

Les nouveaux musiquants

Hugues Vinet

Dans le contexte d'une réflexion renouvelée sur l'écoute musicale, il est indispensable de prendre en compte les évolutions technologiques récentes, en tant que conditions matérielles de reproduction des artefacts musicaux sous différentes formes (des instruments acoustiques et salles de concert aux ordinateurs connectés à Internet et baladeurs mp3, en passant par la radio, le CD et le DVD audio). Les bouleversements du système de diffusion musicale provoqués par l'apparition de nouveaux formats et réseaux sont déjà largement perceptibles. Ce ne sont toutefois là que les prémisses d'un changement potentiellement plus radical des différents maillons du système technique musical (lutherie, production, diffusion, accès, écoute, jeu...), comme conséquence d'un investissement croissant de communautés internationales de chercheurs autour notamment des problématiques d'indexation musicale et des avancées déjà obtenues dans ce domaine. Cet état de fait concerne en tout premier lieu les applications des recherches de l'Ircam, dont les retombées, pendant longtemps réservées au contexte de la création contemporaine (qui connaît par ailleurs un important renouvellement dans ses concepts et outils), s'ouvrent à des pratiques musicales non expertes fondées sur de nouvelles instrumentations techniques, à la fois dans le domaine industriel¹ et pédagogique².

L'objet de cette synthèse est de présenter les modalités de ces apports technologiques, dans les évolutions qu'ils introduisent par rapport aux dispositifs existants en matière notamment de représentation et d'interfaces de manipulation des informations musicales et de préfigurer les nouveaux usages et pratiques de l'écoute et du jeu musical qu'ils sont à même de susciter. Même si de telles évolutions sont d'ores et déjà réalisables techniquement, leur appropriation dans le cadre de nouvelles pratiques généralisées n'en est encore que potentielle. La référence faite aux musiquants – notion définie par Gilbert Rouget³ pour désigner, dans le contexte de la musique africaine, les participants non musiciens au rite collectif – est ici généralisée à toute forme de pratique musicale non experte, c'est-à-dire non musicienne, si l'on entend par là que la qualification de musicien implique l'acquisition d'une expertise technique à travers de nombreuses années de pratique, en particulier selon le cursus des conservatoires. Cette référence aux nouveaux musiquants en tant que praticiens spontanés d'une nouvelle instrumentation technologique, doit donc ici être entendue comme un possible, voire probable, dont nous ne faisons aujourd'hui qu'entrevoir les formes d'actualisation futures.

Discothèque virtuelle

Un premier aspect de la diffusion numérique de la musique par les réseaux est la dématérialisation du support d'enregistrement, jusqu'alors visible et tangible sous sa forme d'album vinyl ou CD. Corrélativement, l'item de référence pour accéder à la musique en ligne n'est plus l'album en tant que succession définie de morceaux, formatée selon une durée standardisée de l'ordre d'une heure pour le CD, mais le

¹ Projet européen SemanticHIFI, préfigurant la chaîne hi-fi de demain, en collaboration notamment avec Sony. Présentation synthétique à : shf.ircam.fr

² Logiciel MusiqueLab, conçu pour l'enseignement musical dans les collèges, lycées et conservatoires. www.educnet.education.fr/musique/ticce/applications/musiquelab/

³ Gilbert Rouget, *La musique et la transe, Esquisse d'une théorie générale des relations de la musique et de la possession*, Paris, Gallimard, 1980.

