

Rapport de recherche 2003 du SCRIME

3 février 2004

Ce document présente un bilan des recherches menées au SCRIME en 2003. Ses auteurs sont les suivants : Myriam Desainte-Catherine, Pierre Hanna, Christophe Havel, György Kurtag, Sylvain Marchand, Martin Raspaud, Matthias Robine, Jean-Michel Rivet et Robert Strandh.

1 Bilan en recherche fondamentale

1.1 Modélisation du son

Pour manipuler informatiquement et musicalement les phénomènes physiques que sont les sons, il est nécessaire de définir une représentation mathématique pour ces sons ayant de bonnes propriétés informatiques et musicales, c'est-à-dire où les transformations musicales peuvent s'exprimer simplement et s'effectuer efficacement.

Après avoir obtenu des résultats pour les sons harmoniques [38], [40], [35], [31], [37], [37], [41], [42] qui sont actuellement exploités [33], [20], nos recherches portent sur les bruits [8], [36], les transitoires et les sons généraux.

Modèle statistique de bruits.

Les modèles existants considèrent les sons, ou leurs parties bruitées, comme du bruit blanc filtré. Cette hypothèse est mise en défaut par les études psychoacoustiques sur la perception de la densité spectrale des fréquences. La prise en compte de ces travaux [23] nous a permis de développer un nouveau modèle spectral et statistique, appelé CNSS (Colored Noise by Sum of Sinusoids), basé sur le modèle des bruits thermiques. Un son bruité est défini par une somme fixe de sinusoides. Le modèle CNSS propose de nouveaux contrôles liés aux distributions des fréquences et des phases des sinusoides [29], et autorise ainsi de nouvelles transformations musicales. Ce modèle a été implanté sous forme d'objets `jmax` [25] et autorise des modifications de sons bruités en temps-réel. La plus classique consiste à allonger ou raccourcir un son bruité, tout en préservant ses caractéristiques spectrales, et dans le cas des bruits, ses propriétés statistiques [14]. Pour cela, de nouvelles méthodes de synthèse propres aux sons bruités ont été mises au point [26].

Modèles spectraux non stationnaires

Nous nous intéressons actuellement aux modèles spectraux non stationnaires, pour lesquels les paramètres (fréquence, amplitude) des partiels peuvent varier pendant la fenêtre d'analyse. Le fait de ne plus supposer le signal comme stationnaire pendant cet intervalle de temps permet, entre autres, une meilleure prise en compte des transitoires. Cela donne surtout des mesures plus précises pour les paramètres du modèle, et peut également faciliter le suivi des partiels dans le temps, puisque les dérivées des paramètres fréquence et amplitude de chaque partiel sont maintenant connues.

En plus des paramètres fréquence et amplitude des partiels, la prise en compte des non-stationnarités du signal sonore implique également la définition d'un modèle plus complexe pour la phase. Un modèle polynomial d'ordre 5 a été présenté lors de la conférence IEEE WASPAA 2003 [11], en collaboration avec Joseph di Martino du LORIA (Nancy), Laurent Girin de l'Institut de la Communication Parlée (Grenoble) et Axel Röbel et Geoffroy Peeters de l'IRCAM (Paris). Il généralise et améliore le modèle existant, d'ordre 3, proposé en 1986 par McAulay et Quatieri.

1.2 Analyse

Analyse statistique de sons

Dans un premier temps, les parties stochastiques des sons à analyser doivent être déterminées sur les domaines fréquentiel et temporel. Ainsi, nous avons décrit une méthode qui, à partir des études statistiques des variations d'intensité, caractérise les sinusoides, c'est-à-dire se propose de reconnaître dans un spectre les partiels isolés des composantes bruitées [24], [9].

De même, les transitoires (attaques) nécessitent un traitement particulier. Pour cela, nous avons mis au point une méthode de détection basée sur l'étude des distributions des échantillons [8]. Cette technique permet de détecter des transitoires dans des bruits et de définir un critère discriminatoire entre les bruits stationnaires et les bruits dits impulsifs.

