Paperoles et musique

Catherine Letondal
31, rue Condorcet
75009, Paris, France
cletondal @ free.fr

Wendy E. Mackay
INRIA In|Situ LRI
Univ. Paris-Sud
mackay @ inria.fr

Nicolas Donin
IRCAM
75004 Paris France
donin @ ircam.fr

RESUME
En intégrant le papier avec les outils informatiques, les technologies comme Anoto apportent une approche innovante pour soutenir les activités créatives. Mais la construction de systèmes augmentés pertinents nécessite une compréhension affinée des usages effectifs et potentiels du papier et de l'ordinateur. Nous décrivons les résultats d'une étude sur les "paperoles"[1] des compositeurs, utilisateurs experts des deux technologies. Nous avons été amenés à repenser l'hypothèse courante selon laquelle ce qui est recherché dans le papier réside essentiellement dans sa flexibilité. Nous concluons par quelques directions pour la conception de systèmes d'informatique musicale utilisant le papier augmenté.

MOTS CLES : Papier Augmenté, Réalité Mixte, Conception Participative, Interfaces Tangibles

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H.5.2 [User Interfaces]: Evaluation/methodology, Theory & methods, Prototyping, User-centered design

GENERAL TERMS: Design, Human Factors

KEYWORDS: Augmented Paper, Mixed Reality, Participatory Design, Tangible Interfaces

INTRODUCTION
Les compositeurs contemporains constituent un cas d'étude particulièrement riche pour la problématique du papier augmenté par l'ordinateur. Ils ont tout d'abord une utilisation avancée des deux technologies. Ceux qui travaillent dans les studios de l'IRCAM sont souvent des experts en informatique : il n'est pas rare que certains programment en Lisp et connaissent les algorithmes des outils qu'ils utilisent. Ils bénéficient d'un environnement informatique très complet, doté de nombreux outils de calcul et de modélisation sophistiqués, et travaillent la plupart du temps en association avec des assistants musicaux, experts en informatique ou en électro-acoustique. Quant à l'utilisation du papier, elle résulte de plusieurs siècles de tradition, au cours desquels une notation quasiment universelle a pu s'établir. Bien entendu, on observe également une forte utilisation conjointe des deux technologies, parfois concurrente, comme lorsqu'il s'agit d'éditer une partition soit à la main, soit avec un outil spécialisé, parfois complémentaire, le papier et l'ordinateur correspondant à des étapes différentes du travail de création.

Au cours des deux dernières années, nous avons réalisé une série d'entretiens à l'IRCAM, qui, au vu de ce que nous constations quant à l'utilisation du papier, nous ont conduit à ébaucher un travail de réflexion et de prototypage autour des systèmes de papier augmenté. Ces systèmes ont en effet pour principe de relier le papier et l'ordinateur par association d'un motif imprimé analysable par un dispositif optique ou magnétique, et d'un objet informatique. Ce type de mécanisme permet ainsi, plutôt que de substituer l'ordinateur au papier, d'ajouter à ce dernier des fonctionalités informatiques. Des études comme Sellen [13] ont en effet démontré que les deux technologies restent complémentaires, et que le papier, loin d'être remplacé par l'ordinateur, voit au contraire sa consommation progresser. La technologie Anoto consiste à imprimer un motif invisible sur le papier, mais perceptible pour une petite caméra introduite dans un stylo, grâce à laquelle on peut déterminer les coordonnées de ce qui est écrit. Le papier et le stylo agissent donc comme un dispositif d'entrée pour l'ordinateur. Plusieurs systèmes reliant le papier et l'ordinateur ont ainsi été développés. Arai [2] propose par exemple un système d'indexation de documents papier, avec des zones d'entrée structurées, pour une application aux plans de ville. L'assistant personnel en papier de Heiner [6] comporte des fonctionalités de messagerie et de cartes de visite électronique. Le cahier audio de Stifelman [14] donne la possibilité d'indexer un support audio par des notes manuscrites. La technologie Anoto est utilisée par Liao [11] pour définir des opérations de copier-coller entre documents imprimés.

Mais ce qui se dégage de nos observations est un ensemble de traits peu souvent relevés dans la littérature, qui nous ont amenés à une réflexion sur le papier comme espace de *ralenti* au sein duquel cette pensée du temps qu'est la musique peut circonscrire ses cheminements, et comme

[1] Paperole : c'est ainsi que Françoise, la cuisinière de Marcel Proust, appelait ses cahiers de notes et ses fragments de papier collés les uns aux autres.

support de fixation pérenne des objets musicaux.

ETUDE

L'essentiel des entretiens a été réalisé lors de l'hiver 2005 par les deux premiers auteurs de cet article. Ces premiers entretiens n'étaient pas particulièrement orientés sur l'utilisation du papier, mais ce thème a cependant été très souvent abordé parce que nous observions systématiquement des occurrences de problèmes liés au papier. Deux des entretiens ont ensuite eu lieu au cours de l'hiver 2006, de façon plus informelle. A la différence de la première série, ces entretiens étaient focalisés sur l'utilisation du papier en conjonction avec l'ordinateur. Les entretiens duraient tous entre 1 heure et 2 heures.