morceau lui-même. Un autre aspect, lié à la fois à la généralisation des techniques de compression audio et à l'évolution de la taille des dispositifs de stockage numérique, est l'augmentation, de plusieurs ordres de grandeur, du nombre d'items manipulés : alors qu'une discothèque personnelle regroupait généralement quelques centaines d'albums, le nombre de morceaux sous forme compressée pouvant être gérés sur un disque dur d'ordinateur personnel est aujourd'hui de l'ordre de la dizaine de milliers et cette capacité est vouée à augmenter exponentiellement à l'avenir. Ces deux facteurs, dématérialisation des supports et multiplication du nombre d'items, introduisent une rupture cognitive dans les modes de présentation et de sélection des morceaux pour l'écoute qui doit être prise en compte pour la réalisation de nouveaux dispositifs techniques de diffusion et d'accès. L'enjeu est de remplacer l'espace matériel de présentation des items (bacs de disquaires, rayonnages, etc.) et son organisation en fonction des contenus (telle que les différentes salles de grands disquaires associées à chaque genre musical) par un espace virtuel dont les modes d'exploration soient compatibles avec l'ordre de grandeur du nombre d'items. Un autre enjeu important concerne la possibilité de personnalisation de ces modes d'organisation, en fonction de la spécificité des goûts de chacun et des corpus réunis. L'appréhension technologique de ces problèmes réside dans l'utilisation de bases de données, dont la caractéristique est à la fois de pouvoir gérer de très grands nombres d'items accessibles avec des temps de réponse faibles, mais aussi de pouvoir représenter et manipuler différentes informations pertinentes sur chaque item et sur ses relations avec les autres. Ces informations doivent être relatives, en particulier, à la formalisation de connaissances d'ordre musical, en vue de permettre des *recherches par le contenu* musical. De telles données descriptives, complémentaires des supports musicaux bruts tels que les enregistrements, sont qualifiées de *métadonnées*.

Une première application de ces techniques, déjà banalisée dans les systèmes de vente de musique par Internet sur des corpus de l'ordre du million de morceaux, est la possibilité de recherche explicite, c'est-à-dire à travers la spécification du nom du morceau et des interprètes et/ou compositeurs.

D'autres approches complémentaires, plus prospectives, reposent sur la mise en œuvre de nouvelles heuristiques sous la forme d'interfaces de navigation dans un espace structuré autour des dimensions musicales pertinentes⁴. Chaque morceau y apparaît virtuellement comme un point et les distances entre morceaux y rendent compte d'une notion de similarité musicale, comme combinaison des différentes dimensions pertinentes. Cet espace est multidimensionnel au sens où chacune de ses dimensions correspond à un attribut musical spécifique, nécessaire à la caractérisation du morceau : genre, tempo, instrumentation, harmonie, etc. La contrainte est cependant que ces caractéristiques soient établies pour chaque morceau dans sa globalité et quantifiables pour permettre le calcul de similarité entre deux items. Les interfaces de navigation dans cet espace peuvent reposer sur une représentation visuelle, par exemple tridimensionnelle, comme projection de l'espace manipulé sur une sélection de dimensions pertinentes. La représentation de cet espace peut aussi être implicite et l'heuristique de navigation reposer sur un mode de *recherche par l'exemple* : à partir d'un morceau de musique donné comme référence, il est ainsi possible d'obtenir les morceaux les plus similaires à celui-ci, selon les dimensions musicales choisies, voire selon des poids relatifs configurables attribués à chaque dimension. Ainsi, une recherche peut ne porter que sur une distance de

⁴ Hugues Vinet, « Navigation dans les bases de données musicales », *La navigation* (s. la dir. de F. Ghitalla), *Les cahiers du numérique*, Hermes-Lavoisier, 2002.

similarité combinant tempo et instrumentation, mais de manière transversale à toute notion de genre et donner lieu à des résultats d'autant plus inattendus que la base de morceaux est grande. L'intérêt de telles heuristiques se fonde sur les découvertes qu'elles permettent dans les mises en relation entre morceaux, tout en garantissant une cohérence d'appariement liée aux dimensions musicales choisies pour le calcul de la similarité. Du point de vue scientifique et technologique, la réalisation de tels systèmes, telle qu'elle a été abordée systématiquement dans le projet européen Cuidado⁵, passe par une double approche visant, d'un côté, à formaliser les connaissances musicales pertinentes sous forme numérique, et de l'autre, à extraire les informations correspondantes des enregistrements sonores, à partir de techniques d'analyse de signal, et les mettre en relation avec ces connaissances pour les calculer automatiquement.