De plus, nous avons développé une technique permettant d'estimer le nombre de sinusoides nécessaires pour modéliser le son étudié, et leur répartition statistique [12].

Amélioration du suivi des partiels

Le suivi des partiels est une phase critique lors de l'analyse spectrale des sons, et beaucoup reste à faire pour l'améliorer. Nous avons démontré l'utilité de la prédiction linéaire lors du suivi des partiels dans l'analyse spectrale des sons musicaux [13,6].

Reconstruction

L'analyse sonore échouant de temps en temps, il est utile de pouvoir reconstruire les informations erronées ou manquantes pendant de petites plages de temps, lors du suivi des partiels par exemple. Cette tâche peut être accomplie par des méthodes classiques comme la prédiction linéaire, cette fois appliquées aux paramètres sonores plutôt qu'aux sons eux-mêmes. Les recherches ont abouti à la confirmation des résultats en modèle temporel et à l'application de la méthode au modèle sinusoidal, ce qui a été présenté en conférences internationales [13].

Séparation de sources

En parallèle, des recherches sont menées sur la séparation de sources harmoniques. Il s'agit de trouver comment extraire les différentes sources harmoniques contenues à l'intérieur d'un son complexe. L'extraction polyphonique des fréquences fondamentales de chaque source contenue dans le mélange ainsi que l'extraction de leur timbre est en cours d'étude.

1.3 Synthèse

Spatialisation des sons spectraux

Nous nous intéressons à la spatialisation des sons dans les modèles sonores spectraux. La bibliothèque de synthèse sonore spectrale basée sur le modèle SAS a été étendue en conséquence avec des fonctionnalités de spatialisation, en prenant en compte la physique liée à la propagation des ondes acoustiques (atténuation différentielle du son dans l'air, effet Doppler pour les sources en mouvement, etc.). La chaîne de spatialisation a été complétée par la prise en compte des fonctions HRTF, réalisée par un étudiant de DEA, Daniel Hollaar. La finalisation de la bibliothèque de synthèse est en cours.

Synthèse additive non linéaire

Nous possédons déjà un algorithme de synthèse additive de complexité optimale. Pour le cas particulier des sources quasi harmoniques (comme celles du modèle SAS), nous avons alors étudié la possibilité de recourir à des techniques non linéaires. Dans le cadre d'un mémoire de DEA, nous avons répertorié celles qui peuvent engendrer des structures harmoniques. Mais si certaines sont avantageuses en complexité, elles ne peuvent cependant pas être comparées à la qualité d'une synthèse additive. Le spectre généré est déterminé par des règles mathématiques qui contrôlent son enveloppe. Chaque type de synthèse est lié à un son qui le caractérise. Cette signature sonore rend difficile la synthèse d'un son harmonique quelconque. Ainsi, si les techniques non linéaires que nous avons étudiées sont intéressantes pour la création musicale, elles ne sont pas assez souples pour synthétiser un son naturel harmonique dont nous connaissons les composantes spectrales.

Synthèse de bruits

Les méthodes existantes sont destinées aux sons harmoniques et ne garantissent pas la conservation des propriétés statistiques des sons, ce qui peut induire des artefacts audibles dans les sons synthétisés. Ainsi, nous proposons des nouvelles méthodes de synthèse destinées aux sons bruités [26].

Ces nouvelles techniques utilisées avec le modèle spectral et statistique permettent d'envisager un allongement infini du bruit sans distorsion [14]. Des applications sur la voix parlée montre l'intérêt de cette méthode: des consonnes et des phrases chuchotées peuvent être parfaitement resynthétisées et allongées sans être dégradées.

1.4 Tatouage de sons de parole et musicaux

En collaboration avec Laurent Girin de l'Institut de la Communication Parlée (Grenoble), nous explorons actuellement les possibilités de tatouage du son, technique qui consiste à cacher de l'information à l'intérieur d'un son, et ce de manière transparente (inaudible). Les enjeux en pratique sont la protection des données et du droit d'auteur. Nous nous intéressons plus particulièrement aux possibilités offertes par les modèles sinusoïdaux. Des premiers résultats feront l'objet d'une communication lors de la conférence IEEE ICASSP 2004 [5].

