

Interactions entre les esquisses et les notes.
Le papier augmenté pour la composition musicale assistée par ordinateur.

Jérémie Garcia

30 juin 2010

Rapport de stage de recherche - Master 2 S.D.I. - ATIAM

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Recherche en Informatique
Dates : 8 mars au 31 juillet 2010
Encadrement : Wendy Mackay



Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Wendy Mackay qui m'a guidé de ses précieux conseils et avec une très grande ouverture sur mes travaux tout au long de mon stage

Sincères remerciements à Teophanis Tsandilas pour le temps passé à discuter de mes recherches et pour ses compétences techniques et pratiques qui m'ont permis de continuer à avancer. Un grand merci à toute l'équipe InSitu du Laboratoire de Recherche en Informatique pour l'accueil qu'ils m'ont fait et pour les remarques pertinentes qui m'ont été adressées lors de réunions et présentations. Merci à Julie, Illaria, Emilien, Quentin, Mathieu, Clément et Guillaume pour l'ambiance dans notre espace de travail.

D'énormes remerciements à EM, NM, AE et surtout MB, quatre compositeurs pour le temps qu'ils m'ont consacré et qui a été le point de départ de ce stage. Merci également à Nicolas Donin et Mikhail Malt pour leurs conseils avisés. Merci à Jean Bresson pour ses coups de pouce sur OpenMusic.

Un remerciement spécial à Carlos Agon qui m'a permis de commencer ce stage et m'a ouvert des pistes de réflexion.

Enfin, mention particulière à Marine qui m'a supporté pendant toute la durée de ce stage. Merci à mes parents pour les relectures avisées.

Résumé

Les compositeurs à l'IRCAM utilisent le papier et l'ordinateur lors de leur processus de composition. Chaque support a des contraintes qui suggèrent des utilisations différentes. Cependant, une redondance a été observée ainsi que des pertes d'informations lors de la transition entre les deux. En particulier, les compositeurs utilisent des dessins dès les premières étapes pour exprimer des idées musicales précises. Ces dessins sont des représentations sur le papier qui correspondent généralement à des éléments saisis numériquement. Ces représentations évoluent tout au long de la composition mais la représentation graphique est abandonnée par la suite car elle ne permet pas une transition simple avec l'objet informatique. Le papier augmenté permet de combiner les possibilités du papier et de l'ordinateur. Il est alors possible d'explorer les possibilités de liens et de co-adaptation des différentes représentations. Les recherches sont centrées sur l'utilisateur, et en particulier sur des interactions avec le papier qui permettent de communiquer avec l'ordinateur. Ce rapport présente la conception d'une interface pour lier les dessins sur le papier et les objets musicaux dans OpenMusic. Une approche participative qui implique les compositeurs dans tout le processus de conception a été utilisée.

Mots clefs composition musicale, créativité, conception participative, papier augmenté, interface tangible, interface gestuelle.

Table des matières

Introduction	6
1 Travaux précédents	8
1.1 Les précurseurs et généralités	8
1.2 Approches centrées utilisateurs	9
1.3 Approches centrées sur le document	10
1.4 Les interactions et le feedback	10
1.5 Les activités créatives	11
1.6 La notation musicale contemporaine	12
1.7 La composition musicale assistée par ordinateur	12
1.8 Paperoles et musique	12
1.9 <i>Musink</i>	13
1.10 Knotty Gestures	15
1.11 Objectifs et déroulement de mes recherches	16
2 A la rencontre des compositeurs	17
2.1 La conception participative	17
2.2 Méthode	17
2.2.1 Prélude, la théorie enracinée	17
2.2.2 Entretiens avec les compositeurs	19
2.3 Résultats	20
2.3.1 Procédés de composition	20
2.3.2 Le rôle de l'écriture	22
2.3.3 Différentes formes du papier pour différents besoins	22
2.3.4 Création de patches sur le papier	22
2.3.5 L'utilisation de dessins	23
2.3.6 Des souhaits	23
2.4 Discussions	24
2.4.1 Rôles inversés entre papier et ordinateur	24

2.4.2	Aller à la vitesse de la pensée	24
2.4.3	Un lien entre dessin et objet musical	25
2.5	Implications pour la conception	25
2.5.1	Approche bottom-up, la construction au cours du temps	25
2.5.2	Utiliser l'existant et le laisser évoluer	25
2.5.3	Explorations sur le papier	26
3	Conception d'une interface	27
3.1	Objectifs	27
3.2	Considérations techniques et musicologiques	27
3.2.1	Considérations techniques	27
3.2.2	Considérations musicologiques	28
3.3	Conception participative avec MB	29
3.3.1	Méthode	29
3.3.2	Résultats	29
3.3.3	Discussions	30
3.3.4	Implications pour la conception	31
3.4	Prototypage vidéo	31
3.4.1	Contexte	31
3.4.2	Story board	32
3.4.3	Discussions	34
4	Évaluations et perspectives	36
4.1	Évaluations	36
4.1.1	Technology probes, concept	36
4.1.2	Technology probes proposées	37
4.1.3	Conception participative et évaluation exploratoire	38
4.2	Perspectives	39
4.2.1	A court terme	39
4.2.2	A long terme	39
	Conclusion	41
	A Les technologies disponibles : convergences vers Anoto et stylo Livescribe	46
	B Les entretiens en images	49
	C Exemple d'application utilisant un support papier et une application pour le stylo	54

Table des figures

1.1	Exemple d'utilisation de <i>Musink</i>	14
1.2	Exemple de nœuds disposés dans un document	15
2.1	Modèle utilisé pour la conception participative.	18
2.2	Schémas réalisés par AE pour l'orchestration, les traitements et la structure de la pièce du cursus.	21
2.3	Représentation d'une partie de la pièce de MB avec des dessins représentant un geste défini en notation habituelle.	23
3.1	Ecrits de MB lors du second entretien	29
3.2	Ensemble de la réalisation de David Inker sur le papier.	34
A.1	Schéma du principe de fonctionnement de la technologie Anoto	47
A.2	Stylo Livescribe, fonctionnalités	48
B.1	Cahier utilisé par NM pour la pièce du cursus	49
B.2	Travail réalisé par MB pour la réalisation de la pièce du cursus.	50
B.3	Schéma de la structure de la pièce de NM	50
B.4	Dessins de patch sur le papier en vue de l'implémentation	51
B.5	Dessins d'éléments musicaux par MM lors d'un entretien en 2008	51
B.6	Schéma de la structure de la pièce de MM avec des relations entre les différentes parties	52
B.7	Dessins de JH pour représenter des parties musicales.	52
B.8	Ecrits de MB lors du second entretien	53
C.1	Représentation néo-Riemannienne par réseau hexagonal	54

Introduction ou pourquoi le papier augmenté

Aujourd'hui on peut faire de la musique avec des ordinateurs, mais l'ordinateur a toujours existé dans la tête des compositeurs.

Milan Kundera

Le papier constitue dans beaucoup d'activités créatives le point de départ et le point d'arrivée. Dans le cas d'une composition musicale, le papier, vierge ou avec des portées, est utilisé comme un support de réflexion préalable. Cette réflexion peut se traduire par des éléments musicaux, des croquis et des schémas qui vont servir de base à la composition. Il y a ensuite, selon les compositeurs, un va et vient entre le papier et le support informatique pendant lequel, des annotations sont réalisées sur le papier. Enfin, généralement, la partition finale est imprimée puis conservée et archivée sous forme de papier.

L'équipe InSitu, Laboratoire de Recherche en Informatique, dirigée par Wendy Mackay, du Laboratoire de recherche en informatique, explore de nouvelles formes d'Interactions Homme-Machine. InSitu correspond à Interaction Située, c'est à dire une prise en compte explicite du contexte d'utilisation pour la conception de systèmes interactifs. Il y a quatre principaux axes de recherche : Méthodes de conception et d'évaluation, Ingénierie des systèmes interactifs, Paradigmes d'interaction et de visualisation et Communication médiatisée. Mon stage a plutôt été centré sur le premier de ces axes, c'est à dire sur la manière dont des équipes multi-disciplinaires peuvent créer des systèmes interactifs efficaces et tenant compte du contexte. On parle alors de conception participative. Le premier objectif consiste à créer et utiliser de nouvelles méthodes de recherche impliquant les utilisateurs tout au long du cycle de conception puis de réaliser des tests en situation réelle. Le second objectif traite de l'évaluation des Interactions Homme-Machine et de la manière dont on peut les juger efficaces, utiles et adaptées.

Des études ont déjà été réalisées par le LRI sous forme d'entretiens et d'observations avec des compositeurs de l'IRCAM sur la façon dont ils créent et analysent leur musique [53], [28]. Malgré l'existence de nombreux outils dédiés à l'analyse et à la composition musicale comme OpenMusic [2], les compositeurs continuent d'utiliser le papier pour créer, annoter et lier les partitions ensemble. Ceci est également vrai dans de nombreux autres domaines [43]. Le papier est un support flexible, simple à utiliser et qui encourage la libre expression. Ainsi, plutôt que d'essayer de le remplacer, il apparaît plus judicieux de l'augmenter, c'est à dire de créer des applications qui combinent les avantages du papier et la puissance de calcul de l'ordinateur. Cette terminologie découle de la réalité augmentée, qui consiste à superposer (informatiquement) un modèle virtuel sur notre perception du monde réel. Pour le papier, cela signifie l'ajout sur d'informations virtuelles et/ou de fonctions de contrôles sur cette interface tangible.

D'un point de vue technologique, il existe plusieurs possibilités qui permettent d'utiliser le papier augmenté. La plus pertinente actuellement est, selon moi, la technologie Anoto¹. Il s'agit d'utiliser un papier tramé et un stylo doté d'une caméra pour se repérer sur la page. Ce système permet également d'identifier sur quelle page le stylo se trouve. Le stylo Livescribe qui utilise la technologie Anoto, intègre un microphone, un haut parleur et un écran LCD ce qui va permettre des possibilités d'interaction et feedback nouvelles pour le papier.

Le commentaire de Milan Kundera m'a guidé pendant mon stage pour ne pas perdre de vue mon objectif, soutenir l'activité créative. Il illustre bien le fait que les outils ne suffisent pas à faire de la musique car ils ne remplacent pas la créativité. Je suis pourtant convaincu que l'outil informatique peut être utilisé pour supporter ce genre d'activité et ouvrir d'autres horizons musicaux aux compositeurs.

Je vais commencer ce rapport en présentant les travaux sur lesquels je me suis appuyé lors de mon stage. J'exposerai ensuite l'étude que j'ai réalisée auprès de compositeurs à l'IRCAM pour définir un contexte et faire émerger des possibilités. La conception participative avec un compositeur, les solutions proposées et le prototypage vidéo résultant seront exposés dans une troisième partie. Enfin, je présenterai les évaluations prévues pour la suite de mes recherches ainsi que les perspectives qui se dégagent avant de conclure ce rapport.

1. Un descriptif plus détaillé du fonctionnement de cette technologie et du stylo Livescribe est donné en annexe A

1 Travaux précédents

La plupart des travaux présentés proviennent de conférences et de journaux spécialisés dans l'Interaction Homme-Machine. Ce domaine de recherche est multidisciplinaire ce qui explique la diversité des théories et applications proposées.

1.1 Les précurseurs et généralités

Au départ, il y a eu des systèmes comme DigitalDesk [58], InteractiveDesk [4] et Video Mozaic [33] qui ont cherché à tirer profit du support informatique associé au papier. Ces trois systèmes utilisent une caméra pour faire l'acquisition des données et un projecteur pour représenter le contenu numérique. Ce contenu peut se trouver sous forme d'informations ou de zones d'interaction c'est à dire des zones où les actions des utilisateurs entraînent des réactions du système. Il y a déjà la notion d'utiliser la puissance de calcul de l'ordinateur [35] sur un support papier via un DigitalDesk. Mackay [36] propose d'augmenter les interfaces déjà existantes au lieu de créer des environnement complètement virtuels. Cette position m'a beaucoup inspirée, notamment car elle suggère qu'il faut prendre en compte l'affordance [18] des objets, c'est à dire les possibilités que suggère un objet. De plus, l'utilisation d'objets déjà connus permet de tirer profit de la maîtrise de ceux-ci par les utilisateurs.

Des études ont été réalisées sur le papier interactif [34] et sur les stylos utilisant la technologie Anoto [12]. Il en ressort que les technologies disponibles permettent d'utiliser des nouveaux paradigmes d'interaction en liant des objets physiques et familiers aux réseaux informatiques. On parle alors d'interaction tangible. Un modèle d'interaction commun est le modèle WIMP¹ mais d'autres existent comme le modèle instrumental [6]. Une mise en évidence est faite sur la nécessité de concevoir les interactions avec les interfaces tangibles à partir des utilisations du papier et de l'étude des utilisateurs. Cette approche est très intéressante puisqu'elle recherche des solutions ancrées dans une pratique. Le projet PaperToolkit [61] se base sur une approche événementielle de l'interaction avec le papier augmenté et ses possibilités. Ces considérations sont précieuses pour l'architecture d'une interface avec le papier.

1. Windows Icons Menus and Pointing devices

Contrairement aux autres domaines des interfaces tangibles qui regorgent de modèles d'interactions ([21] et [16]), peu d'articles font ce genre de travail sur les interfaces papier stylo. Steimle [48] propose six interactions centrales que l'utilisateur peut réaliser avec le papier augmenté :

- Encreur, laisser une trace.
- Clicker, c'est à dire poser la pointe du stylo sur une zone papier reconnu comme un bouton.
- Déplacer, changer les feuilles de position.
- Altérer la forme, par exemple en pliant la feuille.
- Combiner, regrouper les feuilles dans une pile ou agraffer une sélection.
- Associer, réaliser une liaison entre les feuilles comme quand on sélectionne plusieurs éléments dans un explorateur.

Les quatre premières catégories concernent des pages isolées alors que les deux dernières nécessitent plusieurs pages. Cette taxonomie reste cependant limitée car elle envisage plutôt le papier comme une tablette graphique même si elle intègre des transformations physiques. Il n'aborde pas la question du contenu et des rapports entre éléments papier et ceux sur support numérique.

Malacria [39] fait une caractérisation² du stylo numérique qui consiste à établir un état de l'art et une discussion sur les solutions proposées par les stylo numériques. Cet espace est très complet en ce qui concerne les applications pour les classes numériques mais ne s'intéresse pas aux activités créatives.

1.2 Approches centrées utilisateurs

Certains travaux de Letondal [38] et de Mackay [27] se concentrent sur des applications précises comme les cahiers de laboratoires des biologistes ou l'exploration de données scientifiques. Leurs travaux menés à partir d'études utilisateurs ont permis de trouver des modes d'interactions avec le stylo Livescribe. En effet, des fonctions sont intégrées dans le stylo et certaines actions sur des données imprimées sur le papier permettent de les déclencher. Il s'agit donc de bouton papier qui peuvent être actionnés par l'utilisateur. Cependant, un certain nombre d'interactions permises par le stylo comme l'audio n'ont pas été explorées.