Instruments d'écoute

Les dispositifs décrits ci-dessus restaurent déjà, de manière limitée, des dimensions musicales qui avaient été perdues dans le codage des enregistrements. De fait, au-delà d'améliorations qualitatives certes importantes (passage des disques vinyl aux CD), les supports des informations musicales, sous la forme de signaux audionumériques mono puis stéréophoniques, n'ont pas fondamentalement évolué depuis les cinquante dernières années en dépit des avancées des recherches en informatique musicale au cours de cette période, dont se dégagent quatre grands types de représentations numériques selon des niveaux d'abstraction croissants (les niveaux physique, signal, symbolique et cognitif⁶). Cette limitation du support dans sa capacité de représentation musicale se traduit directement dans celle des interfaces de manipulation offertes au mélomane, qui s'arrêtent, même dans les applications logicielles les plus récentes, à des fonctions très élémentaires telles que *lecture*, *pause*, *avance rapide*, *morceau suivant*, etc. En effet, dans la mesure où la représentation sous-jacente est celle de la variation d'une amplitude de pression acoustique au cours du temps, les seuls points d'entrée dans le contenu musical autorisés par les signaux audionumériques sont celui de l'amplitude (réglage du niveau sonore) et de l'index temporel (possibilité de démarrer la lecture à n'importe quel instant du morceau). A ce titre, l'introduction de formats de compression audio, tels que mp3 ou MPEG4 AAC, souvent présentée comme une révolution dans le codage des informations musicales, n'apporte rien de plus qu'une réduction de la taille des données et présente les mêmes limites en matière de représentation musicale que les formats traditionnels, que l'on retrouve dans les applications qui les manipulent.

Ainsi, au-delà de la réalisation d'interfaces de navigation inter-documents présentées plus haut, un autre enjeu, poursuivi notamment dans le cadre du projet SemanticHIFI, porte sur la constitution d'instruments d'écoute plus élaborés que les dispositifs existants, proposant des fonctions de *navigation intra-document* sur la base d'une médiatisation et d'une manipulation du contenu intrinsèque au morceau de musique. Cette orientation, relativement prospective, sera décrite ici selon trois approches principales, les deux premières abordant séparément les deux principales

⁵ Content-based Unified Interfaces and Descriptors for Audio/music Databases available Online. Une présentation générale du projet est proposée dans : Hugues Vinet, Perfecto Herrera et François Pachet, « The CUIDADO Project », *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR'02)*, Ircam, Paris, 2002.

⁶ Hugues Vinet, « The Representation Levels of Music Information », *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2771.

dimensions musicales figurées par la partition, c'est-à-dire le temps et la superposition polyphonique et spatiale, et la dernière, de portée plus générale concernant la médiatisation informatique de points de vue d'écoute singuliers.

Dans l'écoute, la découverte du contenu musical s'effectue au fur et à mesure de son déploiement temporel et une appréhension complète de sa structure à travers cette seule modalité n'est donc possible qu'une fois le morceau terminé. D'où l'importance d'un support visuel tel que celui de la partition comme support d'écoute, de mémorisation et d'orientation anticipatrice de l'attention, permettant d'appréhender cette succession à chaque instant de l'exécution. La réalisation de systèmes d'aide à l'écoute utilisant les images de la partition, en tant que support de l'intégralité de l'information musicale relevant de la composition, est adaptée à l'auditeur musicien, en particulier lorsque le déroulement de l'enregistrement s'accompagne d'un curseur mobile sur l'image de la partition. Cette synchronisation peut aujourd'hui être obtenue automatiquement à l'aide d'algorithmes effectuant l'alignement entre les signaux audionumériques et une représentation symbolique de type MIDI. Dans le cas d'instruments d'écoute conçus pour un auditeur non musicien, l'information fournie par la partition est trop détaillée, voire illisible. Il est donc nécessaire de fonder le support visuel sur des représentations plus schématiques, à une échelle temporelle plus macroscopique que celle de la note. Une approche récente particulièrement probante consiste à extraire automatiquement, par analyse du signal, la structure temporelle de morceaux de musique comme succession d'états stables (en matière d'instrumentation et de registre)⁷. Cet algorithme a prouvé son efficacité pour analyser des morceaux de musique classique ou populaire reposant sur une succession de parties ou mouvements bien définis (introduction, refrain, couplet, thème, développement, etc.). Il est possible d'en extraire des représentations visuelles et des interfaces de manipulation figurant cette succession d'états, par exemple sous la forme de segments de droite de couleurs différentes.

