DEA ATIAM. 2001.

II.2. Expertises nationales ou européennes

- CADOZ C. : Comité d'expert RNTL N°2 - 22 Octobre et 8 Décembre 2001.
- LUCIANI A. : Expertises RIAM 2001
- LUCIANI A. : « Multi-Sensory Interfaces and Virtual & Augmented Realities, Analysis and Recommendations » IPPA 3 Reports. Déc. 2000.
- LUCIANI A. : « Multi-Sensory Interfaces and Virtual & Augmented Realities, Analysis and Recommendations » IPPA 4 Reports. Déc. 2001.

II.4. Œuvres artistiques 1999-2000-2001

- LUCIANI A. « Mémoires Vives », Images de synthèse et textes. Co-production ICA / ACROE. 2001
- CADOZ C. « pico..TERA » - Sons de synthèse GENESIS- Co-production ICA / ACROE. 2001.
- BRUEMMER L. « Thrill ». Sons de synthèse GENESIS. Co-production ZKM / ICA / ACROE. 2001
- BRUEMMER L. « Medusa ». Sons de synthèse GENESIS et percussions. . Co-production ZKM / ICA / ACROE. 2001
- MAIGUASHCA M. Tiefen. Pièce pour Sons de synthèse GENESIS et percussions. Co-production ZKM / ICA / ACROE. 2001
- GAVAZZA G. « La natura delle cose ». Co-production AIAM / ICA / ACROE. 1999.
- GAVAZZA G. « Variazioni su un Preludio di Skrjabin ». Pièce pour Disklavier et sons de synthèse GENESIS. Co-production AIAM / ICA / ACROE. 2001.
- PETIT A. « Song from Waves », pièce pour Voix et Sons de synthèse GENESIS, Co-production CNR / ICA / ACROE. 2001
- STUBBE H.P. « Rhizome » Harpe et sons de synthèse GENESIS. Co-production DIEM / ICA / ACROE. 2001.
- DADACHOVA V. «Eks ». Pièce pour Orchestre et sons de synthèse GENESIS. Co-production CNR / ICA / ACROE. 2001
- DOUVITSAS P. « Three songs ». Pièce pour Percussion, voix, piano et sons de synthèse GENESIS. Co-production CNR / ICA / ACROE. 2001
- ZBOROWSKI M. « Communication ». 5 tableaux. 2000.
- ZBOROWSKI M. « Wittgenstein ». 11 tableaux. 2001.
- LUCIANI A. Images pour la chorégraphie «Lettre Capitale» de Joel BORGES. Opéra Bastille 1998, et Nantes 1999
- LUCIANI A. Images pour la chorégraphie « Epopée pour jamais de Joel BORGES. Villa Médicis. 2000

II.5. Coopérations et partenariats permanents

II.5.1. Partenariats scientifiques nationaux

- Collaboration avec le laboratoire CRESSON (Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain, de l'Ecole d'Architecture de Grenoble, et l'IREC (Institut de Recherche sur l'Environnement Construit, du département d'Architecture de l'Ecole Polytechnique de Lausanne) "Effets sensibles en milieu urbain, analyse in situ et synthèse numérique" - sur un contrat avec la Région Rhône-Alpes.
- Co-encadrement de la thèse de Marie-Noëlle HEINRICH avec l'ICM (Institut de la Communication et des Média) à Grenoble.
- Collaboration scientifique avec le LPE (Laboratoire de Psychologie Expérimentale) à Grenoble – Co-encadrement de DEA – Co-encadrement de thèse – Projet Art et Cognition (Appel d'offre Cognitique) et projet CHEOPS (RNTL).
- Co-encadrement de la thèse de Bodgan Stanciulescu avec l'ENSTA (Ecole Nationale des Techniques Avancées) à Paris.
- Coopération scientifique avec le LEPES (UJF) – Projet Nanomanipulateur à retour d'effort, soutenu par le programme NOI (NanoObjetsIndividuels) du CNR.
- Coopération scientifique avec France Telecom Recherche (Grenoble) – Projet Art et Cognition (Appel d'offre Cognitique) et projet CHEOPS (RNTL).

II.5.2. Partenariats culturels locaux

Maison de la culture de Grenoble

L'articulation et la cohérence des missions du laboratoire s'appuient sur leur complémentarité, en particulier avec la nécessité d'une réalisation effective de la mission de diffusion, en synergie avec les activités de recherche, de création et de formation. Toutefois il n'est pas dans la vocation de notre organisme de s'attacher à une mission générale de diffusion au-delà de celle qui est nécessaire à l'amorçage des nouvelles pistes du domaine Art-Science-Technologie. De ce point de vue, un relais doit être pris par les institutions et au travers des équipements dont c'est la mission première. C'est à ce titre qu'un travail précis a été effectué au cours de l'année 2001, en particulier

avec la Maison de la Culture de Grenoble. Un tel organisme doit pouvoir en effet jouer un rôle de “ caisse de résonance ” pour les travaux et les résultats du groupe de recherche et de création.