Participants

Les compositeurs interviewés étaient sélectionnés par un chercheur en informatique de l'IRCAM qui nous aidait à prendre contact, et qui participait aux interviews. Ils avaient été choisis parmi ceux qui avaient une utilisation minimale de l'informatique et parmi ceux qui étaient en studio pendant la période où nous avons entamé cette campagne. Certains travaillaient en étroite collaboration avec le chercheur de l'IRCAM, qui est l'auteur d'un des logiciels de CAO (Composition Assistée par Ordinateur) qu'ils utilisent. Il s'agissait des compositeurs suivants (qui ont acceptés d'être cités) : Marco Stroppa, Mikhail Malt, Karim Haddad, Xavier Dayer ; un autre compositeur a été interviewés mais, n'ayant pu obtenir son accord à temps pour cette publication, nous avons gardé l'anonymat (référencé dans la suite par X). Plusieurs des entretiens se sont déroulés en présence de l'assistant musical qui travaillait sur le moment avec le compositeur. Les compositeurs interviewés dans la seconde phase étaient Marco Stroppa et Mauro Lanza. Enfin, une réunion avec l'équipe Analyses des pratiques musicales (animée par le troisième auteur de cet article) a eu lieu, au cours de laquelle les éléments concernant l'utilisation du papier par le compositeur Philippe Leroux ont été discutés [4].

Données

Les entretiens réalisés en 2005 ont été filmés, et ont fait l'objet d'une transcription. Les entretiens de la seconde phase n'ont pas été filmés mais ont fait l'objet d'une transcription partielle. Un des deux a d'ailleurs en partie été accompagné de dessins sur un cahier Easybook d'Oxford, muni d'un dispositif de papier augmenté (Anoto), ce qui a permis une forme d'enregistrement partiel des sujets abordés. Lors de la réunion avec le groupe Analyses des pratiques musicales, nous avons pu consulter les nombreux documents dont l'équipe dispose concernant l'activité du compositeur participant à leur étude.

Interviews

Nous décrivons ci-dessous les traits principaux qui se sont dégagés de ces entretiens, en insistant sur les dimensions qui concernent l'utilisation du papier.

Hétérogénéité des supports de création. Nous avons bien sûr constaté que même si l'ordinateur, agissant comme une lutherie numérique, propose une riche palette d'outils pour la création musicale (CAO, modélisation sonore, édition musicale, environnements visuels pour la programmation d'applications interactives temps réel), le papier reste le dépositaire privilégié des croquis et des idées de composition. La plupart du temps, les deux technologies cohabitent sans conflit, chacune traitant d'étapes non pas indépendantes mais dissociées, à des niveaux différents de la pensée musicale. Les types de papier utilisés sont : le papier à musique et le papier imprimé (impressions d'écrans, graphiques, photocopies) et les scripteurs sont : le crayon, le stylo, l'encre.

L'ensemble des documents ainsi produits au cours de la création d'une oeuvre s'accumulent au fur et à mesure, souvent bien classés et répertoriés. Ce qui est surtout frappant dans ce type de travail, même si le compositeur est organisé - Malt par exemple effectue méthodiquement des recopies incrémentales de ses fichiers pour s'y retrouver - c'est la rupture causée par la discontinuité des supports, comme le montre la figure 1 : pendant une bonne partie de l'entretien, le compositeur a mis "côte à côte" papier imprimé et écran pour les mettre en rapport. La présence de noms de fichiers son écrits à la main sur un croquis représentant l'architecture de l'oeuvre (Leroux) est autre exemple de cette discontinuité.

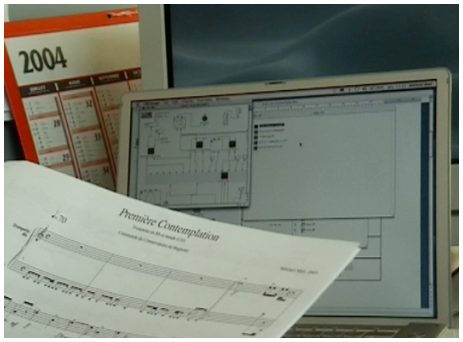

Figure 1 : Eléments dispersés entre une partition imprimée sur le papier et un patch à l'écran.

Insuffisances de l'ordinateur. Il a assez souvent été mentionné en quoi l'ordinateur s'avère insuffisant. "L'ordinateur est insuffisant pour produire de l'écrit" (Dayer). "On ne compose pas avec un ordinateur" (X). "Les idées ce n'est pas le logiciel, c'est de l'abstrait." (Haddad). Mais il faut probablement comprendre cette description négative non comme un manque réel pour le travail de composition, mais comme une non nécessité de l'ordinateur, dont on peut se passer : "Les logiciels ne manquent pas, on peut travailler sans. [...] Le manque pour nous ce serait le manque d'imagination." (Haddad).

Edition de partitions. *Concurrence entre papier et ordinateur*. C'est concernant l'écriture de partitions que la concurrence entre papier et ordinateur est sans doute la plus explicite. La plupart des compositeurs écrivent en effet leur musique à la fois de façon manuscrite et avec un éditeur logiciel de partitions (le plus utilisé étant le logi-

ciel Finale). A l'heure actuelle, seuls ceux qui restent dans un langage musical conventionnel peuvent se contenter d'un logiciel d'édition. Finale est utilisé à des fins qui varient selon les interlocuteurs, mais presque toujours pour un travail *partiel* sur la musique écrite. Haddad reconnait l'intérêt de pouvoir corriger les erreurs, ce qui est moins pratique sur le papier même avec une gomme. Lanza a tenté à deux reprises d'utiliser exclusivement Finale pour ses pièces, puis est retourné au papier. Selon lui, en plus des problèmes de confort d'écriture nettement moindre avec un clavier et un écran, l'écriture avec un logiciel présente de nombreux inconvénients : la taille de l'écran est insuffisante pour les partitions contemporaines, même s'il s'agit d'un écran A3 orienté verticalement, car la lisibilité en souffre ; d'autre part, la souris manque de précision. Ce compositeur se sert d'ailleurs plutôt de la version imprimée pour reporter les notes et les corrections. Mais il reconnait que si les logiciels d'aide à la composition étaient capables de produire une partition dans un format compatible avec le logiciel Finale, sans déperdition d'information, il l'utiliserait sans doute plus.