Beaucoup de travaux se concentrent sur l'apprentissage et sur le milieu éducatif. Malacria mène des recherches sur la prise de notes lors de cours [40]. Waiss [56] se focalise sur les informations à fournir à l'utilisateur pour qu'il apprenne le plus efficacement possible. Cette thématique a été étudiée dans le contexte de salles de cours augmentées [26] avec des tableaux interactifs [49] et toutes sortes de dispositifs. L'enregistrement de données audio en même temps que la prise de notes a été imaginée par l'audio notebook [50] de Stifelman. La plupart de ces travaux envisagent des actions sous forme de tâches à effectuée avec une approche souvent prédéfinie ce qui réduit les possibilités d'utilisation plus libre.

2. La caractérisation est donnée sur le site <http://www.malacria.fr/ihm08/digitalpen.html>

1.3 Approches centrées sur le document

En 1997 Arai a exploré les possibilités de liens vers des contenus multimédia sur le papier grâce à PaperLink [3]. Plus récemment, Liu propose les Embedded Media Markers [32] qui permettent de visualiser facilement la présence de contenus multimédia associés à des éléments imprimés. Les contenus sont consultable avec un dispositif mobile équipé d'une caméra qui reconnaît les marqueurs. Ceci est intéressant pour la visualisation d'information mais celle-ci doit être ajoutée lors de l'impression du document et ne peut être éditée ou modifiée.

Avec PapierCraft [30], Liao utilise la technologie Anoto pour des opérations de copier-coller entre documents imprimés. Il propose d'utiliser des gestes sur le papier pour lancer des commandes ou des actions comme les hyperliens vers un document numérique. Les gestes à utiliser sont prédéfinis.

L'édition de texte est également très étudiée avec notamment le PaperPDA [19] et Scriboli [20]. Dans le premier, il s'agit d'un équivalent de PDA papier que l'on scanne et dont les informations peuvent être interprétées. Dans le second cas, les auteurs proposent une nouvelle technique d'interaction appelée pigtails pour la sélection de zone et l'affectation de fonction. L'utilisateur entoure sa zone d'intérêt, puis, en réalisant une petite boucle à la fin de son geste, il indique la fin de la zone de sélection. Les fonctions appliquées à la sélection dépendent de la direction du trait effectué après avoir dessiné la boucle. Il y a la notion de laisser une trace de l'interaction qui est vraiment un point important.

Enfin, des techniques comme celles proposées par Song et al, nommées PenLight [45] et MouseLight [47], proposent l'utilisation d'un vidéo projecteur pour augmenter les possibilités de visualisation et d'interactions. Dans leur cas, il s'agit de pouvoir explorer des plans d'architectes imprimés en ayant accès à une multitude d'informations comme les réseaux électriques et de pouvoir interagir avec ces informations avec un stylo. Cette approche nécessite un dispositif encombrant mais offre des possibilités très intéressantes, surtout au niveau du feedback. Il faut remarquer qu'il s'agit d'un DigitalDesk [58] mais mobile et plus performant.

1.4 Les interactions et le feedback

Le feedback ou retour, correspond au stimulus que peut fournir un dispositif lors de son utilisation. C'est une problématique très étudiée dans de nombreux domaines. La plupart des interactions efficaces sont celles qui fournissent un feedback adapté et performant.

Liao [31] a mis en évidence différents types de feedback et leurs applications. En particulier, trois types de feedback sont répertoriés : pour de la découverte, pour les indications de statut du système et pour les besoins d'une tâche. Ceci est un bon exemple de considérations pour la conception d'une interface.

Benford et Gaver [7] traitent des interfaces tangibles. Ils font une distinction entre les mouvements de l'interface qui peuvent être attendus s'il s'agit d'une utilisation normale, mesurés si des capteurs permettent

une mesure et désirés si les mouvements sont requis par une application. Cette taxonomie leur permet de concevoir les interfaces tangibles adaptées à ces considérations.

PaperProof [57] et ModelCraft [46] proposent d'associer des gestes prédéfinis avec des fonctions sur l'ordinateur comme la copie d'une image d'une page à l'autre ou l'édition d'un modèle physique 3D. Cependant, dans aucun des cas, il n'est possible à l'utilisateur de définir les gestes à utiliser. Cette considération est prise en compte par Mackay [37] qui permet l'utilisation de gestes définis par l'utilisateur pour remplir des bandes de progression de vol utilisées par les contrôleurs aériens.

L'utilisation de gestes pose le problème de la reconnaissance des tracés effectués par le stylo pour les interpréter en tant que commande. Mankoff [41] donne plusieurs éléments de réflexion. Étant donnée que la reconnaissance ne peut être parfaite, d'autant plus quand les éléments à reconnaître peuvent être définis par l'utilisateur, il est nécessaire d'utiliser des techniques de médiation autres que la répétition et le choix. Les auteurs proposent de séparer la médiation de la reconnaissance pour pouvoir s'adapter plus facilement aux différentes situations d'utilisation. Cela permet aussi de différer la médiation à des moments plus propices. Ils proposent également un système de feedforward qui présente la liste des possibilités à partir de la reconnaissance en cours. Ceci peut être mis en parallèle avec Octopocus [5], un système permettant d'afficher les tracés possibles en temps réel afin de permettre un apprentissage simple et rapide de commande gestuelle. La possibilité de définir des nouveaux éléments parmi une liste finie est également une option explorée par le système de médiation dans le cas où le résultat ne correspond à aucune entité pré-existante.

1.5 Les activités créatives

De manière générale, les chercheurs en Interaction Homme-Machine étudient de plus en plus les activités créatives. Il existe même des conférences dédiées comme *Creativity & Cognition*.

Les travaux de Csíkszentmihályi [14] portent sur le Flow, "c'est à dire l'état mental atteint par une personne lorsqu'elle est complètement immergée dans ce qu'elle fait, dans un état maximal de concentration. Cette personne éprouve alors un sentiment d'engagement total et de réussite" (Wikipédia). Ces travaux ont beaucoup été repris dans les Interactions Homme-Machine. Par exemple, Schnedeirman propose une méthodologie pour intégrer la créativité dans la conception d'interfaces Homme-Machine [44]. Selon lui, pour arriver à un travail créatif, les utilisateurs ont besoin d'outils réunissant les points suivants :

- Réunir : Trouver des données précédentes.
- Rapporter : Consulter des pairs et des mentors autour d'un projet.
- Créer : Explorer, composer et évaluer les possibilités.
- Diffuser : Faire connaître le résultat et le diffuser.

Cette réflexion me paraît très pertinente et sera intégrée dans ma réflexion. Ces considérations ont été utilisées par QSketcher [1], un environnement pour la composition de musique de film. QSketcher propose de supporter le processus créatif depuis les premières phases en créant un environnement basé sur les trois axes suivant : capturer, organiser et manipuler. Coughlan et Johnson [13] étudient les interactions qui interviennent lors de la composition musicale. Ils trouvent un cycle de réflexion, représentation et évaluation

qui est itératif lors de la composition.

1.6 La notation musicale contemporaine

Depuis le début du siècle, les compositeurs utilisent de nouvelles notations qui leur sont propres pour représenter les sons. Avant, les notations leurs permettaient d'exprimer leur pensée musicale de manière complète. Pour la partie plus académique, le livre « Musical Notation » [17] répertorie la plupart des notations actuelles.

On trouve plusieurs écrits qui traitent de la notation contemporaine. Levy [29] soulève le problème de la crise de la notation depuis les années 50. On arrive donc à des tentatives de la part des compositeurs de trouver des moyens de représentation adaptés. Marco Stroppa [51] présente une réflexion sur la notation qu'il a utilisée, Il soulève le problème de manque de stabilité des représentations existantes.

1.7 La composition musicale assistée par ordinateur

De nombreuses recherches concernent la composition assistée par ordinateur et les interactions Homme-Machine dédiées. En particulier, la conférence NIME (New Interface for Music Expression) regroupe ces deux thèmes de recherches. Cependant, les articles sont plutôt centrés sur la performance que sur la composition en elle-même. Le livre « Interfaces Homme-Machine et création musicale » [55] propose d'explorer les interfaces déjà existantes et donne des considérations sur le contrôle gestuel de la synthèse ou les interfaces utilisées.

Il existe des logiciels de programmation graphique qui permettent de se construire ses propres environnements de composition. Parmi eux, OpenMusic [2], permet des opérations avancées de calcul sur les structures musicales et Max/Msp³ qui est plus orienté vers le temps réel et la synthèse sonore. Les livres « OM composer's book » [10] et [23] présentent de nombreux exemples d'utilisation d'OpenMusic par les compositeurs. Ces ouvrages donnent un bon aperçu des problèmes qui peuvent être rencontrés par les compositeurs mais aussi des possibilités que cela leur ouvre.

1.8 Paperoles et musique

Il s'agit du point de départ des recherches menées par le LRI en collaboration avec L'IRCAM. Ces travaux, [28], se sont concentrés sur les "paperoles" des compositeurs. Ce terme se réfère aux cahiers de notes des compositeurs qui font toutes sortes de schémas préparatoires sur le papier avant de composer. A la suite de nombreux entretiens avec des compositeurs, plusieurs résultats sont formulés sur les principales fonctions du papier, son rôle dans la notation musicale contemporaine et sur les liens entre papier et ordinateur lors

3. <http://cycling74.com/products/maxmspjitter/>

du processus de composition.

Un listing des principales fonctionnalités du papier est établi. On y trouve entre autres : un support pour la réflexion informelle, une fonction de mémoire cumulative facilement accessible et archivable. Une analogie avec les palimpseste, un parchemin dont la première inscription est grattée pour en écrire une autre, est également mise en avant car les stylos Anoto utilisent de l'encre. Il n'est donc pas possible de gommer comme cela est généralement le cas avec les crayons de papier.

Au niveau de la notation musicale contemporaine, l'apparition de dispositifs électroniques engendre une insuffisance de la notation classique pour rendre compte de l'évolution de certains paramètres. L'attente de trouver une notation satisfaisante mais aussi de pouvoir techniquement produire des partitions à partir de cette notation est observée. On se retrouve alors confronté aux logiciels d'édition qui ont du mal à intégrer des éléments externes à la notation conventionnelle.

L'ordinateur et le papier en tant que supports du processus de composition sont à la fois complémentaires et concurrents. Ils sont concurrents car il peut y avoir redondance et perte de temps entre des informations saisies et contenues sur les deux supports. L'ordinateur a plus tendance à être utilisé comme un "brouillon" pour explorer des idées et des possibilités et le papier permet de fixer une représentation d'une œuvre ce qui est plutôt l'inverse de l'utilisation générale de ces médias. L'utilisation du papier augmenté permettrait donc de rendre l'utilisation de deux supports complètement compatible et complémentaire.

Des implications pour la conception sont également tirées des études réalisées et elles se sont accompagnées de prototypages réels et vidéos. Un scénario expose un solfège augmenté, c'est à dire la possibilité d'interaction entre une édition manuscrite d'une partition contenant des annotations et la version numérique utilisée pour la communication avec un réalisateur en informatique musicale.

Musink se base sur ces résultats et tente de fournir une partie de la solution au niveau de l'annotation des partitions.

1.9 *Musink*

*Musink*⁴. [53] est un logiciel qui constitue le point de départ de mon stage.

Il permet de faire la transition entre les annotations effectuées sur une partition et le logiciel OpenMusic [2], qui est utilisé pour la composition musicale. *Musink* permet à l'utilisateur de définir les propriétés d'un geste tracé sur le papier (préalablement transféré sur l'ordinateur), pour activer des fonctions prédéfinies dans OpenMusic. Il dispose d'un module de reconnaissance de geste permettant d'identifier les gestes déjà enregistrés. *Musink* est un navigateur de gestes éditable rapidement et simplement qui permet aux compositeurs de (re)construire leur langage de composition.

Je vais détailler son fonctionnement car cela constitue une approche intéressante des interfaces Homme-Machine que j'ai souhaité conserver durant mon stage.

4. Une vidéo explicative est disponible sur le site <http://www.lri.fr/~fanis/docs/musink-chi09-video.mov>

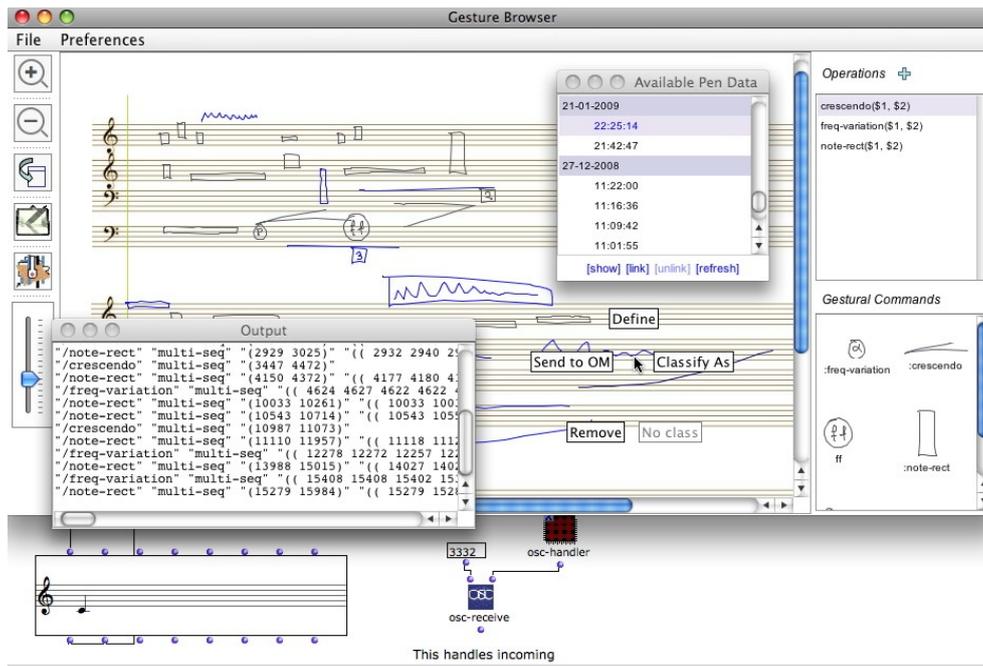


FIGURE 1.1 – Exemple d'utilisation de Musink

Gesture Browser : une interface pour gérer les annotations

Musink dispose d'une interface graphique qui est présentée sur la figure 1.1. A partir du menu, l'utilisateur peut charger un fichier existant au format pdf qui est associé avec un fichier texte contenant une description des éléments se trouvant sur la page (multistaff, note, mesure bar...). Il est ensuite possible de superposer à cette image les données récupérées à partir d'un stylo numérique ou de dessiner directement via une tablette graphique ou une souris.

Pour que les dessins effectués sur le papier soient interprétés, le logiciel dispose d'un outils de création d'opérations (en haut à droite sur la figure 1.1). Une opération est une fonction qui décrit l'ensemble des arguments qui vont être utilisés lors de l'envoi vers OpenMusic. Parmi les arguments disponibles, il y a la liste des points (coordonnées x et y), les bornes (xmin, xmax et ymin ymax), les paramètres entourés (si un trait croise un paramètre entouré, alors le paramètre entouré sera également envoyé).

