



HAL
open science

Synthèse sonore par modélisation mécanique de l'instrument : le langage CORDIS

Claude Cadoz, Annie Luciani, Jean-Loup Florens

► **To cite this version:**

Claude Cadoz, Annie Luciani, Jean-Loup Florens. Synthèse sonore par modélisation mécanique de l'instrument : le langage CORDIS. International Commission of Acoustics, 1983, Paris, France. pp.455-458. hal-00910505

HAL Id: hal-00910505

<https://hal.science/hal-00910505>

Submitted on 1 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SYNTHESE SONORE PAR MODELISATION MECANIQUE DE L'INSTRUMENT
LE LANGAGE CORDIS

Claude CADOZ, Annie LUCIANI, Jean Loup FLORENS

ASSOCIATION POUR LA CREATION ET LA RECHERCHE SUR LES OUTILS D'EXPRESSION
E.N.S.E.R.G. - 23, rue des Martyrs - 38031, GRENOBLE CEDEX

Nous présentons ici, un système de synthèse musicale par simulation de mécanismes instrumentaux et le langage CORDIS, qui, dans ce système, permet la description de toute structure mécanique instrumentale.

I.1. L'expérience instrumentale

L'instrument et l'expérience instrumentale sont à la base du développement de la musique. Ils constituent les conditions primaires de l'apprentissage et, même au stade le plus abstrait, celui de la composition, la maîtrise des valeurs sonores a comme assise une **connaissance instrumentale des sons**.

Les principaux systèmes de synthèse par ordinateur, orientés vers la synthèse acoustique et la connaissance du signal sonore, nous coupent de cette expérience instrumentale. Celle-ci ne se confond ni avec l'expérience et la compétence qui permettent de manipuler de tels systèmes abstraits, ni avec l'apprentissage et l'utilisation d'instruments traditionnels.

Il s'agit de l'expérience sensori-motrice développée dès la naissance autour des objets de l'environnement qui sollicitent la perception acoustique. Celle-ci y joue un rôle privilégiée mais elle est associée:

- à une action motrice, que nous désignerons par "action gestuelle",

- à d'autres perceptions. L'acte instrumental est en effet guidé par d'autres perceptions, la perception gestuelle et visuelle.

Le canal gestuel joue un rôle très particulier car il est le seul canal bilatéral, simultanément organe moteur et organe de perception.

I.2. L'instrument

Il permet au geste de s'adresser à l'oreille! Sa fonction physique est donc de transformer un phénomène mécanique "lent" en un phénomène acoustique c'est-à-dire mécanique et vibratoire. Le premier domaine de modèles qui permettent de décrire ces phénomènes d'une manière cohérente est celui de la mécanique. Nous nous sommes donc attachés, dans un premier temps, à définir et construire un système de modélisation mécanique de l'instrument de musique.

Le rôle de l'ordinateur est alors de permettre une **représentation de l'univers instrumental** telle que, en tant que musiciens, nous puissions l'expérimenter comme si nous nous trouvions dans un univers instrumental



réel. Elle implique la réalisation d'un ensemble de transducteurs, support de l'expression instrumentale et d'un système d'algorithmes de simulation.

Les transducteurs ont pour fonction d'établir la correspondance entre les événements appartenant au domaine sensoriel et les signaux numériques. Les transducteurs gestuels sont déterminants et exigent une attention particulière, notamment les **Transducteurs Gestuels Rétroactifs (TGR)** qui doivent supporter le caractère bilatéral du canal gestuel.

Le système d'algorithmes de simulation doit permettre de représenter l'instrument, c'est à dire d'assurer la coordination entre les signaux numériques pour leur faire représenter un objet matériellement cohérent.

L'instrument peut en général s'analyser selon 3 éléments:

- la **structure vibrante** dont les comportements mécaniques sont essentiellement acoustiques,
- la **structure excitatrice**, ou excitateur, dont les comportements mécaniques sont lents et dont la fonction est de transformer le geste instrumental en excitation de la structure vibrante.
- la **jonction** entre l'excitateur et la structure vibrante, qui détermine la manière dont l'énergie mécanique est transmise de l'excitateur à la structure vibrante.