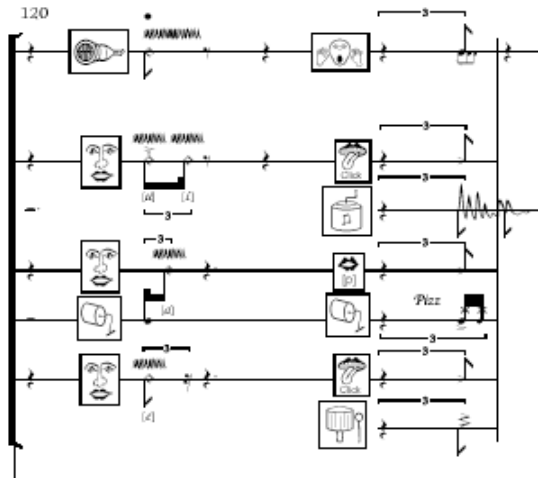

Figure 2 **:** Indications d'actions pour un choeur. Mauro Lanza, I funerali dell' anarchico Passanante, per coro ed elettronica.

Notations innovantes. Plusieurs compositeurs sont à la recherche d'une notation musicale pouvant correspondre à un résultat voulu et pouvant figurer dans une partition. Lanza a pu ainsi définir des polices de caractères, de nature assez graphique, pour indiquer des actions à réaliser par les choristes avec divers instruments (figure 2). Pour Stroppa, investir dans les macros et la définition de police de caractères est une perte de temps : "Il ne faut pas être idéologue, il faut prendre le meilleur des deux mondes." Il se sert par exemple du logiciel pour la version finale de la partition, mais y ajoute à la main les indications que le logiciel ne peut pas intégrer, comme le symbole signifiant *crescendo rapide puis lent*.

Supports de réflexion. En préalable au travail de notation proprement dit, l'activité de composition musicale passe par l'usage du papier comme support de la réflexion créatrice. Dayer mentionne l'écriture de notes, tout en précisant qu'il en crée le moins possible, de peur d'en avoir trop. Mais la note manuscrite lui semble cependant indispensable pour retenir les idées qui peuvent survenir, les "déclics". Très souvent, les notes sont ajoutées à un autre document, une impression d'écran, une partition imprimée, une photocopie, en nombre d'exemplaires suffisants pour ne pas perdre les "possibles". Ces documents sont parfois soigneusement classés, comme pour X qui conserve dans un classeur des descriptions d'enveloppes sonores, et aussi chez Leroux, qui classe toutes les notes relatives à une composition dans une même pochette.

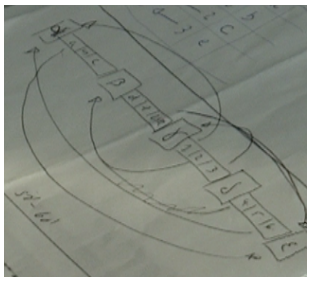

Figure 3 **:** Schéma d'une pièce de Malt.

Nombreux sont les compositeurs que nous avons rencontrés qui dessinent leurs idées sur le papier : esquisses d'architecture générale d'une pièce (figure 3), imbrication de formes (blocs gigognes de Leroux), interprétations diverses de courbes de fréquence. Ces idées sont notées et dessinées sur le papier et non sur une tablette graphique qui permettrait pourtant de les conserver sur l'ordinateur. Une majorité de compositeurs rencontrés avait pourtant à disposition une tablette graphique, ou du moins en avait fait l'expérience, mais aucun d'entre eux ne semblait l'utiliser pour le travail de création. Pour Malt, qui en avait une sur son bureau au moment de l'entretien, "c'est une expérience". Dayer ne l'utilise que pendant les performances. Stroppa reproche à ce dispositif de ne pas permettre de voir ce que l'on écrit.

L'utilisation des courbes, projetant souvent leur sens mathématique dans un espace inattendu, e.g., courbes coupées pour définir un rythme (Malt), pour définir une maquette (Stroppa), pour créer des durées (Haddad) s'est souvent avérée une nouvelle occasion de constater une concurrence entre le tracé à la main et les outils d'affichage et d'édition. Il existe notamment dans Open Music [1] un outil (BPF) qui permet de définir et d' éditer des courbes. Il y avait par conséquent souvent redondance entre la courbe manuscrite, à l'origine de l'idée, et sa version informatique, au départ simple recopie, induisant donc une certaine perte de temps. Stroppa a donné un exemple de courbes permettant de définir des enveloppes (figure 4) en insistant sur le fait que ce dessin serait de toutes façons d'abord fait sur le papier, puis ensuite recopié sur l'outil.

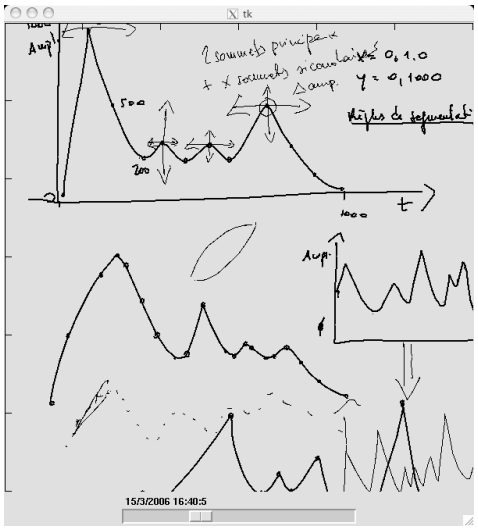

Figure 4 : Définition d'une enveloppe à partir d'une courbe dessinée au stylo sur du papier (copie Anoto).