Enfin, l'utilisateur doit choisir un tracé existant et activer un marking menu [25], c'est à dire un menu qui se déploie autour de la cible, afin de définir ce tracé. Ce menu donne également des possibilités d'édition sur les informations précédemment saisies. La définition d'un geste se fait en affectant un nom et une opération au geste. Une fois cette étape réalisée, les gestes sont analysés par le moteur de reconnaissance et sont affectés aux catégories de gestes définies précédemment. L'utilisateur peut à tout moment éditer et modifier ses choix. Ceci permet notamment de palier aux problèmes de reconnaissance automatique qui n'est pas fiable à 100%, d'autant plus quand les symboles à reconnaître ne sont pas pré-existants mais définis par l'utilisateur. Pour qu'OpenMusic interprète les annotations, il y a un bouton pour envoyer les informations via le protocole OSC [60]. Il faut donc avoir un port de réception OSC dans OpenMusic qui soit connecté à un patch effectuant les calculs correspondants aux gestes définis.

L'approche adoptée par *Musink* est appelée « semi-structured delayed interpretation ». Cela consiste dans une grammaire de base très simple constituée de pointeurs, de symboles de sélections, de connecteurs et d'information textuelle. A cela s'ajoutent tous les gestes qui peuvent être définis par le compositeur. En effet, il apparaît assez clairement que chaque compositeur utilise ses propres conventions pour l'écriture et l'annotation musicale. A un autre niveau, l'approche permet de travailler par couches successives, c'est à dire d'imprimer une partition, de l'annoter, de la réimprimer avec les modifications, et ce dans un cycle itératif qui permet une souplesse nécessaire à ce type d'activité.

Les stylos utilisés pour *Musink* n'ont pas de possibilités d'interactions directes avancées comme le stylo Livescribe. Ainsi, cette dimension de l'interaction n'est pas du tout prise en compte. Malgré le développement d'un outil complet, les difficultés de mises en œuvres n'ont pas incitées les compositeurs à l'utiliser. L'implémentation d'une interface doit permettre une utilisation aisée. Ceci devrait être désormais possible grâce aux avancées réalisées par les fabricants de solutions pour le papier augmenté.

1.10 Knotty Gestures

Les Knotty Gestures⁵.

[54], constituent une technique d'interaction simple et puissante avec le papier. Les nœuds sont des petits cercles que l'on rajoute à n'importe quel geste (sur une courbe, une lettre, etc) comme on peut le voir sur la figure 1.2. L'ajout d'un nœud donne accès à des fonctionnalités comme la classification du geste effectué et l'affectation de contenus multimédia. Cette technique nécessite tout de même l'utilisation d'un stylo avec un moyen de feedback tel un écran ou un haut parleur.

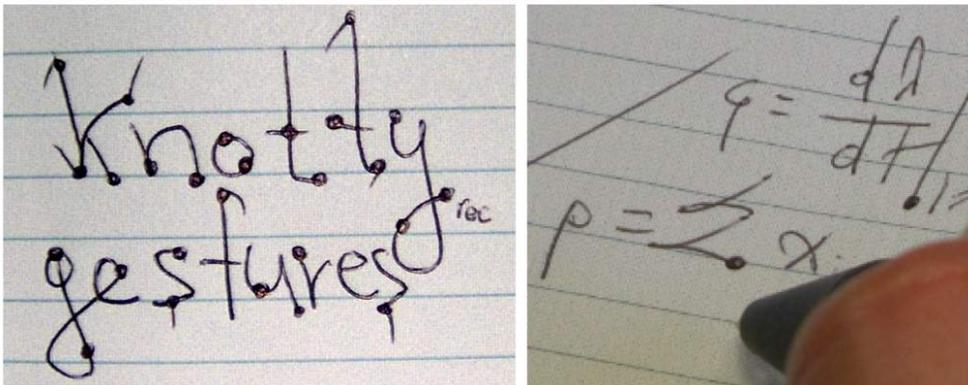


FIGURE 1.2 – Exemple de nœuds disposés dans un document

Cette technique a pour avantage d'être subtile et de ne pas beaucoup altérer l'écrit. Les nœuds restent cependant clairement identifiables dans un texte ce qui permet d'en tirer profit simplement ou de modifier leurs caractéristiques. Il s'agit ici d'une technique d'interaction avec le papier qui peut être utilisée directement pendant le tracé ou sur un trait existant. Bien évidemment, pour des activités où le dessin a une signification, l'ajout de nœuds peut dénaturer la forme.

5. Une vidéo de démonstration est disponible sur le site <http://vimeo.com/8418158>

1.11 Objectifs et déroulement de mes recherches

Les approches existantes ne traitent pas beaucoup du papier augmenté pour la composition musicale hormis *Musink*. Cependant, les possibilités des smartpens comme le stylo Livescribe n'ont pas été suffisamment exploitées. Je suis convaincu que de ces nouvelles possibilités technologiques peuvent émerger des pistes intéressantes.

Pour cela, Il s'agit tout d'abord d'aller à la rencontre des compositeurs qui sont choisis en fonction de leur pratique de la composition assistée par ordinateur. Ensuite, les informations récoltées sont croisées avec d'autres sources telles que la littérature et les entretiens déjà réalisés. L'analyse de ses données doit conduire à mettre en évidence un contexte précis et complet de l'utilisation du papier et de l'ordinateur par les compositeurs. De ces contexte, il est alors possible de trouver des pistes intéressantes pour permettre aux compositeurs d'utiliser le papier augmenté et les stylos numériques afin d'utiliser au mieux chaque support. Des techniques d'interactions innovantes et adaptées aux activités créatives doivent émerger de ces pistes. L'intégration des principes et techniques proposés par *Musink* et les Knotty gestures est également un aspect important et intéressant. Il reste ensuite à se concentrer sur un aspect qui semble le plus pertinent au regard du temps imparti pour le stage et de mener à bien des prototypages afin d'évaluer les propositions faites. Ceci permet d'améliorer la conception d'une Interface Homme-Machine et de continuer un cycle itératif de développements pour aboutir sur une solution efficace, innovante et ancrée dans une pratique.

2 A la rencontre des compositeurs

J'ai décidé de rencontrer des compositeurs pour définir un contexte et faire émerger des possibilités d'utilisation du papier augmenté pour la composition musicale. Dans le cadre de recherches en Interface Homme-Machine, il faut respecter certains protocoles et méthodes pour réaliser des entretiens et analyser les données. Ceci conduit à des résultats plus fiables et crédibles en vue d'une publication.

2.1 La conception participative

Comme je l'ai indiqué en présentant brièvement le laboratoire, l'aspect collaboratif est primordial. C'est pourquoi l'équipe utilise un modèle de développement itératif qui permet de mener à bien ce type de problématique. L'approche proposée, qui est résumée sur la figure 2.1a se décompose en quatre phases :

- Comprendre, qui est l'utilisateur ?
- Inventer, qu'est-ce qui est possible ?
- Concevoir, qu'est-ce qu'on fait ?
- Évaluer, est-ce que ça marche ?

Chacune de ces phases comporte trois sous parties qui sont : la collecte d'informations, l'analyse de ces informations et la génération de ressources pour la conception. On trouvera ce détail dans la figure 2.1b intégré dans un processus itératif qui implique un cycle quasi infini pour les recherches.

À chaque sous-catégorie des différentes phases, on trouve des méthodes de recherche, des techniques adaptées à notre finalité : la conception participative d'interfaces Homme-Machine interactives.

2.2 Méthode

2.2.1 Prélude, la théorie enracinée

Pour l'ensemble de ma démarche, j'ai utilisé la méthode de la théorie enracinée (Grounded Theory) telle qu'elle est définie dans l'ouvrage de Strauss et Corbin [24].

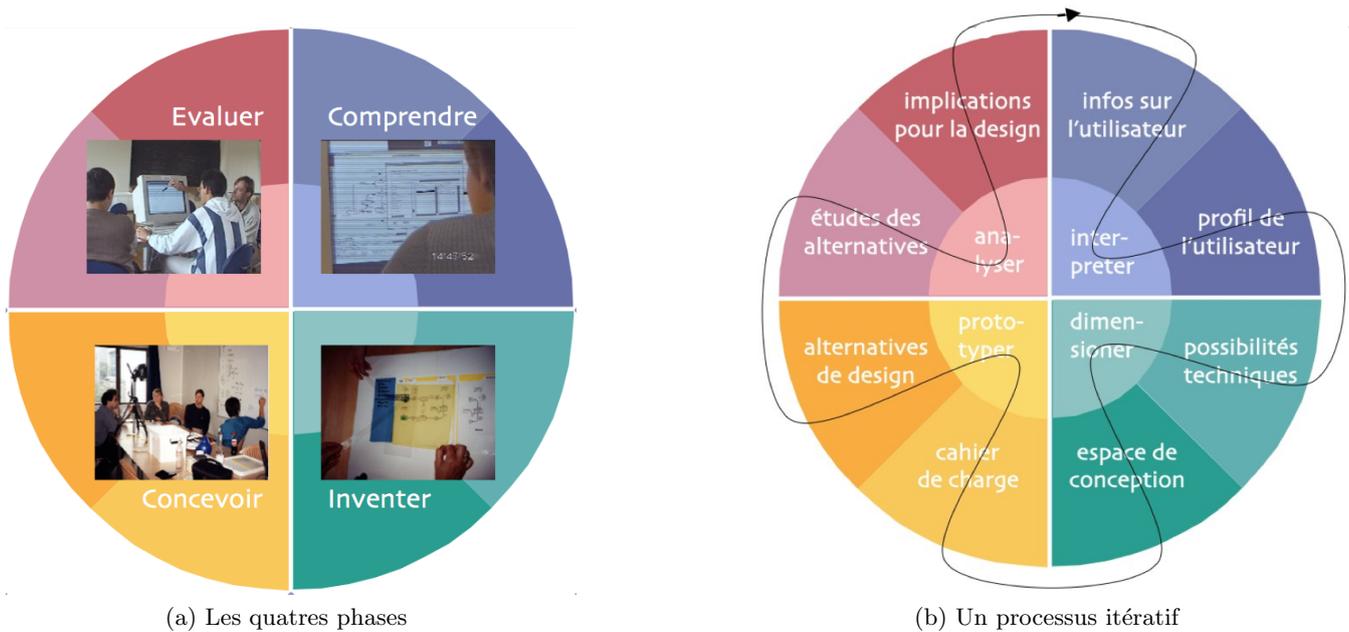


FIGURE 2.1 – Modèle utilisé pour la conception participative.

La théorie enracinée est une méthodologie de recherche qualitative, c'est à dire qu'elle s'intéresse aux phénomènes dans leur ensemble, leur complexité et leur contexte. Strauss et Corbin définissent la théorie enracinée comme « *une méthodologie générale pour développer une théorie qui est enracinée dans des données rassemblées et analysées de façon systématique* ». Cela peut s'opposer aux méthodes quantitatives qui représentent plutôt une approche mathématique avec des créations de modèles et une approche de mesure de phénomènes.

La théorie enracinée est une démarche itérative et fortement liée aux données car la théorie évolue au cours de la recherche par le biais de croisement entre l'analyse et la collecte de données. Le point de départ de cette théorie est une compréhension fine et approfondie du contexte. Ensuite, avec des comparaisons successives des données recueillies et en référence aux théories disponibles, une première théorie locale (substantive theory) peut être élaborée. Celle-ci est alors confrontée aux données et remodelée itérativement. Ce n'est qu'à l'issue de ce processus que s'effectue la généralisation et l'éventuelle formulation d'une théorie formelle. La méthode s'appuie sur l'identification de catégories organisées hiérarchiquement grâce auxquelles on peut définir un contexte et des phénomènes. Ceci reste tout de même difficile à relier avec une activité de recherche en informatique, je vais donc essayer d'explicitier comment cette théorie a influencé ma démarche.

L'analyse des résultats s'est déroulée dès le début des entretiens. Un temps d'analyse a été consacré pour faire des comparaisons entre les différentes sources d'informations (les entretiens que j'ai réalisés, les résultats de paperoles et musiques [28], les vidéos et les transcriptions des entretiens précédents). Ceci m'a permis de mettre en évidence des questions auxquelles j'ai pu trouver des réponses lors des entretiens suivants. Il m'a ainsi été possible d'éprouver certaines idées de conception en les confrontant aux données et en ciblant les

informations qui me manquaient.

2.2.2 Entretiens avec les compositeurs

Le but de ces premiers entretiens était avant tout de comprendre les rapports qu'ont les compositeurs avec le support papier, puis d'analyser leur pratique de l'informatique musicale et enfin de cerner les difficultés qu'ils pouvaient rencontrer lors du passage du papier à l'informatique et vice-versa.

Lieu Tous les entretiens se sont déroulés à l'IRCAM dans une salle isolée.

Participants Je devais rencontrer des compositeurs utilisant l'outil informatique pour la composition et notamment OpenMusic et Max/Msp qui sont des logiciels répandus et assez ouverts pour permettre des développements avancés. J'ai choisi de contacter les étudiants des cursus de composition de l'IRCAM puisqu'il s'agit de jeunes compositeurs formés à la composition assistée par ordinateur et à l'informatique musicale. J'ai reçu des réponses de quatre compositeurs de première année du cursus, MB, EM, AE et NM que j'ai rencontrés. Tous les quatre, bien qu'étudiants en composition assistée par ordinateur sont déjà des compositeurs entraînés qui ont chacun gagné différents prix pour leur travaux. Un entretien a également eu lieu avec MM, réalisateur en informatique musicale, compositeur et enseignant dans le cursus.

Données Chacun des entretiens a duré entre une heure et une heure trente. Trois se sont déroulés en présence de Wendy Mackay qui a dirigé le premier. Chaque compositeur a permis de faire des photos et de scanner des documents apportés. La plupart des entretiens ont été enregistrés sauf celui avec MM qui était plus informel.

Procédure Afin d'obtenir le plus d'informations pertinentes possibles, Wendy Mackay m'a exposé sa méthode pour mener un entretien, cette méthode s'inspire entre autre de la théorie enracinée (voir paragraphe précédent). Il s'agit en fait d'une méthode générale qui permet de ne pas trop conditionner les réponses de l'interviewé. En effet, on cherche à explorer les besoins réels des compositeurs pour concevoir quelque chose qui émane d'eux et non pas à leur faire évaluer nos idées. L'organisation d'un entretien respecte les quelques points suivants mais nécessite tout de même de s'adapter à l'interlocuteur.

Dans un premier temps, on se concentre exclusivement sur le travail du compositeur. Le point de départ est une composition en cours, c'est à dire quelque chose de concret, d'actuel. Il a été demandé par mail au compositeur d'emporter les feuilles et les documents relatifs à leur travail de composition, si possible, en cours. Lors de mes entretiens, nous avons surtout parlé de la pièce marquant la fin du cursus car ils en étaient à l'étape de finalisation pour la plupart. Il faut comprendre l'histoire de cette pièce, des premières ébauches aux partitions finales. Il s'agit de mettre en évidence le processus de composition en se focalisant sur le rôle du papier et de l'informatique. On en vient ensuite au futur de la pièce, des étapes restantes et à une généralisation à d'autres pièces déjà écrites ou en cours.

Dans un second temps, on présente brièvement les outils disponibles comme *Musink* et le stylo Livescribe en évitant soigneusement de donner des pistes d'utilisations qui viendraient focaliser sur une pratique au lieu d'en faire émerger. Une fois la présentation terminée, on fait un retour sur les travaux présentés en essayant de trouver comment les technologies pourraient être utilisées. Dans cette étape, on cherche à encourager la réflexion à voie haute pour avoir accès à des scénarios d'utilisations ancrés dans un contexte réel d'utilisation.