L'accès du mélomane à l'autre dimension musicale principale, liée à la superposition des hauteurs et leur déploiement spatial, a jusqu'à présent été contraint par le codage stéréophonique du support audio. Alors qu'un grand nombre d'enregistrements, en particulier pour la production discographique, sont effectués en multipiste, c'est-à-dire à travers l'enregistrement indépendant des différents instruments, cette information polyphonique est perdue lors de l'opération de mixage, consistant à formater le contenu musical selon l'espace stéréophonique du support de diffusion. Cependant, même si les avancées en matière de supports audio multicanaux, en rapport notamment avec les formats SACD et DVD Audio, sont encore relativement timides, la généralisation du DVD en tant que support d'enregistrements vidéo, lié au format audio DTS 5.1 s'accompagne de la diffusion massive de systèmes de *Home Cinema* dotés de 6 canaux audio. Ainsi, les normes de production audio, tirées par le marché de la vidéo, sont-elles en train d'évoluer vers ce format et laissent entrevoir des possibilités de diffusion multipiste des contenus musicaux – dont l'utilisation s'est déjà banalisée depuis plusieurs décennies en production musicale contemporaine, notamment à travers le format ADAT. Dans cette perspective et dans le contexte du projet SemanticHIFI, l'Ircam expérimente la réalisation d'interfaces permettant de naviguer dans le contenu polyphonique des œuvres. La métaphore utilisée, issue du projet MusicSpace réalisé

⁷ Geoffroy Peeters, « Deriving Musical Structures from Signal Analysis for Music Audio Summary Generation : "Sequence" and "State" approach » *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2771.

par Sony⁸, est celle du déplacement à l'intérieur de l'orchestre ; chaque instrument ou voie de polyphonie est représenté à l'écran par une icône, et l'auditeur peut configurer les positions des différentes sources, ainsi que sa propre position d'écoute. Cette interface est couplée avec le logiciel Spat de l'Ircam, qui effectue un rendu spatial de cette scène sonore en fonction des positions respectives des sources et de l'auditeur. Cette application, qui relève de la réalité virtuelle dans le domaine sonore, permet non seulement de configurer l'espace de diffusion musicale au sens de la disposition de ce concert virtuel, mais aussi d'appréhender le contenu polyphonique de l'œuvre, par le positionnement de l'auditeur à proximité de tel ou tel instrument mettant en avant les voies correspondantes dans le rendu sonore. Elle nécessite l'accès aux différentes voies de polyphonie sous forme d'enregistrements multipistes, éventuellement issus d'un pré-mixage. Dans le cas où ceux-ci ne sont pas disponibles, des expérimentations sont également menées sur la séparation automatique de sources sonores à partir des supports stéréophoniques, avec des résultats probants obtenus pour la séparation de voies solistes de leur accompagnement et la possibilité de modifier leurs niveaux respectifs, et donc la présence du soliste dans l'espace de diffusion. La réalisation d'œuvres spécialement conçues pour un tel dispositif d'écoute interactif intéresse des compositeurs comme Jonathan Harvey, qui y voit notamment l'occasion d'une conception polyphonique de grande complexité ; en effet, cette dernière ne saurait être appréhendée immédiatement, mais elle pourrait l'être progressivement par la navigation dans l'espace ainsi produit⁹.

L'approche la plus générale de cette problématique de conception d'instruments d'écoute, parce que la moins contrainte par les limites des procédures d'analyse automatisée, est prise dans le cadre du projet *Ecoutes signées*¹⁰. L'objectif du projet est de produire des réalisations hypermédias, manipulables par ordinateur, médiatisant le point de vue d'écoute singulier d'auditeurs experts, « signataires » de leur écoute. L'un des enjeux importants du projet est de dégager, à travers la réalisation d'un ensemble représentatif de maquettes d'analyse d'œuvres existantes, issues de divers champs (classique, contemporain, ethnomusicologique, populaire) des modalités techniques transversales à ces différentes approches singulières, en vue de la constitution d'outils auteurs pour la production hypermédia.