Symétriquement, l'introduction d'une dimension recherche et nouvelles technologies au sein d'un tel organisme est pertinente dans l'objectif de rendre accessibles au public les perspectives offertes par les sciences et techniques de l'information et de la communication.

Le partenariat avec la maison de la Culture de Grenoble se concrétise en 2001 par :

- Un projet d'implantation au sein de la Maison de la Culture d'un lieu équipé pour des expérimentations liées au “ multisensoriel ” (station APM reliée au réseau d'APM, équipements d'expérimentation et de diffusion multisensorielle pour le son, l'image, le geste corporel). Ce lieu serait destiné à accueillir des animations et des activités autour de l'expérimentation artistique.
- Une participation au travail de réflexion mené actuellement au sein de la Maison pour l'ensemble de ses projets liés à la musique, motivée par la perspective d'introduire les nouvelles technologies dans ce domaine.
- Un partenariat dans l'organisation et l'accueil des “ Rencontres 2001 ”.

Réseau des CCSTI Régionaux

Dans le cadre du CRASTI et du projet Réseau des Villes de la Région Rhône Alpes, l'ACROE associé à l'ICA a mis en place une coopération permanente avec les 3 Centres de Culture Scientifique, Technique et Industrielle de la Région Rhône Alpes. Cette coopération fonctionne autour du projet APM, Atelier Pédagogique Mobile, financé par le Conseil Régional et la Ville de Grenoble.

Conservatoire National de Région de Musique de Grenoble

Cette collaboration s'est concrétisée en 2001 par :

- l'utilisation du logiciel GENESIS dans la classe de composition d'Arnaud Petit,
- la création de trois œuvres musicales en co-production avec le Conservatoire.

Ecole supérieure d'art de Grenoble

Cette collaboration a pris la forme de la tenue des Ateliers RICA 2001 à l'école d'Art. Ces ateliers se poursuivent avec 5 projets d'élèves de 5^{ième} année de l'école d'art à l'ACROE/ICA.

II.5.3. Partenariats culturels internationaux

Antenne CORDIS-ANIMA au centre ZKM de Karlsruhe

Une collaboration assidue s'est mise en place depuis 1996 (date du premier atelier international organisé conjointement par l'ICA/ACROE et le ZKM) entre ces deux organismes. Le ZKM s'est équipé de plusieurs stations de travail GENESIS et, sous la direction du compositeur Ludger Bruemmer développe une activité permanente de pédagogie et de production autour de cet outil.

Antenne CORDIS-ANIMA au Conservatoire de Freiburg (Allemagne)

Dans le prolongement de cette collaboration avec le ZKM, Claude Cadoz et Annie Luciani ont été invités à donner un cours sur les outils GENESIS et MIMESIS dans le cadre de la classe de composition de Mesias Maiguashca, au Conservatoire de Freiburg. Mesias Maiguashca est professeur en charge de cette classe et compositeur résident au ZKM.

Antenne CORDIS-ANIMA avec le centre AIAM de Turin

Le centre AIAM de Turin est un organisme de formation et spécialisation en art, technologie et médias. Il accueille sur deux ans consécutifs des promotions de 15 étudiants. Une collaboration suivie s'est installée avec cet organisme, à l'initiative du compositeur Giuseppe Gavazza. Une station permanente de type APM, avec le logiciel GENESIS, a été installée dans ce centre et permet la formation de ces étudiants aux techniques de la synthèse sonore par modèle physique. Claude Cadoz intervient régulièrement dans cette formation.

Antenne CORDIS-ANIMA au centre DIEM d'Aarhus (Danemark)

Le centre DIEM d'Aarhus (Danemark), dirigé par Siegel Wayne et associé à l'Université scientifique d'Aarhus, est un centre de recherche et production en musique électroacoustique. Le compositeur danois Hans-Peter Stubbe, attaché à ce centre, a effectué une résidence à l'ICA-ACROE en 1999 (réalisation de la pièce *Rhizome* pour sons GENESIS et harpe). Il a été également à l'initiative de l'organisation d'un atelier international CORDIS-ANIMA, en collaboration ACROE - DIEM - Université d'Aarhus, en juin 2000. Cet atelier, accompagné également d'un colloque et d'un concert, a permis une initiation des artistes collaborant avec le DIEM aux techniques de la création musicale par modèle physique.

Parallèlement, une station de travail GENESIS a été installée au centre, permettant la mise en place d'un atelier permanent animé par H.P. Stubbe.