1.5 Aide à la composition

Nous travaillons sur l'aide à l'écriture de pièces de musique électroacoustique, interactives et l'écriture de partitions.

Pièces interactives

Une étude portant sur la modélisation de pièces musicales interactives a été commencée en 2003. Les premiers résultats concernent les pièces complètement écrites et permet d'en spécifier l'interaction au moyen de relations temporelles entre l'écriture et le jeu [16].

Partitions

Gsharp [19] est un projet dont l'objectif est la réalisation d'un éditeur de partitions musicales extensible, interactif et temps-réel. Il est basé sur un algorithme incrémental de calcul de mise en page, permettant à une partition de plusieurs centaines de pages d'être recalculée à la vitesse de frappe de l'utilisateur.

Gsharp est un logiciel *libre*, et distribué avec code source selon la licence GPL (GNU General Public License).

2 Réalisation de projets en collaboration

2.1 Dolabip : un instrument pour l'éveil musical

L'objectif de ce projet est le développement d'un outil pédagogique pour l'éveil musical en école publique. Afin de favoriser le développement des stratégies d'écoute chez l'enfant, nous proposons de concevoir une palette d'outils pédagogiques d'exploration sonore équipés de dispositifs adaptés à la motricité des enfants [20] [21] [33].

Le logiciel Dolabip a connu deux premières versions (une version autonome et un ensemble d'objets JMax). Nous avons démarré une troisième version autonome offrant une interface plus simple [15]. L'objectif est d'aboutir à un logiciel de conception d'instruments électroacoustiques qui puisse être pris en main aussi facilement qu'un jeu vidéo par simple exploration. Un instrument est représenté par un ensemble de cartes graphiques sonores qui sont associées à une forme de synthèse. Une carte sert d'interface à une synthèse, dont les paramètres sont les coordonnées de la trajectoire qui la traverse ainsi que les événements survenant simultanément. Cette version est encore en cours de développement.

2.2 Modélisation d'un percussionniste

Depuis plusieurs années le compositeur Christophe Havel élabore avec le projet MÉTAMORPHOSE une écriture musicale pour des instruments électroniques à travers une succession d'oeuvres de musique de chambre réunissant de 2 à 4 musiciens. Chacun d'eux joue virtuellement, avec ses propres réflexes mécaniques et auditifs, devant ou avec des capteurs adaptés à son instrument d'origine. À l'intérieur de ce projet, le compositeur souhaitait pouvoir utiliser des instruments de percussion et imagina de développer un système de captation des gestes du percussionniste. L'ambition d'un tel projet serait alors, à partir de la modélisation de la gestique propre au percussionniste, de pouvoir capter en temps réel, c'est-à-dire avec les contraintes d'un jeu en concert éventuellement virtuose, les intentions musicales de l'instrumentiste pour les appliquer à un instrument électronique.

Après une période de mesures et de modélisation, un dispositif de captation et de reconnaissance des gestes a été développé au Scrimé. Ce dispositif s'est enrichi cette année d'un éditeur instrumental permettant au compositeur ou à l'interprète d'organiser graphiquement la disposition des instruments virtuels. De plus, le système a été suffisamment fiabilisé pour permettre une réelle utilisation en concert, ce qui a permis de l'intégrer au projet des *Métamorphoses*. Il a d'autre part été utilisé pour réaliser la musique du film *Les Rapaces*, pour un spectacle qui a été créé lors du 2ème printemps des ciné-concerts à Bordeaux.

2.3 Diffusion par le geste

L'objectif de ce projet consiste à substituer les manipulations de curseurs de la table de diffusion par des gestes inspirés de ceux du chef d'orchestre devant les instrumentistes (les enceintes).