Relation physique au papier. L'écriture, notamment l'écriture de la musique, est souvent décrite sous son aspect d'opération physique, de relation physique à la page, comme à un interlocuteur. Stroppa évoque l'importance du "feeling de la pression" du stylo sur la feuille, et remarque que "l'écran est fragile", et qu'"on ne peut pas s'appuyer dessus". Alors qu'il donne son opinion sur le logiciel Finale, Dayer, par analogie avec l'écriture manuscrite, parle de rentrer dans un "tracé", comme d'un chemin qu'on emprunte : avec certains logiciels "on est quand même victime... enfin ... on rentre dans un tracé. A la main, on a moins l'impression de rentrer dans quelque chose de programmé avant nous". Cette expression évoque bien un geste, un mouvement physique. Enfin Lanza souligne aussi l'importance du feeling : "On sous-estime souvent l'impact des choses quotidiennes, le feeling du stylo, le confort, la hauteur, l'ergonomie."

Le papier, interface tangible et omniprésente. Ce n'est pas seulement le matériau papier qui joue un rôle crucial, mais aussi les *objets* faits de papier : les feuilles, cahiers, etc. plus ou moins formels ou structurés. La nature tangible du papier comme objet qu'on peut disposer et personnaliser à loisir pour "porter" des idées est illustrée par un témoignage de Johannes Maria Staud [8]. Ce compositeur décrit sa procédure habituelle de travail, qui consiste à utiliser cinq feuilles avec pour chacune un rôle bien précis : une première feuille contient des accords préalablement joués au piano, une deuxième une cellule rythmique et ses dérivées, une troisième un plan de disposition spatial, une quatrième une courte ligne mélodique ou des préférences intervalliques et enfin une cinquième quelques graphiques relatifs au plan général. Il profite aussi avantageusement de cette propriété de support simple d'accès et omniprésent du papier : ses notes sont prises sur le papier qui est disponible au moment où les idées viennent : une page à la fin d'un livre, sur un petit carnet (mais aussi sur un téléphone portable s'il n'a pas de papier sur lui !). Bruno Mantovani raconte quant à lui, qu'il note ses idées "sur le premier papier qui passe entre [ses] mains", comme un débris d'enveloppe [8].

Rapport au temps, au temps passé, à la vitesse. Il s'agit là d'un des thèmes sur lesquels nous avons eu le plus de surprises, même si l'on sait que la musique est un art du temps. Nous avons pu assez souvent constater que pour un compositeur, la rapidité - rapidité obtenue par les outils et les algorithmes - est plutôt une source de méfiance. Lanza [9] décrit ainsi la rupture résultant d'un travail à des vitesses différentes : "Je pense que "pareil plus vite" cela n'existe pas.[...] Dès qu'une opération se fait très vite, on a tendance à la mépriser. Il faut toujours y revenir, passer un peu de temps, recomplexifier le point de départ." Il explique cette impression par l'importance du geste et du temps qu'il prend : "Travailler à la main avec des formalismes, c'est accomplir un geste d'artisan ou d'écrivain." Il est d'ailleurs conscient des avantages et des dangers inhérents à chacune des méthodes : l'ordinateur produit une complexité plus facilement, et aussi peut-être plus articificiellement, mais il y a un aspect artificiel aussi du côté du papier : "Comme cela est très long à être couché sur le papier, cela finit par être justifié, d'une certaine facon, par le temps qu'on y a passé. Certes, on a ainsi tout loisir de métaboliser ce qu'on fait, mais c'est dangereux aussi bien, puisque cela pourrait justifier n'importe quoi." X exprime lui aussi ce besoin de "ralentir" en quelque sorte, et c'est même l'ordinateur qui lui rend ce service : "Je ne compose pas avec l'ordinateur. L'ordinateur me sert à composer plus lentement - ce n'est pas une boutade. Je perds beaucoup de temps pour gagner de l'espace."

Programmation et interaction. Sur l'échelle allant du programmé à l'interactif, on observe chez les compositeurs une répartition des rôles un peu inhabituelle entre le travail qui se fait sur le papier et celui qui se fait sur un ordinateur. L'ordinateur, ordinairement plus réservé à la rationalisation, à l'organisation ou à la programmation est plutôt utilisé comme un "brouillon" pour laisser surgir des possibilités. Ainsi, pour Nouno, réalisateur en informatique musicale, c'est même l'équivalent d'un cahier de brouillon pour explorer les idées : "[...] par exemple j'ai entendu un son de guitare très riche en harmoniques qui m'a fait penser à un son de tampura indien. J'ai alors décidé de l'accorder tout en perpétuant un mouvement des résonances imitant les résonances sympathiques du tampura. On utilise ainsi l'informatique comme un papier/crayon sophistiqué pour expérimenter rapidement une idée musicale". A l'inverse, le papier, s'il est certes aussi utilisé pour ébaucher des idées, est souvent revendiqué comme un medium indispensable pour arrêter l'exploration, fixer quelque chose, prendre une décision. Le papier, en tant que partenaire de l'écriture musicale, et si l'on considère qu'une partition est un programme, est donc aussi un support de programmation. Nous avons même rencontré des cas de programmation de résonateurs à l'aide d'une notation musicale clas-

sique (Dayer) : "Du coup je peux écrire une partition de résonateurs, qui seront joués par un musicien, après sans être à l'IRCAM." A contrario, l'ordinateur représente la variété des possibles, les explorations dans lesquelles on ne sait pas toujours quand s'arrêter.