De manière générale, afin de recueillir des informations pertinentes, les questions posées vont de spécifiques à générales et de dirigées à ouvertes. La plupart des entretiens ont été enregistrés afin de pouvoir retravailler certains points. Durant l'entretien, j'ai également pris des photos des différents documents présentés par les compositeurs afin de constituer des comptes rendus d'entretiens adaptés à une analyse et utilisables par d'autres. Dès le premier entretien, la phase d'analyse s'avère d'une importance capitale. En effet, cela permet de mettre en évidence des aspects qui n'ont pas été forcément approfondis sur lesquels il est souhaitable d'avoir plus d'informations.

2.3 Résultats

Tout d'abord, il est essentiel de comprendre que chaque compositeur a une façon à peu près unique de travailler, que cela soit au niveau des outils (type de logiciel, type de papier,...) ou au niveau de la méthodologie. De manière générale, les constats faits dans les articles *paperoles* et *musique* [28] et *Musink* [53] ont été retrouvés. En effet, pour les quatre compositeurs que j'ai rencontrés le papier a été le point de départ et le point d'arrivée de leur composition. De plus, le papier et l'ordinateur apparaissent comme complémentaires et concurrents selon le stade d'avancement de la composition et le type de tâche à effectuer.

Les annotations sont également ajoutées sur la partition et leurs rôles peuvent être informatifs, descriptifs ou nécessaires au calcul du résultat. De plus, les annotations sont personnelles à chaque compositeur et évoluent au fil d'une composition et de leurs expériences.

2.3.1 Procédés de composition

Chacun des compositeurs a une démarche différente pour la composition. Celle-ci dépend généralement de la pièce à composer et de ses contraintes. Dans le cas de la pièce du cursus, il s'agit d'une pièce pour un instrument soliste et électronique.

EM Il procède par itérations d'un processus : Écoute intérieure, Exploration des sons avec OpenMusic et Audiosculpt. Écriture à la main des résultats de ses explorations.

A la fin, il y a une phase d'annotations d'indications pour l'interprétation (il s'agit d'un aide mémoire, pas de composition en soi).

AE Son point de départ est une liste d'idées d'orchestrations et de traitements sonores. Il utilise ensuite de nombreux schémas pour représenter la structure temporelle et les matériaux. La figure 2.2 présente deux

2.3.2 Le rôle de l'écriture

L'écriture est un acte extrêmement important pour tous les compositeurs même si chacun d'entre eux a une approche différente. EM et AE ont tous les deux réalisé une version manuscrite de la partition finale. Pour EM, qui étudie également la calligraphie, « *L'écriture permet de capturer l'intention musicale* ». Selon lui « *le papier suggère des sons et il donne également le feedback des sons entendus intérieurement* ». Il insiste sur son procédé de composition qui n'utilise pas d'éditeur numérique car « *la réécriture est importante pour s'assurer de la cohérence du discours musical* ». A contrario, NM et MB utilisent tous les deux des opérations de copier-coller dans les logiciels d'éditeurs et dans OpenMusic.

L'écriture sur le papier, pour NM « *permet de saisir une idée rapide, une intuition, un déclic* » il s'agit selon lui d'un « *temps différent de celui de l'ordinateur qui nécessite plus de temps et parfois un besoin d'aide* ». Il ajoute que l'écriture permet aussi une certaine puissance de calcul. MB, quant à lui, explique que l'écriture lui permet de faire « *une réflexion à la main* ».

2.3.3 Différentes formes du papier pour différents besoins

Le papier est présent sous différentes formes : des pages blanches aux cahiers de partitions (chaque compositeur a ses propres préférences pour le papier à musique) en passant par les feuilles verso (feuilles déjà imprimées sur un côté provenant de récupération).

Pour MB, « *le papier est désacralisé* », il est même qualifié « *d'anodin* ». Cela se traduit par une utilisation de feuilles déjà utilisées pour d'autres besoins. Il est fréquent qu'il récupère les impressions qu'il a faites pour écrire au verso. Il commence ses compositions avec des feuilles blanches car cela lui « *permet plus de liberté* ». L'utilisation de portées se fait assez tard dans son processus de composition et est assez rapide dans le sens où elle ne dure finalement pas très longtemps par rapport aux autres étapes. Il insiste sur le fait qu'il y a un « *non respect de ce qui a été précédemment défini* », c'est à dire qu'il utilise les écrits précédents pour fixer une idée mais pas nécessairement pour la réutiliser. Le papier est plus souple et plus efficace que des logiciels d'édition comme Finale pour des idées simples. La figure B.2a présente quelques unes de ces idées simples. NM, pour sa part, utilise un cahier de portées comme sur la figure B.1 donnée en annexe B par composition et tient un journal de bord.

EM réalise l'ensemble de sa démarche sur des feuilles blanches ou sur des partitions qu'il dessine lui-même. Les logiciels ne lui servent qu'à explorer des matériaux sonores.

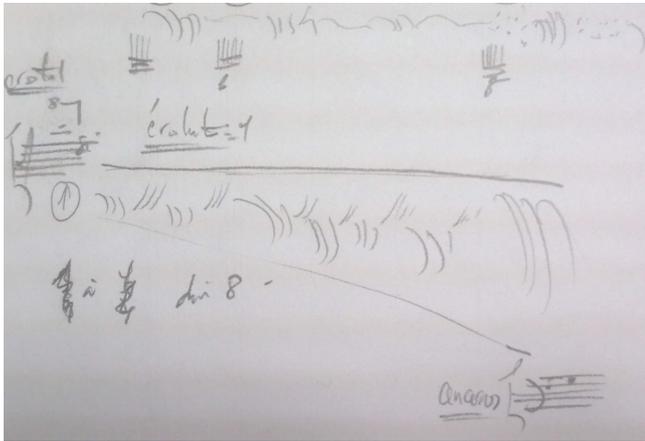
2.3.4 Création de patchs sur le papier

Plusieurs compositeurs ont l'habitude de dessiner des patchs OpenMusic ou Max/Msp sur le papier. D'après MM, « *Un bon patch commence sur le papier* ».

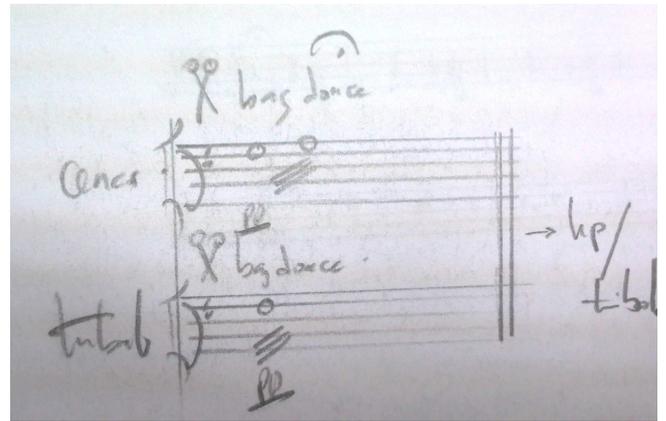
NM explique que cela « *permet de conserver une idée le temps de la réalisation qui peut être compliquée* ». Cette même volonté est retrouvée chez MB et chez AE qui expriment certaines idées sur le papier avant de commencer l'implémentation. Les figures B.2b et B.4 données en annexe B illustrent la définition de patch sur le papier.

2.3.5 L'utilisation de dessins

Pour travailler plus efficacement, MB a représenté les trois gestes principaux qui constituent sa pièce par des dessins. Ceux-ci subissent des transformations graphiques liées à des paramètres musicaux. La figure 2.3 montre un exemple utilisé avec le premier geste.



(a) Première partie de la pièce qui consiste en des variations d'un même geste musical.



(b) Expression en notation musicale classique du premier geste

FIGURE 2.3 – Représentation d'une partie de la pièce de MB avec des dessins représentant un geste défini en notation habituelle.

Après avoir terminé sa pièce, il confie que « *Les dessins, ont pris un sens différent après l'utilisation d'Open-Music, la relation avec des éléments musicaux est devenue plus concrète, c'est devenu une représentation presque technique de paramètres* ». Souvent, les compositeurs utilisent des dessins ou des schémas pour gagner en efficacité. Pour MB, ceci permet « *d'écrire à la vitesse de la pensée* ». NM utilise aussi des dessins comme le montre la figure B.3 donnée en annexe B pour représenter la structure de sa pièce.

2.3.6 Des souhaits

Après la découverte des recherches précédentes, et de quelques possibilités du papier augmenté, chaque compositeur a tout de suite envisagé plusieurs possibilités d'utilisation.

Tous souhaitent que les notes écrites sur le papier soient reconnues et puissent être importées dans un logiciel d'édition. L'utilisation d'un crayon à papier ou au moins d'un stylo effaçable est également un point commun. Enfin, la possibilité d'intégration de notations manuscrites dans les éditeurs numériques serait une solution efficace pour ne plus systématiquement retoucher la partition après son impression.

EM et MB ont aussi mentionné une volonté de pouvoir écouter directement le résultat de ce qu'ils écrivent afin de confirmer leurs intuitions et d'avoir un retour immédiat sans passer par un logiciel ou un instrumentiste.

AE, MB ainsi que NM ont indiqué que la conversion de schémas de patchs tracés sur le papier en patch Open Music ou Max/Msp serait également très intéressante.

NM aimerait pouvoir utiliser le stylo lors de la finalisation de la pièce. Cela lui permettrait de faire les

dernières corrections sur le papier et non pas sur un éditeur qui offre des possibilités de visualisation d'ensemble bien moindres. Il explique également son intérêt de *transformer les différents schémas en temporal boxes pour créer un bout de maquette*¹, *les temporal boxes seraient ensuite éditées tranquillement*. AE a manifesté un intérêt certain pour utiliser les stylo comme un contrôleur en temps réel pour la performance ou pour capturer l'écriture d'un poète qui collabore avec lui.

2.4 Discussions

Les résultats précédents peuvent être recoupés pour mettre en évidence certaines pratique et propriétés. Je vais présenter celles qui m'ont particulièrement intéressé et le lecteur trouvera dans [28] de nombreux autres résultats que j'ai également pris en considération.

2.4.1 Rôles inversés entre papier et ordinateur

Les compositeurs utilisent le papier d'une manière assez différente que d'autres types d'utilisateurs . En effet, ils utilisent le papier pour noter un état d'achèvement, pour fixer une idée alors que l'ordinateur est plutôt utilisé pour explorer des possibilités. Le papier est généralement défini comme libre, flexible, souple. De plus, on considère souvent qu'il s'agit d'un support jetable car très peu onéreux. Pour la composition musicale, le papier n'est pas aussi souple qu'il y paraît. En effet, pourquoi écrire un schéma de développements à faire sur le papier ? Pourquoi les compositeurs se perdent parfois lors des étapes d'implémentations ? Il me semble que cela est dû à une contrainte assez forte au niveau de la trace laissée par le stylo. Les compositeurs doivent adopter une stratégie d'écriture structurée sur le papier. Cette spécificité du papier pourrait être qualifiée de semi-permanence, car les compositeurs utilisent majoritairement des crayons à papier et des gommes. Cela permet au papier de capturer des états précis.

Avec un support numérique, d'autant plus lorsqu'il s'agit de logiciel en temps réel comme Max/Msp, il devient parfois très difficile de fixer un état ou de considérer que c'est achevé car les possibilités d'édition sont supérieures.

2.4.2 Aller à la vitesse de la pensée

En notation musicale classique, l'écriture est pour des compositeurs entraînés un acte rapide. Cependant, au vu de la complexité des partitions qu'ils produisent avec notamment des indications de modes de jeux, des nuances, des paramètres de contrôle pour les traitements sonores.... l'écriture est parfois terriblement lente. C'est pourquoi ils utilisent des dessins qui représentent des objets musicaux complexes. Ces représentations intègrent un nombre important de caractéristiques musicales. En effet, les dessins sont généralement agencés spatialement avec le temps en axe horizontal. L'axe vertical est souvent associé à la hauteur mais peut représenter une multitude de paramètres. De plus, il y a un certains nombre de transformations graphiques

1. Un maquette représente une structure temporelle dans laquelle on vient disposer des événements qui sont des objets OpenMusic sous la forme de temporal boxes.

appliquées aux dessins comme la taille, l'orientation, l'enveloppe qui permettent de représenter efficacement et rapidement des éléments complexes et leurs variations.

2.4.3 Un lien entre dessin et objet musical

L'utilisation des dessins évoquée précédemment met aussi en évidence un lien très intéressant entre les dessins et les éléments représentés. En effet, la représentation d'un résultat musical se confirme après l'écoute de celui-ci. Il y a une évolution conjointe du signifiant et du signifié au fur et à mesure que les deux éléments sont utilisés. Les dessins deviennent plus précis et plus consistants au cours des différentes étapes de la composition et avec l'expérience du compositeur qui se constitue une grammaire personnelle. Dans une certaine mesure, ils permettent d'explorer des idées musicales rapidement en vue de stimuler l'imagination et l'écoute intérieure.

2.5 Implications pour la conception

2.5.1 Approche bottom-up, la construction au cours du temps

Il y a, de manière générale, une approche bottom-up, c'est à dire que la composition part souvent de détails ou d'entités musicales simples pour aboutir ensuite à une généralisation ou à une formalisation de l'ensemble de la pièce. Cela implique un système qui ne nécessite pas de formalisation complète dès le départ mais qui favorise plutôt la construction et l'évolution d'une syntaxe et d'une sémantique de plus en plus complètes.

Il s'agit donc de proposer un système qui permette de construire un langage capable d'évoluer au fil du temps. D'un point de vue technique, la reconnaissance automatique par l'ordinateur d'éléments écrits n'est pas possible sans cadre ni spécifications. De plus, Il n'apparaît pas souhaitable de limiter les possibilités de tracés reconnus ou de fournir un vocabulaire prédéfini de gestes. Ainsi, pour laisser à l'utilisateur la plus grande liberté et permettre une reconnaissance efficace, il faut que l'utilisateur puisse également communiquer de l'information supplémentaire pour favoriser l'interprétation du système. Les moyens d'interactions devront fournir une réponse à ce problème.

2.5.2 Utiliser l'existant et le laisser évoluer

Chaque compositeur a un processus unique de composition avec des stratégies personnelles pour représenter les éléments musicaux. Ils disposent d'outils logiciels souvent adaptés (ou qu'ils adaptent) à leur pratique tels que des environnements OpenMusic ou des instruments Max/Msp. Les éléments écrits et logiciels évoluent au fil du temps pour se raffiner et correspondre de plus en plus à leur besoin. La création de versions différentes d'un même processus est une pratique courante.

Il faut donc intégrer ce besoin d'évolution des éléments au fil du temps. Ceux-ci peuvent changer de sens et de fonction lors d'une composition et d'autant plus entre les différentes compositions. Il y a un processus itératif de raffinement et de modification des outils et modes de représentation qu'il faut soutenir et favoriser.