Nous utilisons deux capteurs *Flocks of Birds*, un dans chaque main. Ces capteurs transmettent les coordonnées tridimensionnelles ainsi que les rotations toutes les 10 ms. Au moyen de ces capteurs, il faut établir des codes gestuels paramétrés permettant de commander la diffusion, c'est-à-dire de contrôler le volume de chacune des enceintes. Les informations symboliques associées à chaque geste sont utilisées ultérieurement pour commander le volume de chaque enceinte. Le projet mené avec le compositeur Jean-Michel Rivet est dans sa phase finale, et concerne actuellement sa mise en pratique pour déceler les imperfections et le rendre le logiciel fiable.

3 Logiciels

Nos logiciels sont développés sur Linux et sont publiés sous la licence GPL. Ces logiciels sont accessibles depuis la page d'accueil du SCRIME. Des portages sous MacOS X sont à l'étude.

- InSpect : logiciel d'analyse de sons musicaux [53], développé par Sylvain Marchand. Une nouvelle version du logiciel d'analyse sonore *InSpect* est en cours de développement. Cette nouvelle version, qui prend en compte les avancées de la recherche dans le domaine, se veut portable (Linux, Windows et MacOS X) et utilisable par le plus grand nombre à des fins scientifiques et / ou artistiques. Une reprogrammation en langage Lisp, afin de manipuler symboliquement les sons musicaux, est à l'étude.
(<http://www.scrime.u-bordeaux.fr/InSpect/>)
- ProSpect : environnement de programmation scheme pour manipuler symboliquement des sons musicaux, en lien avec InSpect, développé par Sylvain Marchand
(<http://www.scrime.u-bordeaux.fr/ProSpect/sources/>)
- libsas : bibliothèque de synthèse sonore spectrale basée sur le modèle SAS, disposant notamment de fonctionnalités de spatialisation sonore.
(<http://www.scrime.u-bordeaux.fr/logiciels/libsas/>)
- libcnss : bibliothèque de synthèse sonore spectrale basée sur le modèle CNSS.
(<http://www.scrime.u-bordeaux.fr/logiciels/libcnss/>)
- Boxes : logiciel de composition musicale combinant une représentation hiérarchique, des contraintes et des sons spectraux, développé par Anthony Beurivé
(<http://dept-info.labri.u-bordeaux.fr/ beurive/BOXES/>)

- Dolabip : une version autonome écrite en Tcl/Tk par Laurent Kerhoas de la société Algor, retouchée par Anthony Beurivé.
(<http://www.scrime.u-bordeaux.fr/dolabip/>)
- Objets jmax : sas4jmax (incluant la spatialisation binaurale en trois dimensions de sons SAS), cnss4jmax (Colored Noise by Sums of Sinusoids), joystick4jmax, osc4jmax.

4 Publications se rapportant aux projets de recherche en 2003

Livres ou Revues internationales avec comité de lecture

1. **Myriam Desainte-Catherine and György Kurtag and Sylvain Marchand and Catherine Semal and Pierre Hanna**, *Playing With Sounds Like Playing Video Games*, ACM Journal: Computers in Entertainment, 2004, to appear.
2. **Sylvain Marchand**, Informatique Musicale, chapter Synthèse Additive. HERMES Sciences, Paris. Publication scheduled in 2004.
3. **Sylvain Marchand**, Informatique Musicale, chapter Analyse de Fourier. HERMES Sciences, Paris. Publication scheduled in 2004.
4. **Myriam Desainte-Catherine**, Informatique Musicale, chapter Modèles temporels: logique et pratique. HERMES Sciences, Paris. Publication scheduled in 2004.