Interactivité et re-production musicale

Comme le confirme l'étymologie, toute reproduction d'une œuvre implique une nouvelle instanciation, dans l'espace-temps du sujet récepteur, des phénomènes sonores, voire multi-sensoriels correspondants. Il y a donc une nouvelle production musicale à chaque écoute et les limites entre réception et production, que l'on croirait fermement établis, ne le sont, une fois encore, que du fait de la fixité des formes de médiation des œuvres.

Ainsi, l'accès potentiellement donné au mélomane, à travers de nouveaux artefacts matériels tels que ceux décrits plus haut, aux matériaux musicaux constitutifs des œuvres, l'autorisant à les manipuler individuellement, donc à les extraire temporairement de leur contexte musical pour mieux les identifier et les interioriser,

⁸ Olivier Delerue, *Spatialisation du son et programmation par contraintes : le système MusicSpace*, Thèse de Doctorat, Université Paris VI / Sony / IRCAM, 2004.

⁹ Jonathan Harvey, « Spatialisation du son & accès individuel à la musique » *Révolutions industrielles de la musique*, *Cahiers de médiologie*, n° 18, 2004.

¹⁰ Nicolas Donin, *Manières d'écouter des sons. Quelques aspects du projet Ecoutes signées (Ircam)* », <http://www.univ-lille3.fr/revues/demeter/manieres/donin.pdf>

relèverait d'un processus interactif de production, dans le but de favoriser la compréhension de l'œuvre.

Plus généralement, l'importance des liens réciproques entretenus entre nos actions sur le monde et la manière dont nous structurons nos représentations mentales sur celui-ci, qui peut être résumée sous la notion de *boucle action-perception*, est bien connue des psychologues (voir notamment Gibson et Piaget) et a fait l'objet d'études récentes sur les liens entre perception sensorielle et motricité¹¹.

La conséquence à tirer de cette notion, dans le cadre d'une politique de diffusion culturelle visant une meilleure appréhension des œuvres à travers la réalisation de nouveaux artefacts matériels, est de susciter de la part du mélomane de nouvelles pratiques liées à des activités de production, bref, de musiquant. La traduction technique de cet objectif passe par la réalisation d'interfaces homme-machine interactives, combinant des représentations visuelles des contenus musicaux, des fonctions de manipulation de ces éléments, et un rendu sonore associé à ces actions.

C'est cette approche qui est poursuivie depuis plusieurs années dans la réalisation du projet MusiqueLab, en collaboration avec une équipe de pédagogues du ministère de l'Éducation nationale et de conservatoires. L'objectif du projet, associé à l'informatisation des collèges et lycées, est la réalisation d'un ensemble d'applications logicielles conçues pour une pédagogie musicale encadrée et instrumentée, plaçant l'élève immédiatement en situation de production¹³. Une première génération de logiciels MusiqueLab, qui a fait l'objet de plusieurs milliers de téléchargements de la part des enseignants, repose sur la réalisation simplifiée d'algorithmes de génération musicale en temps réel tels que ceux utilisés par les compositeurs permettant aux élèves d'appréhender progressivement et séparément différentes notions musicales (productions de cycles polyphoniques, de polyrythmies, manipulation d'échelles non tempérées, etc.). Une nouvelle génération d'outils, en cours d'élaboration, est destinée à accompagner l'étude d'œuvres du répertoire en dotant l'élève d'outils d'analyse et de transformation des matériaux musicaux reproduisant les procédés utilisés par le compositeur (transposition, décalages temporels, symétries, analyse spectrale, etc.).

Au titre d'outils de production musicale conçus pour l'amateur non expert, il convient enfin de mentionner le remarquable logiciel GarageBand¹⁴ d'Apple. Cette version simplifiée de logiciel de séquenceur permet de constituer très simplement des morceaux en disposant, dans le temps et en superposition, des phrases ou riffs musicaux pré-enregistrés par de nombreux instruments et disponibles sous forme de base de données. L'intérêt du logiciel est qu'il adapte automatiquement, par l'utilisation d'un format de données sous-jacent, combinant représentations de type signal et symbolique et de fonctions de time-stretching¹⁵ et de transposition, les caractéristiques harmoniques et temporelles des phrases musicales importées à celles de la séquence, de sorte que le résultat musical conserve toujours une cohérence.

¹¹ Alain Berthoz, *Le sens du mouvement*, Odile Jacob, 1997.