Etat, persistance. C'est pour cela que les figures du papier comme support de fixation d'un état sont nombreuses. Pour Haddad, "sur le papier, c'est fixé, c'est un état d'achèvement". Certains compositeurs font de nombreuses photocopies, dont le rôle est à la fois de constituer un aide-mémoire, mais aussi de fixer des possibles qui sinon s'échapperaient. Stroppa, commentant une page d'un cahier Anoto avec laquelle nous avions monté une petite expérience (voir plus loin la description des premiers prototypes) : "Le travail est hiérarchique, on a envie de le fixer, de ré-écrire dessus. C'est intéressant de ne pas pouvoir effacer ce qui est dessus (si c'est une photocopie)." A cette possibilité de fixer, s'oppose l'ordinateur, offrant de multiples possibles avec une plus grande difficulté pour prendre une décision et s'arrêter. Lanza explique ainsi que : "L'ordinateur est plus pratique pour gérer plusieurs versions, mais le problème c'est qu'on a toujours envie de revoir (modifier) la pièce...". Nous avons d'ailleurs pu constater cette difficulté à mémoriser un état sur l'ordinateur lors de l'entretien avec Dayer et Nouno à propos du logiciel Max/MSP : "Il y a des éléments pour appeler des presets [...]. Mais ca ne fait pas très longtemps dans Max qu'on peut fixer de manière un peu complète les éléments qui sont programmés, parce que c'est toujours un peu compliqué de faire une photographie d'un état, parce que ça dépend de l'état, mais ... ça commence." Le gros avantage du papier ou de la photocopie, c'est en effet de pouvoir "enregistrer" sans réfléchir : "La photocopie : c'est le cas de figure où on ne veut pas réflechir (tout de suite) à ce qui est gardé. C'est très différent avec la recopie à la main, où on décide." (N. Donin, à propos de Leroux).

Les transformations et leurs traces. Le compositeur peut décider que les transformations qui s'opèrent dans la genèse d'une oeuvre laissent une *trace*, à titre d'indice plus ou moins caché, que le papier peut fournir en tant que support de mémorisation peu coûteux. On peut ainsi repérer une opération de copier-coller papier qui laisse une trace génétique visible. Leroux rédige sa partition au crayon et à la gomme sur un seul et même cahier de papier à musique, qui deviendra le manuscrit définitif remis à l'éditeur. Il peut aussi être amené à photocopier une partition en cours, soit pour en garder une archive (en cas de perte de l'original), soit pour recopier un certain passage en le variant (élision de notes, reprise de certains paramètres seulement, etc.), dans l'écriture d'un passage ultérieur de l'oeuvre en cours ou bien d'une autre oeuvre en chantier. Cette dernière opération ressemble fortement, mais dans un "métabolisme" (cf. supra) différent, à la fonction copier/coller d'un traitement de texte ; cependant elle est en partie impossible avec un tel logiciel puisque la sélection des aspects pertinents à recopier/reprendre s'effectue par des annotations sur la photocopie. Des remarques analogues pourraient être faites au sujet de son usage des copies d'écran de patches (programmes), sessions ProTools, etc. On a déjà vu le défaut de liens "pratiques" entre supports hétérogénes. Ainsi, Malt, alors qu'il nous expliquait comment il avait procédé à plusieurs opérations de tranformations entre un poème de Victor Hugo, sa version en morse et la structure rythmique de sa pièce, ne pouvait pas toujours retrouver avec certitude les éléments successifs de cette genèse : "c'est peut-être cette version que j'ai utilisée", "... c'est ce type de matériau qui a permis ... (est-ce que c'est ça que j'ai ici ?) ". Mais ce manque de références explicites est compensé par sa mémoire des idées de départ : "Je sais d'où viennent les éléments."

Ce qu'on écrit sur la partition et ce qu'on n'écrit pas. Pour plusieurs des compositeurs, la partition ne contient pas toute l'information associée à la pièce. L'information est en effet répartie sur plusieurs documents. X explique ainsi que les indications d'enveloppes ne font pas partie de la partition : "Ce qui est intéressant à nouveau, c'est que cette représentation est "au moment" de la partition, mais n'en fait pas partie - elle référence temporellement les instruments." Pour Stroppa, ce sont les indications d'opérations à effectuer, surtout sous leur forme algorithmique spécifique qui n'ont pas à être indiquées sur la partition. Ces références seraient trop techniques et trop contingentes, sujettes à évolution.

RESULTATS ET ANALYSE

Des traits observés et décrits dans la section précédente ressortent trois axes de questionnement importants relativement au papier augmenté : 1. Quelles sont les principales *fonctions du papier* en composition ? 2. Quel rôle le papier peut-il jouer par rapport au problème de la *notation musicale* contemporaine ? 3. Le *processus créatif* comporte des étapes au cours desquelles le papier joue un rôle essentiel, tout autant que l'ordinateur : un système reliant le papier et l'ordinateur est-il donc nécessaire ?

1. Principales fonctions du papier. Qu'il s'agisse de papier manuscrit ou de papier imprimé, elles sont les suivantes : 1. Un support pour la réflexion créatrice informelle. 2. Une fonction de trace, de mémoire pas toujours sélective sur un dispositif flexible, facilement accessible et copiable. Dans ce cadre, l'ensemble des papiers utilisés et *conservés* fait office de terreau, de sol fertile. d'une sorte parfois de "bazar" dans lequel déposer les idées au moment où elle surviennent et dans lequel on peut retrouver de la matière à créer. 3. Un rôle de partenaire de l'écriture musicale, fonctionnant comme un espace de concentration *statique* et contraint dans lequel s'opèrent des décisions successives, dont il ne s'agit plus de laisser une trace : on écrit au crayon à papier et on gomme.