Communications et conférences

5. **Laurent Girin and Sylvain Marchand**, *Watermarking of Speech Signals Using the Sinusoidal Model and Frequency Modulation of the Partial*s, Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'04), Montreal, Canada, May 2004.
6. **Mathieu Lagrange and Sylvain Marchand and Jean-Bernard Rault**, *Using Linear Prediction to Enhance the Tracking of Partial*s, Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'04), Montreal, Canada, May 2004.
7. **Mathieu Lagrange and Sylvain Marchand and Jean-Bernard Rault**, *Partial Tracking Based on Forward Path Exploration*, Proceedings of the 116-th Convention of the AES, Berlin, Germany, May 2004.
8. **Pierre Hanna**, *Modélisation statistique de sons bruités : étude de la densité spectrale, analyse, transformation musicale et synthèse*, doctorat en informatique de l'Université Bordeaux 1, 12 décembre 2003.
9. **Pierre Hanna et Myriam Desainte-Catherine**, *Using statistical analysis of the intensity fluctuations to detect sinusoids in noisy signals*, LaBRI, Université Bordeaux 1, 2003, Research Report 130603.
10. **Sylvain Marchand**, *Sinusoidal Modeling for Speech and Musical Audio Signals*, Séminaire France Télécom: Compression et Indexation Audio, June 2003, France Télécom R&D, Lannion.
11. **Laurent Girin, Sylvain Marchand, Joseph di Martino, Axel Röbel and Geoffroy Peeters**, *Comparing the Order of a Polynomial Phase Model for the Synthesis of Quasi-Harmonic Audio Signals*, Proceedings of the IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA'03), New Paltz, New York, USA, October 2003.
12. **Pierre Hanna et Myriam Desainte-Catherine**, *Analysis method to approximate the spectral density of noises*, Proceedings of the IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA'03), Mohonk, New-Paltz, New York, USA, October, 2003.

13. **Mathieu Lagrange, Sylvain Marchand, Martin Raspaud et Jean-Bernard Rault**, *Enhanced partial tracking using linear prediction*, In Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'03) Conference (London, United Kingdom, September 2003), p141-146.
14. **Pierre Hanna et Myriam Desainte-Catherine**, *Time Scale modification of noises using a spectral and statistical model*, Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'03), Hong Kong, China, 2003.
15. **Myriam Desainte-Catherine, György Kurtag**, *Spécification de la synthèse sonore appliquée à la pédagogie musicale*, Proceedings of the Journées d'Informatique Musicale (JIM'03), Montbéliard, France).
16. **Myriam Desainte-Catherine, Nicolas Brousse**, *Towards a Specification of Musical Interactive Pieces*, proceedings of the XIV CIM, 8-10 Mai 2003, Florence, Italie, p159-162.
17. **Myriam Desainte-Catherine**, *Logiciels libres du SCRIME*, Résonnances, communication invitée à la journée des logiciels libres, IRCAM, Paris. octobre 2003.

5 Publications antérieures à 2003

Livres ou Revues internationales avec comité de lecture

18. **Sylvain Marchand**, *Musical Audio Effects in the SAS Model*, Journal of New Music Research, 30(3), 2001, p259-269.
19. **Myriam Desainte-Catherine et E.Nicouleau**, *Segmentation et formalisation d'une oeuvre électro-acoustique*, Musurgia VII/2, p73-85, 2000.
20. **Myriam Desainte-Catherine et Sylvain Marchand**, *High precision Fourier analysis Using Signal Derivatives*, Journal of the Audio Engineering Society, 48(7/8), p654-667, July/August 2000.
21. **Gérard Assayag, Anthony Beurivé et Myriam Desainte-Catherine**, *Composition Assistée par Ordinateur*, dans "Recherches et applications en informatique musicale", Hermès, 1998.
22. **Kablan Barbar, Anthony Beurivé et Myriam Desainte-Catherine**, *Structures hiérarchiques pour la composition assistée par ordinateur*, dans "Recherches et applications en informatique musicale", Hermès, 1998. Ce livre est une sélection d'articles des JIM'94, 95 et 96.
23. **Kablan Barbar, Anthony Beurivé et Myriam Desainte-Catherine**, *On the resolution of musical conflicts*, Journal of New Music Research, 25(4) pp. 382-397 (1996).
24. **Kablan Barbar, Alain Miniussi et M.Desainte-Catherine**, *The semantics of musical hierarchies*, Computer Music Journal, volume 17(4), p30-37, Décembre (1993).