II.6. Contrats et subventions de recherche

II.6.1. Soutien de base

Le soutien de base principal se répartit comme suit :

- 2 postes d'ingénieurs de recherche du ministère de la culture,
- une subvention de 2 000 000 F annuel finançant 5 postes ingénieurs, chercheurs et administratifs permanents et environ 400 000 F de frais de fonctionnement,
- une subvention d'équipement de 40 000 F. HT annuelle du MENRT.

II.6.2. Contrats et subvention de recherche

1. Contrat RNTL : projet CHEOPS « Communication haptique et Objets Physiques Simulés »,
2. Contrats de recherche Renault-United Parts France
3. Subvention de la Région Rhône-Alpes - Culture scientifique et technique :
4. Réseau d'APM (Ateliers Pédagogiques Mobiles)
5. Subvention du MENRT : « Art-Science-Technologie »,
6. Appel d'offre Cognitique : thème « Art et Cognition »,
7. Appel d'offre « Réalités Virtuelles » du Conseil Régional Rhône-Alpes. Projet DEREVE,
8. Appel d'offre RNTL : projet CHEOPS « Communication haptique et Objets Physiques Simulés »,
9. Contrats de recherche Renault-United Parts France,
10. Projet Nanomanipulateur à retour d'effort. Action NOI, NanoObjetsIndividuel du CNRS.

II.7. Partenariat industriel

Un partenariat a été convenu entre l'ACROE et la société United Parts France, filiale du groupe Teleflex (USA), pour la commercialisation de la technologie du laboratoire dans le domaine des interfaces homme-machine dans les habitacles automobiles.

II.8. Culture scientifique et technique

L'ACROE/ICA a un engagement très fort dans le domaine de la culture scientifique et technique. En octobre 1998, lors de la remise du rapport Risset, une manifestation assez importante a été organisée à Marseille par le CNRS et l'éducation nationale. Cette manifestation était orientée vers les sciences de l'éducation et incluait un fort thème « Art-Science-Technologie. Les travaux du laboratoire y ont été largement présentés, durant une semaine : logiciels de synthèse de sons et d'images, systèmes à retour d'effort et démonstrations multisensorielles. Ces démonstrations et ateliers ont drainé un grand nombre de classes de collégiens et de lycéens.

Suite à cette acceptabilité manifeste de la part du grand public et du public des collégiens et lycéens, l'ACROE/ICA a mis en place au niveau régional un projet pluriannuel, appelé projet APM (Atelier Pédagogique Mobile), avec le soutien pluriannuel du Conseil Régional Rhône-Alpes, dans le cadre d'un « Contrat des Fonctions Majeures » entre la région et un réseau des Villes de la région sur la thématique « Culture scientifique et technique ».

II.8.1. le projet APM

Le projet consiste à installer sur Grenoble et sur l'environnement réseaux des villes, un équipement de production en matière de STIC centré sur l'art et la science. L'objectif visé est de doter nos partenaires du réseau de la Région Rhône-Alpes d'un équipement informatique autonome de production pour la bi-culture "scientifique et artistique" actives. Cet équipement sera mobile, et duplicable. Il comprendra la partie matérielle, logicielle, l'environnement pédagogique et le formateur associé.

Le déroulement du projet APM'99 est prévu en 3 phases, après la phase d'initialisation qui s'est déroulée sur 97-98.

Phase 1 : 1999-2000

- Elaboration et implantation sur une station de travail informatique de l'environnement pédagogique, créatif et d'animation : cet environnement se créera en concertation avec les partenaires actifs,
- Formation d'un premier formateur (partenariat avec le CCST),
- Validation à la Semaine de la science (cf. Projet AST'99),
- Actions pédagogiques et d'initiation autour de ces travaux, expertise de logiciels.

Phase 2 : 2000-2001

- Expérimentations en vraie grandeur avec utilisation sur l'année de l'équipement : échange d'expériences pédagogiques sous la responsabilité de chacun des partenaires et centralisées par le formateur.

Phase 3 : 2001-2002 "Opération Réseau/Réseau"

- Essaimage et mise en réseau des stations de travail informatique,
- Libre échange d'expériences communes sous la responsabilité des partenaires.

Dans cette dernière phase, le projet associera alors le réseau des villes dans un réseau d'équipements dédiés (CCSTs, Ecoles d'arts, Conservatoires) autour du laboratoire comme maître d'œuvre. Les partenaires - sites auront un équipement similaire personnalisé et pourront communiquer et entreprendre un échange d'expériences autour d'un même outil de production de culture scientifique et artistique au début du XXI^{ème} siècle.

Ce réseau matérialisera une sorte de **laboratoire social** par l'utilisation de concepts et d'outils similaires par des usagers à vocations différentes.