La métaphore du palimpseste. L'écriture au crayon et l'utilisation de la gomme sont difficilement compatibles avec la technologie Anoto, qui suppose une écriture au stylo et ne permet pas d'effacer. Ce n'est sans doute pas par hasard que Stroppa, confronté au dispositif Anoto, a

été particulièrement interpellé par l'image du palimpseste. Rappelons qu'au Moyen-Âge un palimpseste est un parchemin dont on a gratté la première inscription pour en tracer une autre, qui ne la cache pas tout à fait, en sorte qu'on peut y lire, par transparence, l'ancien sous le nouveau. Co-existent ainsi plusieurs couches d'écritures, la plus récente étant rendue possible par suppression des précédentes. Le palimpseste met ainsi en relation plusieurs écritures qui agissent l'une sur l'autre puisqu'il y en a toujours une qui détruit l'autre. Ce qui peut nous intéresser par rapport au problème du papier comme espace de décision, c'est donc sans doute ce rapport d'une écriture à l'autre, qui, à travers un dispositif reliant le papier à l'ordinateur pourrait permettre une modulation plus riche que la destruction pure et simple. On voit déjà notamment l'intérêt de la fonction de copier-coller adaptée à l'espace de photocopie. La technologie du papier augmenté permet d'écrire *n* fois le *même* papier, en supposant que c'est le système informatique qui détermine le degré d'identité et un comportement de la gomme parmi plusieurs comportements possibles (gomme avec ou sans mémoire, etc.). Stroppa lorsqu'il raconte qu'il utilise les partitions imprimées "comme un palimpseste" : "J'écris l'essentiel, j'imprime, j'édite en couleurs, je garde l'historique." montre bien que ce n'est pas l'annulation d'une écriture par l'autre qui l'intéresse, mais leur accumulation.

2. Le problème de la notation musicale contemporaine. Depuis le XIXè siècle, l'écriture musicale classique, s'appuyant sur une notation musicale solidement établie, parvenait à exprimer la pensée musicale de manière complète dans la partition, qui représentait à elle seule toute l'oeuvre. Il était ainsi possible de s'asseoir dans un fauteuil et d'"entendre" la musique par la seule lecture des notes. Stroppa [15] explique l'importance d'une représentation de la pensée musicale suffisamment abstraite, autonome et intemporelle : c'est la volonté "de se détacher au plus vite d'une oeuvre achevée, de lui donner une vie indépendante de [sa] présence physique, et de faire en sorte que, quoique complexe, cette partition puisse être comprise et exécutée par quiconque lui consacre suffisamment de temps et de concentration."

Or, cette notation est régulièrement en crise depuis les années cinquante [10]. Il y a d'une part l'introduction de sons "concrets" (sons enregistrés non produits par des instruments de musique) pour lesquels les compositeurs doivent adapter la notation des paramètres musicaux (hauteur, durée, nuance, ...), et surtout l'arrivée d'interactions avec des dispositifs électroniques qu'il faut indiquer sur la partition. Mais ce dernier type de notation pose problème : alors que la notation habituelle décrit le résultat voulu en terme sonore (le "quoi"), les indications de contrôle de dispositifs peuvent tout au plus indiquer le "comment" : nom du patch, paramétrisation. Certains compositeurs utilisent d'aileurs des "pseudo-notes", qui ne représentent aucun son joué, pour spécifier ces contrôles. La figure 5 illustre ce mélange de notations : dans la marge de gauche, on peut lire "ELECTRONIQUE" écrit à la verticale. Ces lignes contiennent : des noms de fichiers (F12 et bounce1), une représentation graphique destinée à "dessiner" pour le chef d'orchestre la morphologie sonore du passage, des indications de spatialisation. Au début de la troisième portée intitulée "décl", figure une croche qui ne sera pas jouée : elle représente le déclenchement d'un contrôle activé par un bouton dans la main de la chanteuse. Comme l'explique Stroppa [14], on peut s'inquiéter de l'absence d'abstraction et de stabilité d'une notation qui spécifie les indications de calcul : "je n'ai jamais voulu recourir à quelques termes techniques que ce fut, ni décrire le type de machine, d'algorithme de synthèse ou de programmes utilisés. [...] La machine, les programmes, et jusqu'aux algorithmes eux-mêmes... tout change et évolue. " Pour s'affranchir de ces contingences techniques, les partitions contemporaines, comme celle de la figure 5, comportent donc souvent des notations graphiques tentant de "représenter" le résultat obtenu. Ce sont aussi parfois des indications d'intentions musicales, des conceptualisations, qui vont être portées sur la partition.

L'attente qui résulte de cette crise est donc à la fois de trouver une notation satisfaisante et communément admise, et de pouvoir techniquement produire des partitions à partir de cette notation. Les logiciels d'édition de partition sont d'ailleurs paradoxalement débordés de toutes parts par ces besoins d'indications de calcul. Dans l'état actuel, il serait sans doute utile, en s'appuyant sur le papier augmenté, de "fluidifier" une opposition trop marquée entre la notation du solfège traditionnel et l'inventivité graphique ou conceptuelle. Sans prétendre résoudre la question d'une représentation suffisamment abstraite des interactions avec l'électronique, il s'agit de reconnaître la necessité d'une écriture manuscrite pour pallier les manques des outils logiciels, mais aussi d'intégrer une forme de représentation symbolique des contrôles de calcul dans la partition [3].

3. Support du processus de composition. Ce problème recouvre plusieurs des traits relevés dans les entretiens, principalement les observations qui concernent : 1. les diverses formes de mémorisation, de trace, de lien, 2. les opérations de transformations, 3. ce qu'on garde ou ne garde pas, 4. l'hétérogénéité des supports, 5. le conflit potentiel entre papier et outils informatiques.

Concurrence et complémentarité des supports. L'écriture sur le papier peut se trouver en conflit avec certains éditeurs logiciels (partitions, courbes). On parle de conflit dans la mesure où il y a redondance et perte de temps, et dans la mesure où le compositeur n'a pas le choix d'utiliser exclusivement l'un ou l'autre car chacun des supports a les proprétés nécessaires à la tâche à affectuer. Les technologies de papier augmenté sont particulièrement intéressantes pour rendre l'utilisation des deux supports compatible et complémentaire, sans redondance ni perte de temps ou d'information.