Communication et conférences

25. **Sylvain Marchand and Myriam Desainte-Catherine**, *Spectral Modeling, Analysis, and Synthesis of Musical Sounds*, Journal of the Acoustical Society of America, 112:5, p2237-2238, November, Invited to the 144th Meeting of the Acoustical Society of America and First Pan-American / Iberian Meeting on Acoustics, Cancun, Mexico.
26. **R. Strandh**, *Gsharp, an extensible interactive score editor*, In "Proceedings of the 2002 international Lisp Conference, San Francisco, October 28-31 2002.
27. **Myriam Desainte-Catherine, Gyorgy Kurtag, Bénédicte Gourdon, Sylvain Marchand et Catherine Semal**, *Dolabip : Un éveil musical avec l'ordinateur*, soumis au colloque "Apprendre avec l'ordinateur à l'école", Université Bordeaux 2, janvier 2002.

28. **Myriam Desainte-Catherine, György Kurtag**, *La pédagogie de l'interactivité*, soumis au colloque sur la créativité musicale, Liège, Belgique 2002.
29. **Myriam Desainte-Catherine, Anthony Beurivé**, *Time Modeling for Musical Composition*, invited to FSKD'02, Singapore 2002.
30. **Pierre Hanna, Myriam Desainte-Catherine**, *Influence de la densité spectrale sur la synthèse de sons bruités*, Proceedings of the Journées d'Informatique Musicale (JIM'02), Marseille, France), p17-24.
31. **Pierre Hanna, Myriam Desainte-Catherine**, *Detection of Sinusoidal Components in Sounds Using Statistical Analysis of Intensity Fluctuations*, Proceedings of International Computer Music Conference (ICMC'02, Goteborg, Sweden), p100-103.
32. **Pierre Hanna, Myriam Desainte-Catherine**, *Real-time noise synthesis with control of the spectral density*, Proceedings of the Digital Audio Effects Workshop (DAFX'02, Hamburg, Germany), p151-156.
33. **Pierre Hanna, Myriam Desainte-Catherine**, *Adapting the overlap-add method to the synthesis of noise*, Proceedings of the Digital Audio Effects Workshop (DAFX'02, Hamburg, Germany), p101-104.
34. **Mathieu Lagrange, Sylvain Marchand, and Jean-Bernard Rault**, *Sinusoidal Parameter Extraction and Component Selection in a Non Stationary Model*, In Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'02) Conference, pages 59-64, Hamburg, Germany, September 2002. University of the Federal Armed Forces.
35. **Florian Keiler and Sylvain Marchand**, *Survey on Extraction of Sinusoids in Stationary Sounds*, In Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'02) Conference, pages 51-58, Hamburg, Germany, September 2002. University of the Federal Armed Forces.
36. **Pierre Hanna and Myriam Desainte-Catherine**, *Influence of Frequency Distribution on Intensity Fluctuations of Noise*, Proceedings of Workshop on Digital Audio Effects'01 (Limerick, Ireland)", University of Limerick and COST (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research), p125-129, Décembre 2001.
37. **Anthony Beurivé et Myriam Desainte-Catherine**, *Representing Musical Hierarchies with Constraints*, Proceedings of CP'01, Musical Constraints Workshop, Paphos, Cyprus, Décembre 2001.
38. **Sylvain Marchand**, *An Efficient Pitch-Tracking Algorithm Using a Combination of Fourier Transforms*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'01) Conference, Limerick, Irlande, University of Limerick and COST (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research), Décembre 2001.
39. **Mathieu Lagrange et Sylvain Marchand**, *Real-Time Additive Synthesis of Sound by Taking Advantage of Psychoacoustics*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'01) Conference, Limerick, Irlande, University of Limerick and COST (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research), Décembre 2001.
40. **Myriam Desainte-Catherine, György Kurtag**, *Le projet Dolabip : développement de l'écoute par le geste instrumental*, séminaire sur la pédagogie musicale assistée par ordinateur, Tempo Reale, Florence, octobre 2001.
41. **Anthony Beurivé**, *Un logiciel de composition musicale combinant un modèle spectral, des structures hiérarchiques et des contraintes*, Proceedings of the Journées d'Informatique Musicale (JIM2000), 21-30, 2000, Bordeaux, Mai, SCRIME.
42. **Sylvain Marchand**, *ProSpect : une plate-forme logicielle pour l'exploration spectrale des sons et de la musique*, Proceedings of the Journées d'Informatique Musicale (JIM2000), 31-40, 2000, Bordeaux, Mai, SCRIME.
43. **Pierre Hanna et Myriam Desainte-Catherine**, *Statistical approach for sounds modeling*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'00) Workshop, 91-96, 2000, Verona, December.