¹³ Vincent Maestracci, « « Quelle jungle ! » Les technologies de la musique et l'Éducation nationale », *Révolutions industrielles de la musique*, op. cit., p. 169-175.

¹⁴ www.apple.com/ilife/garageband

¹⁵ Variation de la durée du fragment musical sans changement de hauteur, de façon ici à faire correspondre sa durée au cycle de mesure de la séquence.

Généralisation du concept d'instrument de musique

Même si les dispositifs présentés plus haut contribuent à faire s'estomper les limites préétablies entre les instruments d'écoute et de production musicale et notre acception ordinaire de la notion d'instruments de musique, on pourra convenir que cette dernière fait référence à des modes d'interaction dans lesquels le couplage entre action et résultat sonore est le plus fort, notamment par la mise en œuvre d'une commande gestuelle. De ce point de vue, la réalisation d'instruments électroniques, produisant des sons isolés comme conséquence immédiate d'une action gestuelle, s'inscrit en continuité avec la notion d'instruments acoustiques. Une différence importante, que Claude Cadoz a clairement explicitée, réside cependant dans la disjonction énergétique entre geste et son introduite dans les instruments électroniques, l'énergie acoustique produite par ces derniers étant d'origine électrique, et non plus comme mise en vibration d'une structure mécanique par l'énergie du geste¹⁶. Ainsi, ce découplage artificiel introduit un degré de flexibilité autorisant toutes formes de mise en correspondance (ou *mapping*) entre les paramètres du geste, issus de capteurs constitutifs de l'interface gestuelle, et ceux du son produit par un dispositif de synthèse sonore en temps réel. A cette flexibilité du contrôle s'ajoute celle des possibilités infinies de lutherie électronique offertes au musicien, notamment par l'utilisation de systèmes de modélisation physique tels que le logiciel Modalys¹⁷ de l'Ircam. Cependant, la modélisation de phénomènes physiques non-linéaires rencontrés dans certaines familles telles que vents ou cordes frottées s'accompagne de la difficulté de jeu inhérente à ces instruments que rencontre tout débutant, nécessitant la variation conjointe de nombreux paramètres physiques pour produire les notes voulues. Une approche récente, réalisée en collaboration entre l'Ircam et l'industriel Arturia dans le cadre du projet Windset et de son produit Brass¹⁸, vise ainsi notamment à constituer un ensemble d'instruments à vent synthétiques faciles à jouer en développant des interfaces de contrôle modélisant ces variations de paramètres en fonction des notes à produire. De manière similaire au produit GarageBand décrit plus haut, l'accès simplifié à des systèmes d'un abord complexe est rendu possible par la modélisation intrinsèque de connaissances musicales adaptées (relevant, en l'occurrence, de la compétence de l'interprète).

Au travers de différentes réalisations récentes, le concept existant d'instrument est voué à s'étendre, au-delà de la production de notes isolées, à des modes d'interaction avec des processus musicaux plus complexes. Cette notion est déjà à l'œuvre dans les synthétiseurs Karma et Oasys de Korg¹⁹, reposant sur le contrôle de processus musicaux polyphoniques liés à différents styles combinant rythmique, harmonie, choix de timbres instrumentaux, etc. Dans un autre domaine, lié à l'improvisation, le système Continuator²⁰ développé par Sony CSL mémorise les séquences de notes jouées par l'interprète et les reproduit ultérieurement en dialogue avec lui selon différentes variations de son jeu. Des recherches plus récentes menées à l'Ircam autour de systèmes d'accompagnement automatique pour l'improvisation dans le jazz, proposent un autre mode d'interaction avec des

¹⁶ Claude Cadoz, « Continuum énergétique du geste au son – simulation multisensorielle interactive d'objets physiques », *Interfaces homme-machine et création musicale* (s. la dir. de H. Vinet & F. Delalande), Paris, Hermes Science, 1999.

¹⁷ www.ircam.fr/modalys

¹⁸ www.arturia.com/en/brass/brass.php

¹⁹ www.karma-lab.com

²⁰ csl.sony.fr/~pachet/Continuator/

processus temporels s'étendant sur le cycle de la grille harmonique²¹. Enfin, les expérimentations menées autour du projet Phase²² mettent en œuvre une interaction multimodale, associant contrôle gestuel haptique (à retour d'effort), visualisation tridimensionnelle et rendu sonore spatialisé, à travers la mise en œuvre de métaphores et scénarios combinant interaction immédiate et cheminement dans le temps et l'espace.