Mémorisation, transformations, traces, liens. Autant on constate dans la relation d'écriture avec le papier le besoin

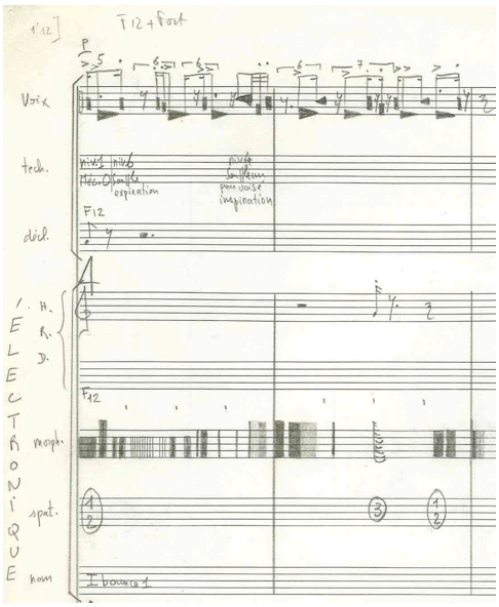

Figure 5 **:** Manuscrit de Voi(Rex), Leroux

de décision, de trouver une forme unique d'expression qui soit en adéquation avec une pensée musicale en réalité peu indépendante de sa rédaction, autant la multiplicité est de mise, sauf exception, pour ce qui concerne l'accumulation de matériel de travail sur divers supports. Ces éléments permettent de maturer un matériau musical en train de se former. Ils sont constitués de notes écrites, de dessins, de fichiers sons, de patches, d'imprimés, de photocopies, etc. et évoluent de façon différente : l'évolution peut être portée par les impressions successives, les photocopies porteuses d'annotations, les différentes versions de fichiers quelque soit le mécanisme de versionnement utilisé. Les relations entre ces éléments peuvent donc être des relations de transformation, d'extraction, de transfert d'information, de copie d'un medium à l'autre, de lien abstrait, comme une association d'idées, formulé ou non dans l'esprit du compositeur sans possibilité technique de le rendre explicite.

Dans le cycle des documents de l'ordinateur au papier, il se produit une rupture lorsqu'un document est imprimé. Les liens de type copier-coller sont généralement réservés aux documents numériques. La technologie Anoto permet non seulement de garder un lien résultant d'un copier-coller entre documents imprimés [11] ou manuscrits, mais aussi, comme le montre la figure 6, de garder une trace du système informatique dans le papier imprimé.

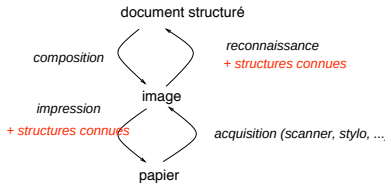

Figure 6 **:** Trois niveaux d'information avec structuration de l'information sur le papier.

IMPLICATIONS POUR LA CONCEPTION

Afin de définir plus précisément les fonctionalités logicielles utiles au vu de notre analyse, nous avons prévu d'adopter une approche de prototypage participatif, de manière à permettre aux compositeurs de déterminer avec nous ces fonctionalités. Durant cette étape de prototypage, les prototypes fonctionnent comme des *technology probes* [7], introduites dans l'environnement de travail du compositeur pour permettre le recueil de données d'utilisation et pour encourager la co-conception et la co-adaptation.

Nous avons déjà réalisé quelques prototypes très simples, avec pour objectif une prise en main de la technologie. Nous disposions d'un stylo Logitech et d'un Easybook (Oxford). Une interface de visualisation des pages a été développée (figure 4). Une maquette [2] OpenMusic a été construite à partir de traits tracés au stylo dans un espace à deux dimensions représentant le temps et des fréquences par Stroppa (figure 7). Il s'agissait d'une petite expérience destinés à démontrer le dispositif au musicien et à intégrer la technologie dans un environnement de CAO. Lors d'une autre expérience, spontanée, pendant un entretien avec ce même compositeur, le cahier Easybook était posé sur le bureau et a été utilisé pour faire des dessins illustrant l'intérêt de la notation manuscrite par rapport aux outils d'édition de courbes (figure 4). On peut conclure de ces deux expériences que le dispositif est simple à aborder et à comprendre, et qu'il est d'un accès facile.

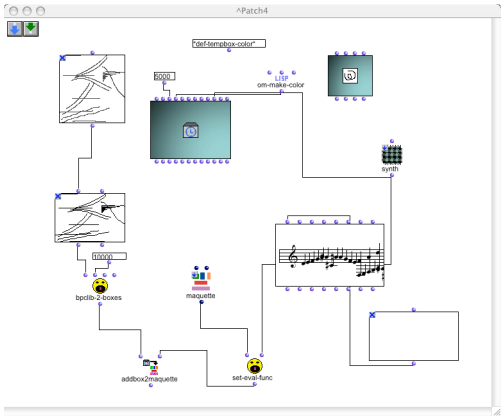

Figure 7 **:** Patch de génération d'une maquette à partir du dessin à la main.

Un prototype vidéo a également été réalisé pour illustrer un scénario de "solfège augmenté" : le prototype montre les interactions entre une édition manuscrite de la partition au piano comportant des annotations personalisées et leur utilisation une fois en ligne pour communiquer avec un assistant musical sur l'intention sous-jacente (figure 8).

Un premier jeu de prototypes aura pour objectif une utilisation conjointe des supports papier et informatique, sans obliger le compositeur à faire un choix : il pourra écrire sur du papier sans perdre ces notations dans la version

[2] Une maquette est une surface graphique représentant le temps, dans laquelle on dispose les patches pour les jouer.

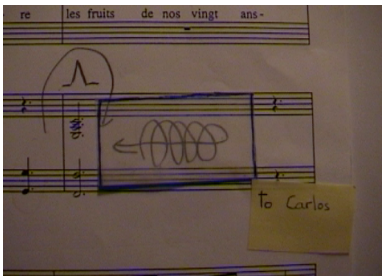

Figure 8 **:** Prototype vidéo de ”solfège augmenté”.