2.5.3 Explorations sur le papier

Si les compositeurs utilisent les environnements logiciels pour explorer des matériaux sonores, cela provient en partie de la simplicité à générer des formes différentes en utilisant un modèle de calcul musical avec des paramètres différents. En effet, même si l'on peut écrire la forme, quand cela est possible, il faut encore pouvoir écouter le résultat soit en jouant soi-même ou avec un musicien. Comme des explorations sont faites sur le papier, plutôt sur le plan théorique et formel, il me semble très intéressant de permettre une exploration calculatoire sur le papier. Les interactions permises par le stylo Livescribe doivent être utilisées au maximum pour tirer profit de la puissance de calcul du stylo et des représentations sur le papier. Le but est de permettre une réelle interaction avec des matériaux sonores sur le papier.

3 Conception d'une interface

3.1 Objectifs

Je souhaite proposer une interface qui utilise des interactions sur le papier pour soutenir la créativité musicale. Cette interface devra utiliser les possibilités du stylo Livescribe pour fournir des interactions riches et pertinentes. A partir des résultats des entretiens, je m'intéresse à la co-évolution des différentes représentations qui existent sur le papier et sur l'ordinateur. Par co-évolution, j'entends un processus itératif d'évolution des représentations d'un même éléments qui peuvent à la fois s'influencer mais aussi se développer en partie seules.

Je propose de réaliser une interface pour lier les dessins à des éléments OpenMusic. Les propriétés graphiques des dessins seront mappés sur des transformations ou des paramètres sonore. Une reconnaissance des dessins similaires et de leurs transformation permettront de créer rapidement un vocabulaire de dessins facilement utilisable. Je m'intéresse vraiment aux interactions pour la co-existence de ces deux représentations et que chacune puisse améliorer l'autre. L'idée d'utiliser les dessins revient à utiliser la puissance de calcul de l'ordinateur sur le papier tout en conservant une précision de dessin et une efficacité difficile à égaler pour un logiciel.

3.2 Considérations techniques et musicologiques

3.2.1 Considérations techniques

J'ai décidé d'utiliser le stylo Livescribe puisqu'il existe un utilitaire de développement d'applications pour le stylo (Livescribe SDK). Il reste une contrainte technique qui est l'impossibilité pour le moment d'utiliser les données du stylo sur l'ordinateur, celles-ci n'étant disponible qu'en interne. Cependant, l'équipe du support technique annonce très prochainement un utilitaire dédié pour utiliser les données. Pour me familiariser avec cette approche, j'ai réalisé plusieurs petites applications qui intègrent de la reconnaissance de caractères et qui permettent même de jouer des notes MIDI car le stylo intègre un lecteur monophonique. Un exemple qui m'a été proposé par Carlos Agon est donné dans l'annexe C.

J'ai choisi de faire le lien avec des éléments OpenMusic pour plusieurs raisons : ce langage est utilisé par

la plupart des compositeurs que j'ai rencontrés ; il est ouvert aux développements externes et Carlos Agon ainsi que Jean Bresson étaient disposés à m'aider ; *Musink* a également utilisé OpenMusic pour calculer les résultats musicaux, cela me permet d'utiliser des fonctions déjà existantes et de les adapter à mes besoins. Il est apparu alors que l'approche suggérée par Nicolas Mondon de créer des Temporal Boxes au sein d'une maquette serait judicieuse puisque la plupart des objets musicaux d'OpenMusic peuvent être intégrés dans une maquette.

Au niveau de la reconnaissance de gestes, *Musink* fournit de nombreuses pistes qui se sont révélées efficaces d'après les tests menés. Il y a une utilisation conjointe de l'algorithme de Rubine [42] et de celui appelé « one dollar » [59]. Je souhaite également intégrer à la reconnaissance de gestes une reconnaissance des transformations appliquées par rapport à un exemple type. Un moteur de reconnaissance est en cours de développement dans l'équipe et pourrait permettre ce type d'approche. J'envisage également d'utiliser le *gesture follower* [8] de l'IRCAM qui permettrait aussi une reconnaissance en temps réel, ce qui pourrait s'avérer très intéressant. Je n'ai pas poussé les investigations sur la reconnaissance des transformations et des enveloppes car il faut plutôt définir les besoins réels avant de se lancer dans des développements complexes.

3.2.2 Considérations musicologiques

Très peu d'études sont faites sur les esquisses des compositeurs, d'autant moins lorsque ceux-ci sont relativement jeunes. Il existe par contre plusieurs ouvrages et ressources en ligne sur les partitions graphiques mais cela constitue une approche différente qui n'est pas directement liée à mes recherches dans le cadre de ce stage. Le livre « Le sonore et le visuel » [9] donne des exemples de partitions graphiques mais présente des interviews avec des compositeurs qui utilisent la notation graphique comme Xenakis ; Celui-ci explique que « *Il y a certaines structures dans le visuel et dans l'auditif qui sont comparables, des structures mentales.* » J'ai rencontré Nicolas Donin, chercheur musicologue à l'IRCAM dans l'équipe analyse des pratiques musicales qui a travaillé sur paperoles et musiques [28]. Après lui avoir présenté mes idées, il m'a orienté sur le livre « SoundVisions » [52] qui donne quelques exemples d'esquisses de compositeurs et sur la revue *Circuit* avec un numéro dédié : « la fabrique des œuvres » [15]. On y trouve quelques esquisses du compositeur Salvator Sciarrino. Ces esquisses représentent des portées manuscrites qui sont très annotées au-dessus et en-dessous. Les annotations se réfèrent aux notes, cela se rapproche de *Musink*

Même si la littérature ne met pas vraiment en évidence ce genre de pratique, il apparaît d'après les entretiens réalisés, notamment celui de MM qui s'occupe de nombreux compositeurs tous les ans, que plusieurs utilisent des dessins lors du processus de composition. Lui même ainsi que Jean-Luc Hervé utilise ce genre de procédé dont je donne des exemples dans les figures B.6 et B.7 en annexe B. il s'agit donc d'une pratique ancrée dans la composition musicale, ce qui devrait permettre une adaptation relativement aisée pour les compositeurs.

3.3 Conception participative avec MB

Le but de ce second entretien était d'explorer des pistes de conception pour l'interface. J'étais particulièrement intéressé par les différentes phases de son processus de composition et sur le cycle de vie de ses dessins. Je voulais aussi éprouver les choix que j'avais faits en les soumettant à MB.

3.3.1 Méthode

Cet entretien s'est déroulé à l'IRCAM avec MB pour une durée d'environ deux heures. J'avais emporté un stylo Livescribe pour lui ainsi qu'un cahier de feuilles Anoto. Cet entretien a été entièrement filmé avec un cadrage centré sur l'espace d'écriture de MB. L'entretien a commencé par une explication de mes motivations et de mes réflexions. Ensuite, nous sommes passés à un cas concret d'utilisation possible dans la pièce qu'il était actuellement en train de composer. L'ensemble des écrits réalisés avec le stylo ont été enregistrés et sont donnés sur la figure B.8 de l'annexe B.

3.3.2 Résultats

Plusieurs couches d'informations

Lors de l'entretien, MB a commencé par utiliser des dessins pour représenter des éléments musicaux déjà existants de la pièce qu'il était en train de composer. Tout en dessinant les gestes, il a chanté le résultat sonore qu'il entendait. Ensuite, il a rajouté des informations rythmiques et sur la métrique. La figure 3.1 présente ces dessins.

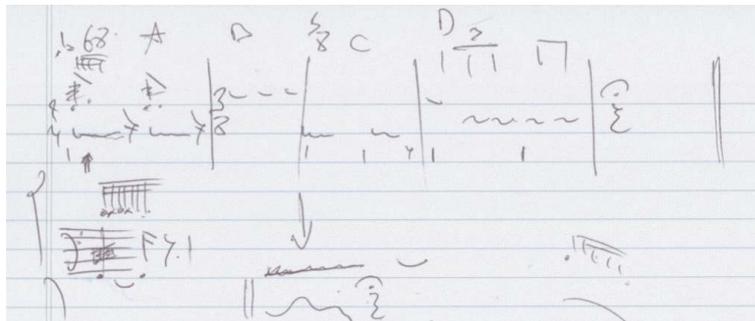


FIGURE 3.1 – Ecrits de MB lors du second entretien

Selon lui, l'utilisation de dessins lui permet « *d'aller à la vitesse de la pensée* ». Une fois qu'il a posé les bases de ses idées, il rajoute des couches d'information pour les préciser. Par exemple, après avoir écrit un profil mélodique, il a ajouté des nuances de jeu. Il explique que les éléments musicaux ainsi créés peuvent être complétés par des indications sur des traitements sonores et des paramètres de spatialisation.

Un peu plus tard dans l'entretien, MB a évoqué la possibilité d'utiliser les dessins sur une portée pour en définir la hauteur. Afin que la hauteur soit bien interprétée, il a proposé d'utiliser les knotty gestures sur le dessin comme une note de musique traditionnelle.

Une analogie forte a été faite avec les opérations de copier coller qu'il utilise habituellement. En effet, avec

l'ordinateur cela lui pose des problèmes pour retrouver l'idée qu'il a eue et de la mettre en place. L'utilisation de dessins serait un moyen adapté, en particulier s'il intégrait la prise en compte directe des variations qui sont souvent associées à des transformations graphiques.

Pas d'interruptions intempestives

Lors de l'entretien, j'ai posé plusieurs questions sur les problèmes et points importants dans l'utilisation du stylo numérique et d'un système de reconnaissance automatique de geste. En effet, comme je l'ai expliqué précédemment, pour que la reconnaissance soit relativement performante et très ouverte, il faut accepter de donner des informations supplémentaires ou bien que le système ne puisse pas tout reconnaître directement. Par exemple, j'avais envisagé que le stylo demande via l'écran lcd d'affecter le dessin à une catégorie existante si la reconnaissance n'est pas possible. Ceci l'a conduit à m'expliquer qu'il serait très gênant d'avoir un feedback de l'interface lors de ses « *improvisations écrites* ». En effet, cette phase ne doit pas être perturbée pour rester efficace. Il y a par contre d'autres moments, plutôt de l'ordre de la réflexion, lors desquels il souhaiterait pouvoir visualiser les résultats et si possible les écouter. Il explique aussi que vérifier la reconnaissance n'est pas quelque chose de dérangeant si cela se fait simplement. Il faudrait plutôt, selon lui, un mode d'édition explicite qui soit commandé par l'utilisateur.

3.3.3 Discussions

L'entretien a permis de confirmer la plupart des propositions de conception que j'avais formulées. Il est apparu assez clairement que lors de son processus, il y a différentes phases. Chacune de ces phases n'intervient pas nécessairement au même moment et peut exister sous des formes assez différentes. Ici encore, un schéma type ne peut être établi, il faut donc garder à l'esprit les besoins de flexibilité et d'adaptabilité qui seront nécessaires à une interface performante.

Il existe une phase d'expression libre, qui conduit à la fixation sur un support des idées en cours. Une phase de réflexion est indissociable de la composition musicale. Il y a une réflexion à partir des informations accessibles que ce soit des notes de musique écrites, un poème, des sons enregistrés... Dans cette phase, la visualisation d'informations et l'écoute sont primordiales. Il y a bien évidemment une phase de correction ou d'édition lors de laquelle il faut supprimer ou remplacer des informations. Enfin, je propose de définir une phase de rajout d'informations par superposition sur une base existante. J'appellerai cette phase la phase de raffinement. Il faut souligner que les compositeurs ont une idée, parfois extrêmement précise de ces raffinements dès lors qu'ils écrivent une des couches de description ou un niveau de considération. Enfin un dernier aspect important est que toutes les informations qu'ils ont en tête ne sont pas toujours présentes sur la partition ni sur les esquisses, en particulier lorsqu'il s'agit de traitements électroniques qui seront effectués en temps réel par le compositeur.

3.3.4 Implications pour la conception

L'interface doit intégrer cette notion de phases pour une utilisation cohérente avec leurs pratiques actuelles. Chacune des phases devra être accessible dans un ordre non-défini, ce qui implique de déterminer des zones dédiées à certaines phases et/ou des techniques d'interaction spécifique. Chaque phase a des contraintes différentes en terme de fonctionnalités et de feedback. La phase d'expression libre doit capturer le plus d'informations possibles, comme le dessin mais aussi ce que le compositeur chante et ne doit pas le distraire. Pour l'édition, il est nécessaire d'avoir accès aux informations saisies et reconnues via l'audio et l'écran lcd. Il faut ensuite pouvoir éditer les informations simplement et efficacement. Les knotty gestures apparaissent très intéressants pour rajouter de l'information sur un dessin existant. De même, l'utilisation d'un repère permettrait d'utiliser les axes comme des lignes d'interactions pour la visualisation d'information et l'édition. Un certain nombre d'étapes vont être nécessaire pour envoyer les informations du papier vers OpenMusic. Un patch dédié à l'affectation des éléments programmé aux dessins ainsi que de définition du mapping des paramètres doit être présent. Un moyen de définition des dessins sur le papier pour les nommer et fournir plusieurs exemples pour la reconnaissance automatique doit être intégrer dans l'interface.

3.4 Prototypage vidéo

Afin de faciliter la phase de conception, le prototypage vidéo est un outil intéressant. Il permet de se mettre en scène dans un cas concret d'utilisation et de pouvoir diffuser simplement auprès des utilisateurs les idées générées. L'utilisation d'un tel support permet aux personnes le visionnant de faire un écho à leur propre pratique. Cela conduit généralement à une stimulation des idées et à la projection dans un contexte d'utilisation.

Avant de se lancer dans le prototypage, il faut réaliser un storyboard complet. Vient ensuite la phase de réalisation qui n'a pas besoin d'être très aboutie du moment que les interactions, les situations et autres informations sont correctement présentées et comprises.

Je vais présenter sous forme d'un storyboard le prototype vidéo¹ qui a été réalisé.

3.4.1 Contexte

Le scénario utilisé est tiré des observations faites lors de mes entretiens et des autres ressources que j'ai trouvées. Une vidéo synthétisant les observations les plus liées à ce scénario est disponible². Il présente une simulation d'une situation d'utilisation réelle. Le storyboard présenté ci-dessous récapitule les points clefs de la vidéo mais je conseille au lecteur de la visionner pour plus de détails.

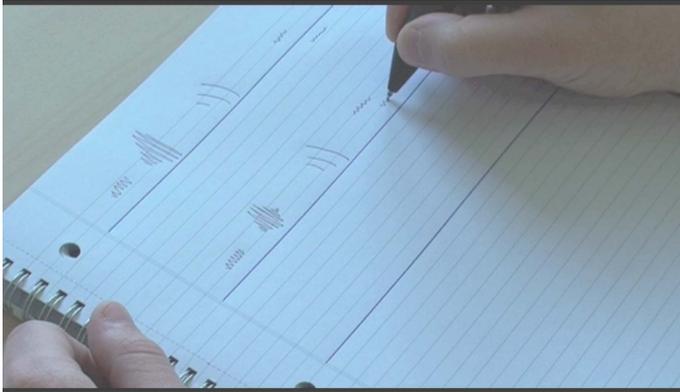
Histoire David Inker, un compositeur habitué à utiliser OpenMusic, dispose de deux semaines pour composer une pièce pour piano, trombone et électronique. Il utilise un stylo Livescribe, un cahier spécial, OpenMusic et un logiciel dédié à la communication entre OpenMusic et le stylo.