44. **Sylvain Marchand**, *Compression of sinusoidal modeling parameter*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'00) Workshop, 2000, Verona, December.
45. **Sylvain Marchand**, *Modélisation informatique du son musical*, doctorat en informatique de l'Université Bordeaux 1, 12 décembre 2000.
46. **Myriam Desainte-Catherine**, *Combinatoire des pfaffiens et modélisation sonore et musicale*, Habilitation à diriger des recherches, Novembre, 1999.
47. **Sylvain Marchand**, *Musical Sound Effects in the SAS Model*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'99) Workshop, 1999, Trondheim, December.
48. **Sylvain Marchand** et **Robert Strandh**, *InSpect and ReSpect: spectral modeling, analysis and real-time synthesis software tools for researchers and composers*, Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC'99), 341–344, 1999, Beijing, Octobre, International Computer Music Association (ICMA).
49. **Myriam Desainte-Catherine** et **Sylvain Marchand**, *Towards a modelisation of sound timbre and electroacoustic music forms*, proceedings ICMC'99, China, september 1999, p260–263.
50. **Robert Strandh** et **Sylvain Marchand**, *Real-Time Generation of Sound from Parameters of Additive Synthesis*, Proceedings of the Journées d'Informatique Musicale (JIM'99), 83–88, 1999, Paris, Mai, CEMAMu.
51. **Myriam Desainte-Catherine** et **Sylvain Marchand**, *Un modèle pour unifier musique et son dans une composition multiéchelle*, proceedings of JIM'99, Paris, 1999.
52. **Sylvain Marchand**, *Improving Spectral Analysis Precision with an Enhanced Phase Vocoder using Signal Derivatives*, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx'98) Workshop, 114–118, 1998, Barcelona, November.
53. **Sylvain Marchand**, *Myriam Desainte-Catherine and Sylvain Marchand*, High Precision Fourier Analysis of Sounds using Signal Derivatives, LaBRI, Université Bordeaux 1, 1998, Research Report 120498, Extended version published in the Journal of the Audio Engineering Society.
54. **Myriam Desainte-Catherine**, *The Hierarchical Structure May Improve the Resolution of Musical Problems*, Journées d'Informatique Musicale, Caen, 1996.
55. **Kablan Barbar**, **Anthony Beurivé** et **Myriam Desainte-Catherine**, *Structure hiérarchique et relations temporelles d'une pièce de musique*, Actes des Journées d'Informatique Musicale, Paris, 1995.
56. **Kablan Barbar**, **Anthony Beurivé** et **Myriam Desainte-Catherine**, *Incremental evaluation of musical hierarchies*, Actes du premier Simpósio Brasileiro de Computação e Música, Caxambu, Brésil 1994, p99–105.
57. **Kablan Barbar**, **Alain Miniussi** et **Myriam Desainte-Catherine**, *A representation of musical pieces based on attributed grammars*, Actes de ECAI'92¹ Workshop on Artificial Intelligence and Music, Vienne (Autriche), 1992.

1. ECAI (European Conference on Artificial Intelligence)