II.8.2. Le projet APM - Résultats quantitatifs de la phase 1

Sept postes informatiques furent ouverts, avec leurs interfaces audio et image, dans les locaux du laboratoire à l'INPG, un par salle, avec un encadreur par poste, 2 encadreurs volants, une équipe technique de 3 personnes assurant le bon fonctionnement en réseau de l'ensemble. Trois postes ont été dédiés au son et à la création musicale par ordinateur, deux postes à l'image et à la création visuelle par ordinateur, deux postes à l'interactivité et le multimédia.

Les ateliers ont fonctionné de 8h30 à 20h le soir, pendant les 4 jours de la semaine de la science. Ils ont été suivis par :

- 1 groupe de 6 enseignants de musique de l'agglomération et de Grenoble,
- 1 groupe de 10 enseignants et étudiants de l'école supérieure d'art de Grenoble et de 2 plasticiens indépendants,
- 1 groupe de 4 personnes de l'Ecole d'Architecture de Grenoble,
- 1 groupe de 12 individuels (scientifiques, scolaires),
- 1 classe de 23 élèves de 3^{ème} (Collège Chartreuse) et deux enseignants,
- 1 classe de 25 élèves de 3^{ème} du collège Olympique et deux enseignants.

II.8.3. Le projet APM – Résultats quantitatifs de la phase 2

Comme prévu dans le plan pluriannuel, la phase 2 a porté sur l'élaboration de matériel didactique (cf. § I du rapport), sur la duplication des postes APM, sur la formation de formateurs et la mise en œuvre de nouveaux ateliers plus élargis. Un ensemble de 10 postes sont actuellement en circulation. Les Ateliers et Cours des RICA 2001 (cf. § V.5.2 du rapport) ont réuni 25 personnes en formation des sites APM prévus ou déjà installés :

CNR et Ecole d'art de Grenoble, CCSTI régionaux, Ecole d'art d'Angoulême, Ecole d'art de Monaco, ZKM Karlsruhe, AIAM Turin, Conservatoire de Freiburg.

II.8.4. Autres opérations de culture scientifique et technique.

Diverses autres opérations de culture scientifique et technique sont menés couramment :

- Intervention dans les collèges et lycées de l'agglomération
- Participation systématique à la fête de la science 1999 - 2000 - 2001
- Participation à ExpoSciences Internationale - juillet 2001

Cette manifestation patronnée par le MILSET (Mouvement International du Loisir Scientifique et Technique) se tient chaque année dans un pays différent. La Ville de Grenoble a été sélectionnée pour organiser cette manifestation en 2001, qui s'est tenue du 8 au 15 juillet. L'organisation locale a été assurée par le CCSTI de Grenoble. L'ACROE/ICA a participé à cette manifestation en proposant un atelier public, avec démonstration des outils et présentations d'œuvres réalisés avec ceux-ci, dans le cadre de la soirée du Congrès des CCSTI, le 11 juillet 2001, dans l'auditorium de l'Ecole de Musique de Meylan.

En octobre 1998, lors de la remise du rapport Risset, une manifestation assez importante a été organisée à Marseille par le CNRS et l'éducation nationale. Cette manifestation était orientée vers les sciences de l'éducation et incluait un fort thème « Art-Science-Technologie. Les travaux du laboratoire y ont été largement présentés, durant une semaine : logiciels de synthèse de sons et d'images, systèmes à retour d'effort et démonstrations multisensorielles. Ces démonstrations et ateliers ont drainé un grand nombre de classes de collégiens et de lycéens.

II.9. Liste des personnels impliqués dans l'étude

II.9.1. Direction

Claude CADOZ	Directeur	Min. Cult.
Annie LUCIANI	Directrice	Min. Cult.
Jean-Loup FLORENS	Direction Recherche	ACROE

II.9.2. Ingénieurs - Chercheurs

Pirouz DJOHARIAN	Chercheur	ACROE
Guy DIARD	Ingénieur Studio	ACROE
Patrick FOURCADE	Ingénieur recherche	ACROE
Yannick CHAPUIS	Ingénieur studio	ACROE

II.9.3. Administratifs

Maria GUGLIELMI	Attachée de direction	ACROE
-----------------	-----------------------	-------

II.9.4. Artistes invités

Mareck ZBOROWSKI	Plasticien
Dafa DADACHOVA	Compositeur
Ludger BRUEMMER	Compositeur
Arnaud PETIT	Compositeur
Periclis DOUVITSAS	Compositeur

II.9.5. Stagiaires

Florent LACHEROY	Fin d'études Ingénieur
Renaud OTT	IUT Génie Informatique
Geoffrey CERNA	IUT Génie Informatique
Peter TORVICK	DEA ATIAM
Vincent VERLE	DESS ICNT
Claire BRUTEL-VUILMET	DEA Informatique
Antoine CEZARD	Fin d'études Ingénieur
Julien MOREL	Fin d'études Ingénieur
Jean-Loïc LE CARROU	Fin d'études Ingénieur