1. <http://vimeo.com/12792641>

2. <http://vimeo.com/12792110>

3.4.2 Story board

1 Expression Libre

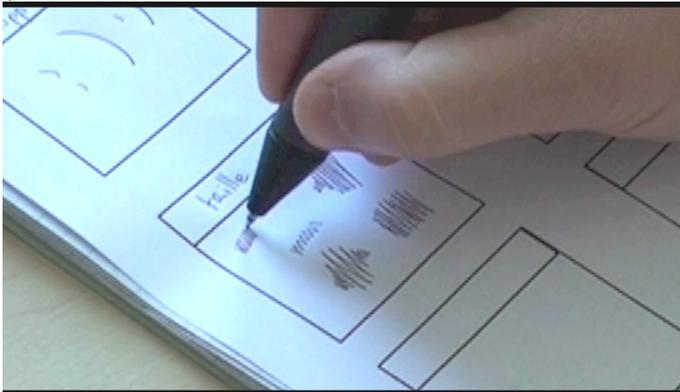


David dessine sur une page et chante en même temps. La ligne horizontale représente le temps comme dans une maquette. L'axe vertical représente une graduation non-définie qui peut être utilisée par la suite.

2 Écoute

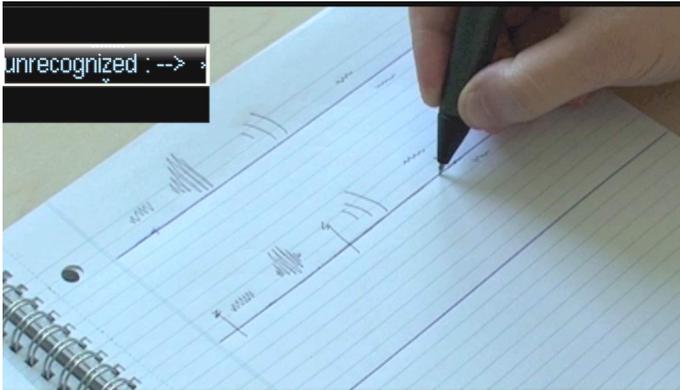
En posant la pointe du stylo sur un dessin, le fichier enregistré lors de l'écriture est diffusé par le stylo.

3 Définition



Il utilise la page de définition pour donner plusieurs exemples d'un dessin et le nommer. Cela va permettre une reconnaissance automatique des prochaines occurrences de ce dessin et l'affectation du nom dans un menu .

4 Edition



En posant la pointe du stylo sur un dessin, David obtient son nom en plus du son. Il place le stylo sur la ligne, l'écran affiche alors la direction d'un dessin qui n'est pas reconnu. En arrivant à l'endroit indiqué, David définit le dessin en faisant des petits cercles pour parcourir un menu contenant les noms des dessins définis.

Une autre solution proposée qui n'est pour l'instant pas réalisable techniquement est de disposer d'une lentille d'édition. La lentille consiste à superposer une feuille transparente au-dessus du dessin non reconnu pour activer le menu d'édition. Ensuite, en faisant défiler la pointe du stylo de bas en haut ou inversement, il est possible de naviguer dans les éléments du menu.

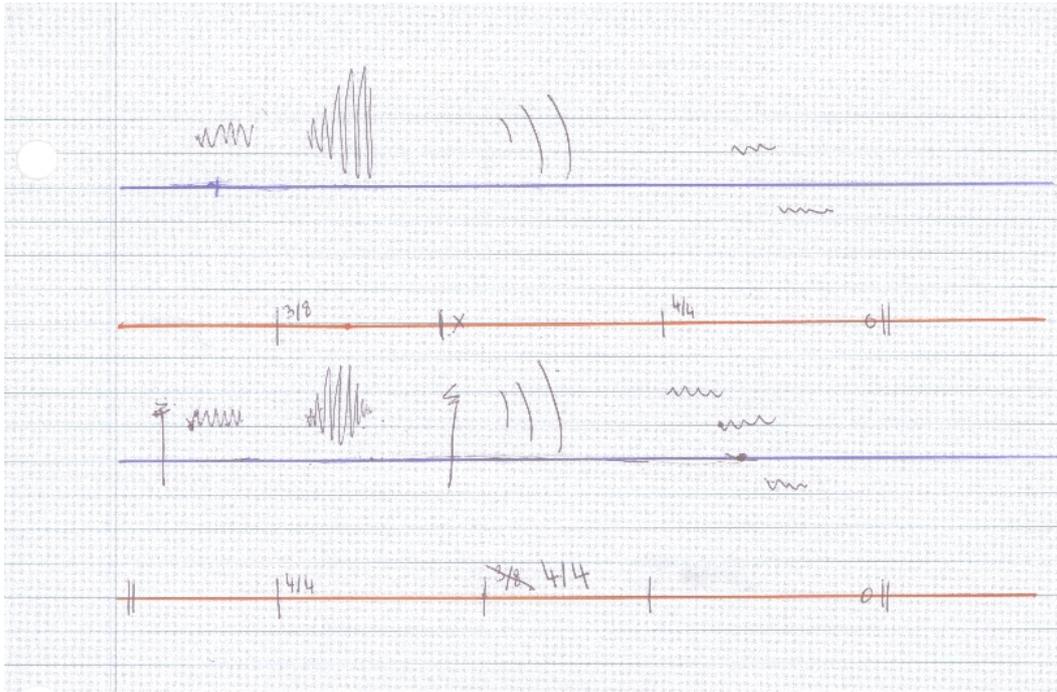


FIGURE 3.2 – Ensemble de la réalisation de David Inker sur le papier.

3.4.3 Discussions

Le prototype vidéo permet de se projeter dans une situation et un contexte d'utilisation. Cela permet de discuter de la solution proposée et de formuler des alternatives de conception.

Une solution pertinente

Si l'on se réfère aux considérations pour la conception qui ont été formulées, l'interface proposée semble être une réponse. Les différentes phases évoquées sont présentes et peuvent être effectuées dans un ordre libre. L'utilisation de zones actives comme les lignes d'interactions et les dessins déjà écrits permettent à l'utilisateur de spécifier dans quelle phase il se situe. C'est ce point qui est très important puisque l'interface attend de l'utilisateur qu'il lui indique ses souhaits en agissant. Ceci, est à mon sens, un bon moyen de ne pas perturber les compositeurs et de leurs permettre d'appréhender plus simplement l'interface. Il est également possible pour l'utilisateur de définir sa propre grammaire de dessins et des objets qui leurs sont associés. Chacun des éléments peut évoluer itérativement au fur et à mesure que la composition avance. L'interface proposée va permettre d'étudier plus en détails les relations qu'entretiennent les différentes représentations d'un éléments musical.

Des techniques d'interactions

Dans ce storyboard du prototype vidéo, il apparaît plusieurs techniques d'interactions qui sont différentes en fonction des phases qui ont été proposées. On trouve des déclenchements de fonctions selon les différentes

zones du papier. On peut considérer qu'il s'agit de boutons papier. En effet, une fois qu'un dessin est tracé, le son émis pendant l'enregistrement et le nom lui sont associés. Un appui sur le bouton ainsi défini par le dessin permet l'accessibilité aux données. Le même principe est étendu aux lignes d'interaction qui déclenchent des fonctions lorsque le stylo est dessus. Les knotty gestures sont également utilisés pour rajouter des informations sur un tracé déjà existant et naviguer dans des menus sans laisser de traces trop visibles ni devoir déplacer le stylo sur des boutons papier dédiés. Enfin, une technique utilisant un objet tangible externe est proposée avec l'utilisation de la lentille d'édition. Il s'agit ici d'intercaler une surface transparente pour pouvoir utiliser les fonctionnalités du stylo sans rajouter de traces d'encre.

Limitations et alternatives

Les knotty gestures peuvent dénaturer certains dessins ce qui peut être nuisible à une bonne visualisation. Si cela ne semble pas gênant sur une ligne d'interactions, cela peut devenir beaucoup plus problématique pour des dessins petits. Une étude devra être menée pour estimer cette gêne et proposer des alternatives. La lentille d'édition pourrait être utilisée dans ce cas mais cela n'est pas réalisable techniquement. Une autre solution fastidieuse pourrait être d'utiliser une mine dédiée à l'interaction, c'est à dire qui n'écrit pas. Celle-ci existe mais le changement de mine n'est pas très pratique.

Si une grande quantité de dessins est définie, le parcours dans les menus peut devenir très complexe. Une solution pourrait être de faire des menus hiérarchiques organisés en catégories définies par l'utilisateur. Cela rajouterait tout de même des informations à spécifier en plus lors de la définition ou après coup.

A un tout autre niveau, le format de la page utilisé avec des lignes d'interactions placées arbitrairement ne conviendra probablement pas aux compositeurs. Il faut, dans la mesure de ce qui sera possible, fournir un outil permettant aux compositeurs de créer leurs supports pour une expressivité accrue. Les outils qui vont être mis à disposition par Livescribe devraient permettre de répondre à cette problématique au point de vue des développements et la forme sera étudiée en collaboration avec des compositeurs.

4 Évaluations et perspectives

4.1 Évaluations

Mon but est, dans l'attente des technologies nécessaires aux développements, d'évaluer les solutions proposées et d'améliorer la conception. Toutes les évaluations seront participatives ou très ouvertes aux propositions des utilisateurs, on peut les qualifier d'évaluations exploratoires. L'objectif est clairement d'utiliser tous les résultats pour améliorer la conception et proposer des outils adaptés. Dans un premier temps, il s'agit de répondre aux points qui restent vagues et de trouver d'autres interactions. Dans un second temps, il faudra développer une interface complète ou des outils à tester auprès des utilisateurs.

4.1.1 Technology probes, concept

L'approche usuelle de la conception participative en interaction Homme-Machine est généralement basée sur le principe suivant : un entretien est réalisé, un prototype logiciel ou matériel est créé puis testé auprès des utilisateurs pour l'évaluer. Cependant cette méthode, bien que centrée sur les utilisateurs, ne permet pas toujours de tirer pleinement parti des idées que ceux-ci peuvent générer tout au long du processus de conception. Ainsi, les technology probes [22] proposent quelques solutions et des pistes de réflexion.

Cette méthode interdisciplinaire a trois objectifs : comprendre les besoins et les désirs des utilisateurs en conditions réelles ; réaliser des tests avec les utilisateurs et enfin, inspirer les utilisateurs et les chercheurs dans la conception de nouvelles technologies.

Pour réussir ce challenge, la méthode utilisée est la suivante. Introduire dans un contexte d'utilisation un prototype très simple mais fonctionnel adapté à une utilisation. Le prototype devra être utilisé pendant une certaine période de temps et des entretiens seront réalisés pour comprendre le ressenti des utilisateurs, et leurs idées concernant la conception. Des données doivent être recueillies par le prototype pour les confronter aux impressions des utilisateurs.

Les trois technology probes que je souhaite mettre en place ont les caractéristiques suivantes en commun : **Participants** Au moins deux compositeurs qui connaissent mes recherches. Les compositeurs que j'ai rencontrés sont pour l'instant intéressés par la poursuite de mes recherches et souhaitent s'impliquer.

Durée L'étude devrait durer au moins trois semaines pour que l'utilisation se fasse dans la durée. Cependant, si les rencontres sont assez fréquentes la durée peut être réduite.

Tâche Les compositeurs devront travailler le plus "normalement" possible mais en utilisant le stylo

Livescribe ainsi qu'un cahier Anoto.

Données Chaque tracé et enregistrement associé seront enregistrés dans la mémoire du stylo. Des entretiens seront réalisés le plus souvent possible (tous les deux jours environ) pour recueillir les impressions des compositeurs et leurs suggestions. Lors des entretiens, des données récupérées sur le stylo devraient être utilisées pour la discussion. Il sera également suggéré que les compositeurs prennent des notes au cours de leur utilisation.

4.1.2 Technology probes proposées

Liens entre dessins et sons

L'objectif est de mieux comprendre le rôle que peut avoir l'enregistrement d'un son en dessinant. Comment sont utilisés les enregistrements et apportent-ils quelque chose au compositeur ? Ceci devrait permettre de mieux comprendre les dessins utilisés en terme de types et en terme d'occurrence temporelle. L'étude du rapport que peuvent entretenir les compositeurs avec un stylo numérique et un cahier spécial est aussi un des objectifs.

Une application sera installée sur le stylo pour permettre à l'utilisateur d'enregistrer les sons émis lors de l'écriture. Ces enregistrements pourront être réécoutés en posant la pointe du stylo sur les tracés. Il sera demandé aux compositeurs de travailler avec cette application activée.

Liens entre dessins et éléments OpenMusic

Dans ce cas, les objectifs sont de comprendre à quels moments les compositeurs procèdent aux liens entre les représentations papier et numérique ; Comment ces liens sont-ils perçus par les compositeurs et l'interface graphique proposée est-elle performante ? Il devrait en ressortir des caractéristiques graphiques des dessins que les compositeurs souhaiteraient lier à des propriétés musicales. De plus, cela questionnera le support utilisé sur le papier.

Une application installée dans le stylo capturera les dessins des compositeurs. Un patch OpenMusic permettra de lier des objets déjà existants ou à créer avec les dessins. Enfin, un logiciel doté d'une interface graphique permettra d'envoyer les informations du stylo vers OpenMusic, ce qui créera la maquette résultat.

En plus des tracés, les patches et maquettes créés seront récupérés lors de chaque rencontre afin de voir les évolutions.

Rajouter des informations avec les knotty gestures

Cette technology probe cherche à explorer la perception des knotty gestures comme moyen d'ajout d'information. Est-ce que cette technique est facilement utilisable, les points rajoutés dénaturent-ils l'existant ou

est-ce qu'ils se contentent de le raffiner ? Je recherche aussi quel type d'information pourrait être ajouté.

Pour celui-ci, il faut que les compositeurs aient participé au précédent. Sur cette base, ils devront utiliser les knotty gestures sur les tracés pour une simple action. Je pense actuellement à la classification des dessins via un menu déclenché par les knotty gestures ou à définir la hauteur souhaitée pour le dessin.

Point sur l'avancement

Ces technology probes sont relativement simples et l'implémentation de certaines parties est déjà réalisée, il ne reste pour la plupart qu'à mettre en œuvre les méthodes de sauvegarde des informations (les logs) en ce qui concerne les développements. La disponibilité de l'utilitaire de récupération des données stockées sur le stylo est aussi une étape manquante pour le moment. Plusieurs questions sont encore à l'étude avant la mise en place des prototypes. Tout d'abord, dans quel ordre les fournir ? Il me semble que compte tenu du nombre de participants que je peut espérer, il est raisonnable de penser qu'aucun résultat statistique ne pourra être dégagé. Ainsi, utiliser des ordres différents aurait plus de sens pour des expériences contrôlées. Il me faut aussi définir dans quelle mesure les technology probes vont être utilisées par les compositeurs et comment les rencontrer sans leur prendre trop de temps. Une distinction sera à faire s'ils utilisent les prototypes ou s'ils les testent. J'envisage pour le moment des rencontres fréquentes mais il est peut être plus raisonnable de planifier une rencontre par semaine. Une solution pourrait être de récupérer via un site web les données des stylos dès qu'ils les utilisent. Cela me permettrait de suivre en détail leurs utilisations. Ces informations seraient précieuses pour tirer les meilleurs parti des rencontres qui suivront aux utilisations ou à l'arrêt d'utilisation.