1.3. Le geste instrumental

Le geste instrumental peut se décomposer en 3 grandes catégories:

- le **geste d'excitation** qui constitue la source énergétique de l'événement sonore. La chaîne instrumentale joue ici le rôle de transformateur de l'énergie mécanique produite par l'instrumentiste en énergie acoustique, (dans le jeu du violoniste, la main manipulant l'archet produit le geste d'excitation). Le geste d'excitation s'applique à l'excitateur. Celui-ci est alors une charge mécanique pour l'instrumentiste. Le déroulement du geste d'excitation est donc:
 - conditionné par la nature de l'excitateur,
 - indissociable d'une perception gestuelle.
- Le **geste de modulation** qui consiste en une modification des caractéristiques mécaniques quantitatives de l'excitateur ou de la structure vibrante et a pour effet de moduler les caractéristiques de l'événement sonore, (dans le jeu du violoniste, la main gauche produit le geste de modification: elle modifie la longueur des cordes). Dans le geste de modification, la dépense d'énergie est faible. Elle ne contribue pas à l'énergie sonore. En corollaire, et en première approximation, la perception gestuelle n'est pas nécessaire au geste de modification.
- Le **geste de modification** de structure qui permet la modification qualitative de la structure. Il s'agit généralement d'un geste de sélection qui peut, ou non, s'exercer en temps réel pendant le jeu.

II. Le langage CORDIS

Le langage CORDIS s'organise en 3 pôles:

- * la préstructuration instrumentale (ou lutherie): conception de l'instrument dans les termes du langage CORDIS, elle préstructure le son,
- * le jeu (ou expérience instrumentale): activité où se correspondent, en temps réel, gestes réels/contrôle visuel/sorties sonores,
- * la structuration sonore finale (ou composition): activité abstraite de composition des gestes et instruments mémorisés.



II.1. Les modules de pré-structuration instrumentale

Ils mettent en oeuvre des éléments mécaniques. Leur fonction est de permettre la description des 3 éléments qui constituent l'instrument.

CORDIS dispose de 3 types de modules: modules matériels, modules de liaisons linéaires, modules de liaisons conditionnelles. Leur mode de combinaison est simple: les modules de liaison relient, linéairement ou conditionnellement, les modules matériels entre eux.

Les **modules matériels** reçoivent une entrée de force et fournissent une sortie de position. Les éléments matériels sont la MASSE, la CELLULE et le SOL. La masse est l'élément de base pour la description des excitateurs. La cellule composée d'une masse reliée au sol par une liaison ressort/frottement est le module vibratoire le plus élémentaire. Les **modules de liaison linéaire** sont le RESSORT, le FROTTEMENT, le RESSORT-FROTTEMENT, la PESANTEUR. Ils reçoivent une entrée de position et fournissent une sortie de force.

Les **modules de liaison conditionnelle** sont essentiels pour décrire la plupart des jonctions exciteuse/structure vibrante (percussion, pincement, excitation entretenue telle que le frottement d'archet). Leur définition a cependant fait l'objet d'une étude plus générale et ils peuvent s'intégrer dans d'autres parties de l'instrument.

La liaison conditionnelle est du même type qu'une liaison linéaire mais les valeurs des paramètres (raideur, frottement, longueur) et l'état des variables à un instant donné (positions, vitesses) dépendent de conditions. Ces conditions, ou conditions de changement d'état de la liaison - AUGmentation, DIMinution, CHangement de Signe, SUPérieur ou INFérieur à un paramètre, ConDitions eXtérieures - peuvent porter sur les variables d'entrée de position de la liaison (X1,X2), la longueur courante (L), l'élongation (LR), la vitesse relative (VR).

A l'arrivée dans un état donné, différentes dispositions peuvent être prises: mise à 0 de l'élongation, mise à 0 de la vitesse, affectation d'une nouvelle valeur à la raideur ou au frottement.