La généralisation de ces systèmes, qui sont amenés à bouleverser les références traditionnelles des instruments classiques en tant que dispositifs de production sonore selon un mode d'interaction gestuelle immédiate, ouvre la voie à l'extension et à l'invention de formes musicales reposant sur une délinéarisation de leur déroulement temporel et sur la constitution d'un espace de variation maîtrisé garantissant la cohérence formelle de l'œuvre dans toutes ses instances de réalisation possibles. Dans la continuité de ses travaux historiques sur les technologies temps réel pour le concert et l'articulation entre jeu instrumental et dispositifs électroniques, un enjeu important à l'avenir pour une institution comme l'Ircam est la constitution d'outils d'aide à la conception de telles formes, sur la base de concepts qu'il reste à établir. De telles problématiques relèvent d'un axe de réflexion prospective associant compositeurs et chercheurs identifié sous le terme d'« écriture du temps ».

Conclusion

Les évolutions technologiques récentes introduisent de nouvelles formes de médiation entre le sujet, mélomane ou musicien, et les artefacts musicaux et tendent à susciter de nouvelles pratiques musicales instrumentées. Les exemples présentés, qui ne sauraient cependant rendre compte de la totalité des expérimentations existantes, illustrent l'évolution des différentes fonctions que le support machinique est à même de jouer dans cette relation musicale : sélection de morceaux par navigation par le contenu dans des bases de données d'enregistrements, instruments d'écoute médiatisant, notamment visuellement, des éléments de structure et de matériau intrinsèques aux œuvres et permettant de les appréhender à travers différents types de manipulation, nouveaux outils de production musicale d'un abord simplifié, extension de la notion d'instrument de musique à travers la lutherie électronique, la réalisation d'interfaces de jeu simplifiées et la mise en œuvre de dispositifs d'interaction avec des processus musicaux complexes.

Ces nouveaux médias musicaux appellent la création de contenus adaptés relevant de différents types d'expertises musicales : musicologues pour l'analyse et la documentation hypermédia des œuvres, interprètes pour la modélisation du lien entre geste et son, compositeurs pour la conception d'œuvres tirant parti de ces nouveaux supports, spécialistes en cognition pour la structuration de connaissances musicales sous la forme de métadonnées. L'un des principaux obstacles à leur généralisation réside dans l'inertie d'évolution des standards techniques liés aux supports des informations musicales, dont les limitations doivent être dépassées par la promotion de nouveaux formats étendus.

²¹ Gérard Assayag, Shlomo Dubnov « Using Factor Oracles for machine Improvisation », *Soft Computing*, vol. 8, n° 9, Septembre 2004.

²² Xavier Rodet, Jean-Philippe Lambert, Roland Cahen, Thomas Gaudy, Florian Gosselin, Fabrice Guedy, Pascal Mobuchon, « PHASE: study of haptic and visual interaction for sound and music control », *6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*, Valoria, Université de Bretagne Sud.

Le point commun entre ces différentes approches est effectivement qu'elles reposent toutes, de manière explicite ou non, sur la formalisation de connaissances musicales adaptées, et sur leur mise en œuvre sous la forme d'interfaces homme-machine interactives, médiatisant ces connaissances et les modalités de manipulation qui leur sont associées. En particulier, la réalisation de dispositifs conçus pour des praticiens non musiciens repose généralement sur une présentation du contenu musical plus schématique que les représentations utilisées par les musiciens, ces dernières étant alors présentes en arrière-fond pour assurer la pertinence musicale des manipulations effectuées.

L'enjeu de telles réalisations est multiple et vise en particulier, en ce qui concerne l'Ircam, à favoriser une meilleure diffusion et compréhension des œuvres en exploitant tout le potentiel de représentation des technologies actuelles et à promouvoir de nouvelles formes d'expression et de relations aux processus musicaux, adaptées à tous types de compétences (mélomanes, musicologues, interprètes, compositeurs).