4.1.3 Conception participative et évaluation exploratoire

Si les technology probes donnent des résultats encourageants, les nouvelles pistes de conception seront intégrées dans une interface complète ou sous forme d'outils. Une phase de conception participative sous forme de workshop et une évaluation insitu constitueraient des étapes très intéressantes.

Workshop Le but est de présenter l'interface ou les outils développés aux compositeurs pour d'améliorer la conception globale et trouver d'autres directions à explorer. Idéalement, se serait un workshop d'une demi-journée avec un groupe de 5 ou 6 personnes qui pourraient utiliser l'interface en étant guidées.

Participants Des compositeurs qui utilisent au moins OpenMusic pour composer. Il serait intéressant d'avoir deux groupes d'utilisateurs, ceux qui utilisent des dessins sur le papier et ceux qui n'en utilise pas.

Tâche Les compositeurs devront utiliser l'interface et essayer de relier cette nouvelle pratique avec des travaux déjà réalisés, en cours ou futurs. Une table ronde sera organisée à la fin pour confronter les points de vues et générer des directions futures pour la conception. Les pistes d'utilisations réelles seraient débattues et certains compositeurs devraient être intéressés pour une autre étude en situation réelle de composition.

Étude insitu Il s'agit dans ce cas de procéder à une évaluation en conditions réelles et comme toujours trouver des idées pour améliorer la conception.

Le ou les compositeurs devront utiliser l'interface pour composer une petite pièce avec OpenMusic. Il pourrait être très intéressant de profiter des étudiants du cursus de composition pour réaliser ceci car ils doivent, dans le cadre de leur formation, réaliser des pièces courtes.

Il est évident que l'interface ou les outils proposés ainsi que les études prévues vont être modifiées à chaque itération du processus de conception. De même, des entretiens supplémentaires pourront être réalisés s'il reste des indéterminations sur certains aspects.

4.2 Perspectives

Les travaux que j'ai présentés dans ce rapport ne sont pas achevés pour l'instant et il me reste encore un mois de travail pour avancer le plus possible dans la conception d'une interface performante, innovante et surtout, qui soutienne la créativité des compositeurs. Un certain nombre de perspectives se dégagent pour le reste de mon stage mais aussi pour des étapes futures et d'autres recherches liées à mener.

4.2.1 A court terme

Afin de mener à bien mon sujet de stage, je vais finir de développer les différentes technologies présentées dans ce rapport et commencer à les mettre en place. Il devrait être possible d'obtenir des résultats avant la fin du stage au moins pour les deux premiers et de préparer le terrain pour le troisième en fonction des résultats obtenus.

L'étude des technologies disponibles pour la reconnaissance de geste et la proposition d'une méthode sera formulée et devrait être implémentée. Il s'agit d'un point crucial pour l'expressivité. Si la mise en œuvre d'une solution efficace ne peut être trouvée, il faudra trouver une stratégie d'interaction pour pallier à ce manque ou permettre à l'utilisateur de donner l'information différemment.

La rédaction d'un article pour la conférence CHI¹ dont les soumissions sont prévues pour fin septembre 2010 va débiter. La rédaction de ce rapport étant d'ailleurs une étape importante pour cet objectif.

4.2.2 A long terme

Un grand nombre de perspectives sont envisageables pour ces recherches.

1. Computer Human Interface

Tout d'abord, la réalisation de l'interface et la conduite d'évaluations si l'approche proposée apparaît toujours pertinente. Un travail intéressant pourrait être établi dans la durée avec les compositeurs du cursus. En effet, ces compositeurs qui approchent les techniques de composition assistée par ordinateur ont toujours un nombre incroyable d'idées pour améliorer leur pratique. Des études longues qui impliqueraient ces compositeurs dans leurs étapes d'apprentissage et de réalisation seraient, j'en suis convaincu, très enrichissantes et suggèreraient de nombreuses pistes à explorer.

Ensuite, d'autres approches peuvent être envisagée pour d'autres besoins. Je pense notamment à tout ce qui concerne les aspects pédagogiques. En effet, le papier augmenté permettrait des dispositifs collaboratifs comme un tableau de cours actualisé à partir des pages de chacun. Ainsi, lors d'une séance d'analyse, il serait simple de confronter les résultats de chacun pour en discuter. Il serait également possible de sélectionner des zones d'une partition avec le stylo pour qu'elles soient traitées par des applications comme Musique Lab². Il me semblerait également judicieux d'investiguer les possibilités pour la conduite de spectacles vivants dans la lignée de la plateforme Virage³ qui fournit des outils pour synchroniser et déclencher des événements lors de spectacles. L'utilisation du papier augmenté pour les partitions interactives comme celles proposées par le projet interlude⁴ constitue également une piste prometteuse.

Enfin, il serait intéressant d'utiliser les techniques d'interaction proposées et certaines considérations de conception à d'autres activités créatives ou d'autres utilisateurs qui collaborent avec l'équipe InSitu comme les biologistes de l'institut Pasteur. L'utilisation conjointe du papier augmenté avec d'autres supports comme les dispositifs mobiles (PDA, smartphone) ou les tables tactiles pourrait élargir les possibilités d'interactions de ces systèmes et fournir un moyen simple de fixer un état intéressant grâce au papier.

2. <http://forumnet.ircam.fr/forum-pedagogie.html>

3. <http://www.plateforme-virage.org/>

4. <http://interlude.ircam.fr/>

Conclusion

Le travail présenté dans ce rapport a donné des pistes pour l'interaction avec le papier augmenté dans le cadre de la création musicale assistée par ordinateur. L'approche participative a permis de définir un contexte à partir duquel les possibilités ont émergé grâce à des méthodes d'analyses et de conception adaptées. J'ai choisi d'étudier les relations entre les représentations sur différents supports d'objets musicaux. Ceci en se focalisant sur les interactions possibles sur le papier afin d'utiliser au mieux les spécificités du papier et des stylos numériques. La conception d'une interface sous forme de prototype vidéo intègre l'ensemble des considérations de conception déduites des rencontres. Des propositions ont été formulées sur d'autres méthodes de conception et des évaluations exploratoires pour mieux comprendre les phénomènes en présence et continuer la réflexion.

Les rencontres avec les compositeurs sont très stimulantes et enrichissantes. Ceux-ci ont accepté de parler avec moi des toutes premières étapes de leurs processus de composition ce qui n'est pas très fréquent. De plus, leur intérêt pour mes travaux m'encourage dans mes recherches. Le master ATIAM m'a fourni une culture musicale contemporaine précieuse pour tirer le maximum des entretiens.

Je suis naturellement impatient de pouvoir tester mon système avec les compositeurs pour parvenir à une solution réellement innovante qui ouvre de nouvelles perspectives pour la composition, mais aussi pour les activités créatives et le papier augmenté.

Bibliographie

- [1] Steven Abrams, Ralph Bellofatto, Robert Fuhrer, Daniel Oppenheim, James Wright, Richard Boulanger, Neil Leonard, David Mash, Michael Rendish, and Joe Smith. Qsketcher : an environment for composing music for film. In *C&C '02 : Proceedings of the 4th conference on Creativity & cognition*, pages 157–164, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [2] Carlos Augusto Agon. *OpenMusic : Un langage visuel pour la composition musicale assistée par ordinateur*. PhD thesis, Université Paris 6, 1998.
- [3] Toshifumi Arai, Dietmar Aust, and Scott E. Hudson. Paperlink : a technique for hyperlinking from real paper to electronic content. In *CHI '97 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 327–334, New York, NY, USA, 1997. ACM.
- [4] Toshifumi Arai, Kimiyoshi Machii, Soshiro Kuzunuki, and Hiroshi Shojima. Interactivedesk : a computer-augmented desk which responds to operations on real objects. In *CHI '95 : Conference companion on Human factors in computing systems*, pages 141–142, New York, NY, USA, 1995. ACM.
- [5] Olivier Bau and Wendy E. Mackay. Octopocus : a dynamic guide for learning gesture-based command sets. In *UIST '08 : Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 37–46, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [6] Michel Beaudouin-Lafon. Instrumental interaction : an interaction model for designing post-wimp user interfaces. In *CHI '00 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 446–453, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [7] Steve Benford, Holger Schnädelbach, Boriana Koleva, Rob Anastasi, Chris Greenhalgh, Tom Rodden, Jonathan Green, Ahmed Ghali, Tony Pridmore, Bill Gaver, Andy Boucher, Brendan Walker, Sarah Pennington, Albrecht Schmidt, Hans Gellersen, and Anthony Steed. Expected, sensed, and desired : A framework for designing sensing-based interaction. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 12(1) :3–30, 2005.
- [8] Zamborlin B. Sypniewski A. Schnell N. Guédy F. Rasamimanana N. Bevilacqua, F. Continuous realtime gesture following and recognition. In *LNAI*, volume 5934, pages 73–84, 2010.
- [9] Jean-Yves Bosseur. *Le sonore et le visuel, intersections musique-arts plastiques aujourd'hui*. 1993.
- [10] J. Bresson C. Agon, G. Assayag. *THE OM COMPOSER'S BOOK - Vol. 1*. Collection Musique/Sciences, 2006.
- [11] Jean-Marc Chouvel. Analyser l'harmonie – aux frontières de la tonalité.
- [12] Pascal Costa-Cunha and Wendy Mackay. Augmented paper and anoto stylus. In *IHM 2003 : Proceedings of the 15th French-speaking conference on human-computer interaction on 15eme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, pages 232–235, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [13] Tim Coughlan and Peter Johnson. Interaction in creative tasks. In *CHI '06 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pages 531–540, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [14] Csíkszentmihályi. *M. Flow : the psychology of optimal experience*. Harper and Row, New York, 1990.
- [15] Nicolas Donin et Jacques Theureau. La fabrique des œuvres. *Circuit*, 18(1), 2008.

- [16] K. P. Fishkin. A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal Ubiquitous Comput.*, 8(5) :347–358, 2004.
- [17] Read Gardener. *Music Notation, a Manual of Modern Practice*. 1982.
- [18] James Gibson. The ecological approach to visual perception. *Houghton Mifflin*, 1979.
- [19] Jeremy M. Heiner, Scott E. Hudson, and Kenichiro Tanaka. Linking and messaging from real paper in the paper pda. In *UIST '99 : Proceedings of the 12th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 179–186, New York, NY, USA, 1999. ACM.
- [20] Ken Hinckley, Patrick Baudisch, Gonzalo Ramos, and Francois Guimbretiere. Design and analysis of delimiters for selection-action pen gesture phrases in scriboli. In *CHI '05 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 451–460, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [21] Eva Hornecker and Jacob Buur. Getting a grip on tangible interaction : a framework on physical space and social interaction. In *CHI '06 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pages 437–446, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [22] Hilary Hutchinson, Wendy Mackay, Bo Westerlund, Benjamin B. Bederson, Allison Druin, Catherine Plaisant, Michel Beaudouin-Lafon, Stéphane Conversy, Helen Evans, Heiko Hansen, Nicolas Roussel, and Björn Eiderbäck. Technology probes : inspiring design for and with families. In *CHI '03 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 17–24, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [23] G. Assayag J. Bresson, C. Agon. *THE OM COMPOSER'S BOOK - Vol. 2*. Collection Musique/Sciences, 2008.
- [24] Anselm C. Strauss Juliet Corbin. *Basics of Qualitative Research : Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. Sage Publications, 2008.
- [25] Gordon Kurtenbach and William Buxton. The limits of expert performance using hierarchic marking menus. In *CHI '93 : Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 conference on Human factors in computing systems*, pages 482–487, New York, NY, USA, 1993. ACM.
- [26] Eric Lecolinet, Claudie Faure, Isabelle Demeure, Jean-Claude Moissinac, and Stuart Pook. Augmentation de cours et de réunions dans un campus. In *UbiMob '05 : Proceedings of the 2nd French-speaking conference on Mobility and ubiquity computing*, pages 161–168, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [27] Catherine Letondal and Wendy E. Mackay. L'écriture augmentée : enregistrer des explorations interactives avec une feuille de données scientifiques. In *IHM '09 : Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, pages 363–366, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [28] Catherine Letondal, Wendy E. Mackay, and Nicolas Donin. Paperoles et musique. In *IHM '07 : Proceedings of the 19th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, pages 167–174, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [29] F. Levy. Le signe prêtant à interprétation, la crise de la graphémologie traditionnelle dans les musiques d'aujourd'hui. *Musimédiane, revue audiovisuelle et multimédia d'analyse musicale*, 2, Octobre 2006.
- [30] Chunyuan Liao, François Guimbretière, and Ken Hinckley. Papiercraft : a command system for interactive paper. In *UIST '05 : Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 241–244, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [31] Chunyuan Liao, François Guimbretière, and Corinna E. Loeckenhoff. Pen-top feedback for paper-based interfaces. In *UIST '06 : Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 201–210, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [32] Qiong Liu, Chunyuan Liao, Lynn Wilcox, Anthony Dunnigan, and Bee Liew. Embedded media markers : marks on paper that signify associated media, 2010.

- [33] W. Mackay and D. Pagani. Video mosaic : laying out time in a physical space. In *MULTIMEDIA '94 : Proceedings of the second ACM international conference on Multimedia*, pages 165–172, New York, NY, USA, 1994. ACM.
- [34] W. E. Mackay and Anne-Laure Fayard. Designing interactive paper : lessons from three augmented reality projects. In *IWAR '98 : Proceedings of the international workshop on Augmented reality : placing artificial objects in real scenes*, pages 81–90, Natick, MA, USA, 1999. A. K. Peters, Ltd.
- [35] Wendy Mackay, Gilles Velay, Kathy Carter, Chaoying Ma, and Daniele Pagani. Augmenting reality : adding computational dimensions to paper. *Commun. ACM*, 36(7) :96–97, 1993.
- [36] Wendy E. Mackay. Augmented reality : linking real and virtual worlds : a new paradigm for interacting with computers. In *AVI '98 : Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pages 13–21, New York, NY, USA, 1998. ACM.
- [37] Wendy E. Mackay, Anne-Laure Fayard, Laurent Frobert, and Lionel Médini. Reinventing the familiar : exploring an augmented reality design space for air traffic control. In *CHI '98 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 558–565, New York, NY, USA, 1998. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- [38] Wendy E. Mackay, Guillaume Pothier, Catherine Letondal, Kaare Bøegh, and Hans Erik Sørensen. The missing link : augmenting biology laboratory notebooks. In *UIST '02 : Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 41–50, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [39] Sylvain Malacria and Eric Lecolinet. Espace de caractérisation du stylo numérique. In *IHM '08 : Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, pages 177–184, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [40] Sylvain Malacria and Eric Lecolinet. U-note : classe augmentée et stylo numérique. In *IHM '09 : Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, pages 255–258, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [41] Jennifer Mankoff, Scott E. Hudson, and Gregory D. Abowd. Interaction techniques for ambiguity resolution in recognition-based interfaces. In *UIST '00 : Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 11–20, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [42] Dean Rubine. Specifying gestures by example. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 25(4) :329–337, 1991.
- [43] Abigail J. Sellen and Richard H.R. Harper. *The Myth of the Paperless Office*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2003.
- [44] Ben Shneiderman. Creating creativity : user interfaces for supporting innovation. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 7(1) :114–138, 2000.
- [45] Hyunyoung Song, Tovi Grossman, George Fitzmaurice, François Guimbretiere, Azam Khan, Ramtin Attar, and Gordon Kurtenbach. Penlight : combining a mobile projector and a digital pen for dynamic visual overlay. In *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pages 143–152, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [46] Hyunyoung Song, François Guimbretière, Chang Hu, and Hod Lipson. Modelcraft : capturing freehand annotations and edits on physical 3d models. In *UIST '06 : Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 13–22, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [47] Hyunyoung Song, Francois Guimbretiere, Tovi Grossman, and George Fitzmaurice. Mouselight : bi-manual interactions on digital paper using a pen and a spatially-aware mobile projector. In *CHI '10 : Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, pages 2451–2460, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [48] Jürgen Steimle. Designing pen-and-paper user interfaces for interaction with documents. In *TEI '09 : Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, pages 197–204, New York, NY, USA, 2009. ACM.