II.2. les dispositions pour le jeu instrumental

II.2.1. Jeu d'excitation et de modulation

La structure étant définie qualitativement et quantitativement, il reste à définir les accès dont disposera l'opérateur. Il faut distinguer les notions de multiplicité et de multidimensionnalité du geste. Une action gestuelle élémentaire se définit comme comportant un seul geste d'excitation. Il peut lui être associé 1 ou plusieurs gestes de modification. Selon leur nature, les gestes d'excitation ou de modulation peuvent être multidimensionnels. Une action gestuelle élémentaire est supportée par la notion de CANAL. Un canal comporte une voie d'excitation nécessairement rétroactive et une ou plusieurs voies de modification ou de modulation non rétroactives (multidimensionnalité). Plusieurs canaux peuvent être définis simultanément (multiplicité). CORDIS dispose de 2 canaux au maximum et de 4 voies par canaux dont la 1ère est rétroactive. 4 modules déterminent la nature des entrées ou sorties gestuelles (force ou déplacement) et les connectent à l'excitateur. Enfin, dans le cas de contrôle gestuel des paramètres mécaniques (valeur des masses...), des modules de calibrage prennent en compte de la course des capteurs.

II.2.2. Jeu de modification qualitative de structure



L'instrument ne doit pas être figé et doit pouvoir être modifier, en cours de jeu. Il est défini en blocs conditionnels (ou options), que l'on peut introduire ou supprimer en cours de jeu à partir d'un clavier de fonctions. Le changement d'instrument, d'excitateur ou de structure vibrante) sont des modifications simples. Mais elles peuvent être plus complexes et affecter la constitution même de chaque élément.

III. Exemples de simulation

Nous avons pu simuler des lignes vibrantes (constituées de masses ponctuelles reliées par des liaisons ressort/frottement) excitées par percussion ou pincement; d'autres types de structures vibrantes, ayant ou non une référence dans le domaine des objets existants (anneau, étoile...); un modèle simple de frottement d'archet. La généralité du formalisme des liaisons conditionnelles est ici nécessaire.

Nous avons également étudié des objets réalistes simples (masse tombant librement sur un sol...). Les sons obtenus sont eux-mêmes très réalistes. La décomposition entre la définition qualitative et quantitative de la structure s'avère expérimentalement fructueuse puisqu'elle nous permet d'étudier indépendamment la contribution, sur le son produit, de la forme de l'instrument et celle de la nature des matériaux qui le compose.

De même, la nature de l'excitation (percussion, pincement...), semble primordiale pour la reconnaissance causale de l'instrument.

Enfin, nous avons mis en oeuvre une situation simple, de corde excitée par pincement, où la boucle geste-geste-son s'exécute effectivement en temps réel: l'opérateur pince la corde à partir d'un transducteur gestuel rétroactif; celui-ci a le comportement de l'organe de pincement: tout d'abord libre, il accroche la corde à partir d'une certaine position et l'entraîne; l'opérateur ressent alors gestuellement la résistance de celle-ci; à partir d'un nouveau seuil, il la lâche; l'opérateur ressent ce décrochage; la corde oscille librement et produit le son; celui-ci se distingue d'une corde percutée par 2 types de phénomènes: d'une part, l'accrochage joue le rôle d'une petite percussion mettant déjà la corde, séparée en 2 parties par le plectre, légèrement en vibration, d'autre part le mode d'attaque correspond à celui d'une corde déplacée de sa position d'équilibre puis relâchée.

REFERENCES:

CADOZ C., LUCIANI A., FLORENS J.L.: Synthèse Musicale par Simulation des Mécanismes Instrumentaux. Transducteurs Gestuels Rétroactifs pour l'Etude du Jeu Instrumental - Revue d'Acoustique N° 59 - 1981.

CADOZ C., LUCIANI A., FLORENS J.J., DARS-BERBERYAN T.: The Control Channels of Instrumental Playing in Computer Music. Incidence of the Real Time on the choice of the Basic Models - International Computer Music Conference - Venice 1982.

DARS-BERBERYAN T.: Etude et Réalisation d'un Calculateur Spécialisé pour la Synthèse Sonore en Temps Réel par Simulation de Mécanismes Instrumentaux - Thèse Docteur-Ingénieur - Institut National Polytechnique de Grenoble - 1982.

FLORENS J.L.: Coupleur Gestuel Rétroactif pour la Commande et le Contrôle de Sons de Synthèse - Thèse 3ème Cycle - Institut National Polytechnique de Grenoble - 1978.

RUIZ P.M.: A Technique for Simulating the Vibrations of Strings with a Digital Computer - Dept of Music - University of Illinois - 1969.