électronique (figure 5). On pourra définir des polices de caractères à partir de dessins manuscrits, accessibles à partir d'une palette, pour unifier des notations utilisées d'une oeuvre à l'autre. La fonction d'impression créera des *boutons* sur la partition pour remplacer les pseudo-notes et représenter sans ambiguïtés les symboles déclencheurs d'interaction avec la machine pendant la performance.

Un autre jeu de prototypes s'intéressera à l'organisation des éléments pré-compositionnels tout au long des étapes du travail. Un carnet Anoto - à l'instar du carnet de poche de Prokofiev - permettra de mettre en ligne les notes prises au hasard des réflexions. Les documents pourront être gérés comme des palimpsestes, afin de naviguer dans les couches d'écriture. L'enregistrement d'une trace sera proposée, contrôlable dans sa richesse par l'utilisateur en fonction du stade de réflexion, jusqu'à n'être qu'une simple gomme virtuelle. Un traitement de type duplication (”anotocopie”) permettra de générer de nouveaux documents à partir d'autres ; un lien pourra être conservé afin de pouvoir reconstruire une genèse réflexive de l'oeuvre. Des mécanismes d'hyperpapier et de classeur spécial permettront au compositeur d'associer les éléments entre eux.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté les premières observations d'une étude auprès des compositeurs travaillant dans les studios de l'IRCAM. Nous avons constaté une intense utilisation conjointe du papier et de l'ordinateur au cours des étapes du processus créatif. Il nous faudrait d'ailleurs aussi aborder les applications du papier augmenté aux domaines adjacents que sont les domaines de la pédagogie musicale et de l'interprétation. Les applications potentielles dans ces domaines ont fait l'objet d'un intérêt réel, notamment dans les équipes travaillant sur les environnements logiciels d'annotation comme MusiqueLab/Annotation [5], auxquels la technique Anoto peut apporter une dimension de navigation et d'indexation directement à partir du papier.

En particulier, nous avons pu établir que le papier n'est pas seulement utilisé pour ses propriétés de flexibilité permettant une formulation d'idées sans contrainte. Sa nature tangible et omniprésente en fait aussi un support simple d'accès pour mémoriser l'informel, les transformations successives du matériau précompositionnel lors de la phase exploratoire de la création musicale. Sa propriété statique en fait un partenaire efficace pour fixer la pensée musicale. Le papier constitue donc un support de choix, mais pour des raisons différentes, aux différentes phases de la création musicale : lors de la phase d'exploration il permet l'accumulation d'éléments multiples, alors qu'au moment de la fixation, il est le support d'une inscription unique et formelle de la pensée. Le papier n'a donc pas le même statut aux deux extrêmités de cet éventail : il est d'un coté le support présent mais jetable, et de l'autre un support auquel l'unicité de l'écriture confère une certaine valeur.

BIBLIOGRAPHIE

1. C. Agon, G. Assayag, O. Delerue, C. Rueda (1998) Objects, Time and Constraints in OpenMusic, in *Proc. Int. Computer Music Conference*.
2. T. Arai, D. Aust, S. Hudson (1997) PaperLink: a technique for hyperlinking from real paper to electronic content. in *Proc. CHI'97*, p. 327 - 334.
3. J. Bresson, M. Stroppa, C. Agon (2005) Symbolic Control of Sound Synthesis in Computer-Assisted Composition. in *Proc. International Computer Music Conference*.
4. N. Donin, S. Goldszmidt, J. Theureau (2006) De Voi(rex) à Apocalypsis, fragments d'une genèse. Exploration multimédia du travail de composition de Philippe Leroux, L'inouï, revue de l'Ircam, n° 2.
5. N. Donin (2006) Vers l'annotation multimédia d'informations musicales, L'inouï, revue de l'Ircam, n° 2, 2006, p. 160-163.
6. J. Heiner, S. Hudson, K. Tanaka (1999) Linking and messaging from real paper in the Paper PDA. in *Proc. UIST'99*, p. 179-186.
7. H. Hutchinson, W. Mackay, B. Westerlund, B. Bederson, A. Druin, C. Plaisant, M. Beaudouin-Lafon, S. Conversy, H. Evans, H. Hansen, N. Roussel, B. Eiderback, S. Lindquist, Y. Sundblad. (2003) Technology Probes: Inspiring Design for and with Families, in *Proc. CHI 2003*, p. 17-24.
8. P. Klanac, P. Leroux, B. Mantovani, C. P. Harman, K. Torstensson, B. Current, M. Lanza, J-F. Laporte, J.M. Staud (2007) Enquête : Neuf idées musicales. *Circuit, Musiques contemporaines, 17(1)*.
9. M. Lanza (2004). Retour du refoulé (entretien avec N. Donin et B. Stiegler). in *Cahiers de médiologie N°18, novembre 2004, éditions Fayard*, p. 159-164.
10. F. Levy (2006) Le signe prêtant à interprétation : la crise de la graphémologie traditionnelle dans les musiques d'aujourd'hui, in *Musimédiane, revue audiovisuelle et multimédia d'analyse musicale, numéro 2. Octobre 2006*, http://www.musimediane.com.
11. C. Liao, F. Guimbretiere, K. Hinckley (2005) PapierCraft: a command system for interactive paper. in *Proc. UIST 2005*.
12. A. Sellen, R. Harper (2001) The Myth of the Paperless Office. MIT Press.
13. L. Stifelman, B. Arons, C. Schmandt (2001) The audio notebook: paper and pen interaction with structured speech. in *Proc. CHI'01*, p. 182-189.
14. Stroppa (1991) Un orchestre synthétique : remarques sur une notation personelle, in *Le Timbre Metaphore pour la Composition, J-B Barriere ed.*