- [49] Jürgen Steimle, Oliver Brdiczka, and Max Mühlhäuser. Coscribe : Using paper for collaborative annotations in lectures. In *ICALT '08 : Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 306–310, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.
- [50] Lisa Stifelman, Barry Arons, and Chris Schmandt. The audio notebook : paper and pen interaction with structured speech. In *CHI '01 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 182–189, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- [51] Marco Stroppa. Un orchestre synthétique : remarques sur une notation personnelle. *Le Timbre Métaphore pour la Composition*, 1991.
- [52] Gerhard Stäbler Torsten Möller, Kunsu Shim. *Sound Visions*. Pfau Verlag, 2005.
- [53] Theophanis Tsandilas, Catherine Letondal, and Wendy E. Mackay. Musink : composing music through augmented drawing. In *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pages 819–828, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [54] Theophanis Tsandilas and Wendy E. Mackay. Knotty gestures : Subtle traces to support interactive use of paper. In *ACM AVI 2010 Advanced Visual Interfaces*, page fefe, dededed, 2010. Adede.
- [55] F Vinet, H et Delalande. *Interfaces homme-machine et création musicale*. Hermes Sciences Public, 1999.
- [56] Paul Wais, Aaron Wolin, and Christine Alvarado. Designing a sketch recognition front-end : user perception of interface elements. In *SBIM '07 : Proceedings of the 4th Eurographics workshop on Sketch-based interfaces and modeling*, pages 99–106, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [57] Nadir Weibel, Beat Signer, Patrick Ponti, and Moira C. Norrie. Paperproof : A paper-digital proof-editing system. London, UK, 2007.
- [58] Pierre Wellner. Interacting with paper on the digitaldesk. *Commun. ACM*, 36(7) :87–96, 1993.
- [59] Jacob O. Wobbrock, Andrew D. Wilson, and Yang Li. Gestures without libraries, toolkits or training : a \$1 recognizer for user interface prototypes. In *UIST '07 : Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 159–168, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [60] Matthew Wright and Adrian Freed. Open sound control : A new protocol for communicating with sound synthesizers. In *International Computer Music Conference*, pages 101–104, Thessaloniki, Hellas, 1997. International Computer Music Association.
- [61] Ron B. Yeh, Andreas Paepcke, and Scott R. Klemmer. Iterative design and evaluation of an event architecture for pen-and-paper interfaces. In *UIST '08 : Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 111–120, New York, NY, USA, 2008. ACM.

A Les technologies disponibles : convergences vers Anoto et stylo Livescribe

Technologies pour le papier augmenté

Afin de réaliser un dispositif de réalité augmentée, il faut faire un pont entre l'interface physique et tangible, papier et stylo, et l'ordinateur et/ou une unité de calcul. Différentes technologies sont disponibles :

- Caméra qui filme l'utilisateur ;
- Feuille de papier posée sur une tablette graphique ;
- Détection de la position du stylo avec la triangulation d'ondes acoustiques¹.
- Utilisation de papier micro-tramé et stylo équipé d'une caméra avec la technologie Anoto².

C'est cette dernière technologie qui rencontre le plus de succès et qui est majoritairement utilisée. En effet, l'utilisation d'une tablette graphique et/ou d'une caméra implique un dispositif encombrant nécessitant souvent un ordinateur lors de l'utilisation. Cette approche est celle utilisée par DigitalDesk [58]. La technologie par triangulation d'onde acoustique est pratique puisqu'on peut l'utiliser librement sur n'importe quel support. Cependant, les données fournies sont dépendantes de la position de fixation du récepteur ce qui cause des imprécisions et des erreurs lors de la réutilisation d'une même page.

Anoto

Le schéma présenté sur la figure A.1, présente le principe de la technologie Anoto. Il s'agit, à partir du papier tramé, de détecter les mouvements du stylo sur le papier via une caméra intégrée. Ceci autorise la reconnaissance de la position sur la page mais également la reconnaissance de la page elle-même.

Malgré le besoin d'utiliser du papier pré-imprimé, la technologie Anoto offre plusieurs avantages. Tout d'abord, la localisation du stylo sur la page est quasi-absolue puisque, en plus du tracé, il est possible d'identifier la page physique correspondante. Ceci permet une correspondance bi-univoque entre les mondes physique et numérique.

1. <http://www.epsos-ps.com>
2. <http://www.anoto.com>

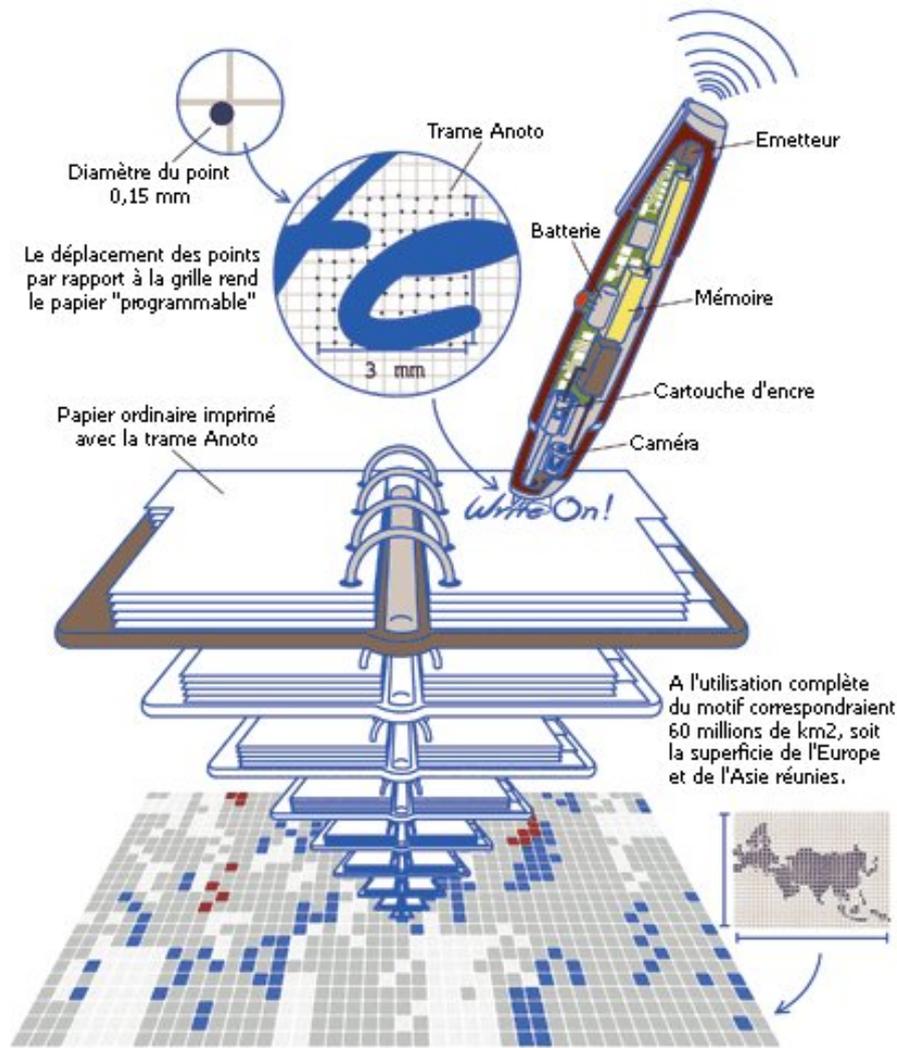


FIGURE A.1 – Schéma du principe de fonctionnement de la technologie Anoto

Smartpen Livescribe

Le stylo Livescribe³, permet à l'utilisateur de disposer en plus de différents dispositifs permettant l'interaction avec l'utilisateur. Il dispose d'un écran LCD, d'un haut parleur et d'un microphone intégré.

Il est livré avec des applications permettant de lier du contenu audio enregistré au texte écrit lors de l'enregistrement. La société propose également différentes plateformes pour développer des applications intégrées au stylo (Livescribe SDK) et d'autres pour développer des logiciels d'utilisation des données récupérées (Desktop SDK). Ce stylo est programmable en JAVA et un exemple est donné dans l'annexe C.

3. <http://www.livescribe.com>



FIGURE A.2 – Stylo Livescribe, fonctionnalités

B Les entretiens en images

Cette annexe présente des documents et des images obtenues lors des entretiens avec les compositeurs.

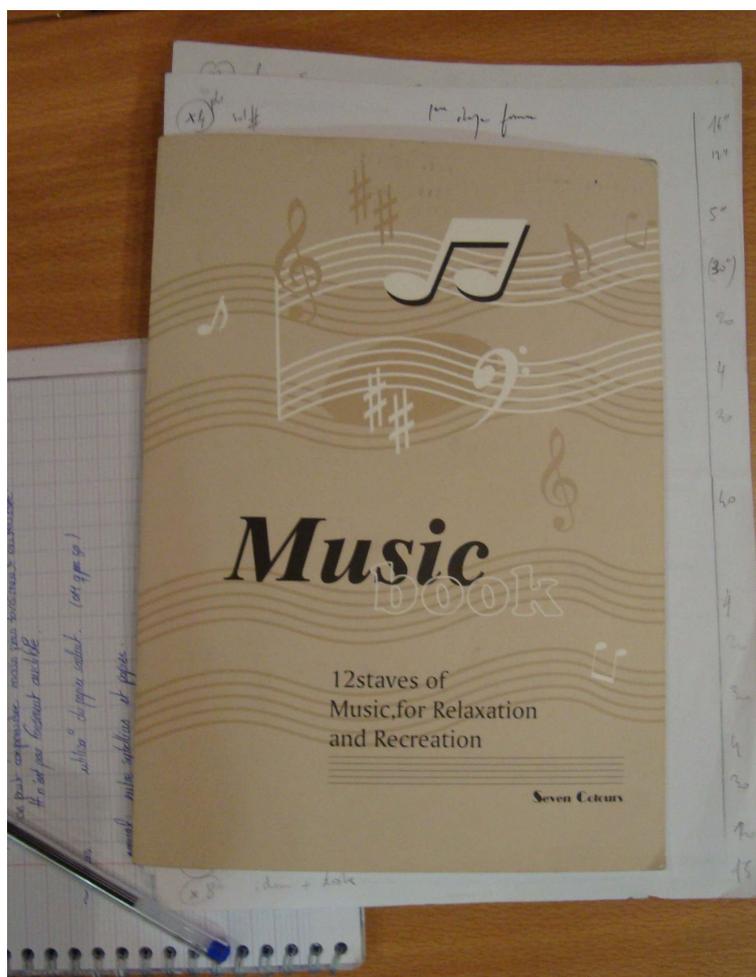
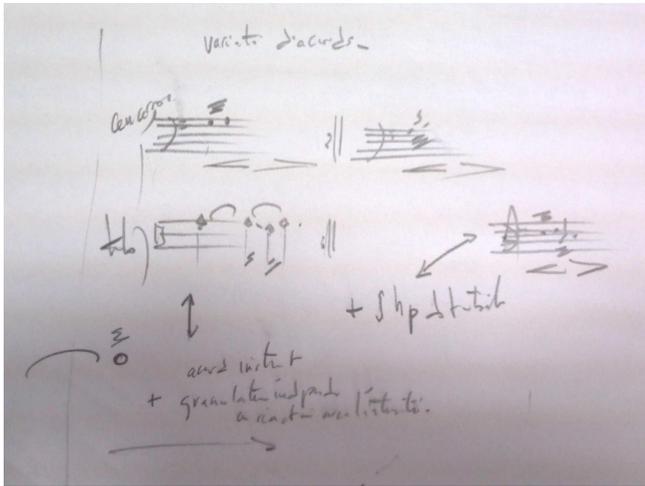
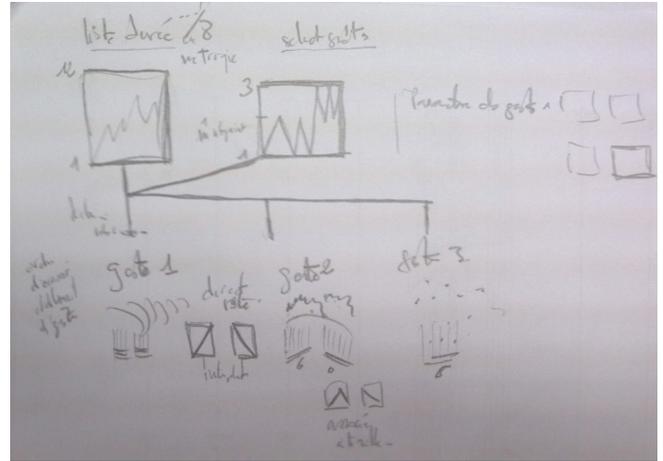


FIGURE B.1 – Cahier utilisé par NM pour la pièce du cursus



(a) Idées d'orchestrations



(b) Structure du patch OpenMusic modélisant sa pièce.

FIGURE B.2 – Travail réalisé par MB pour la réalisation de la pièce du cursus.

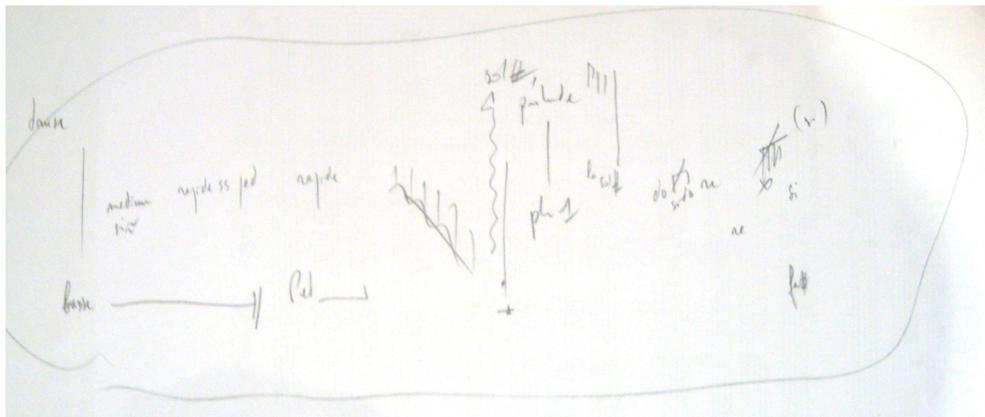
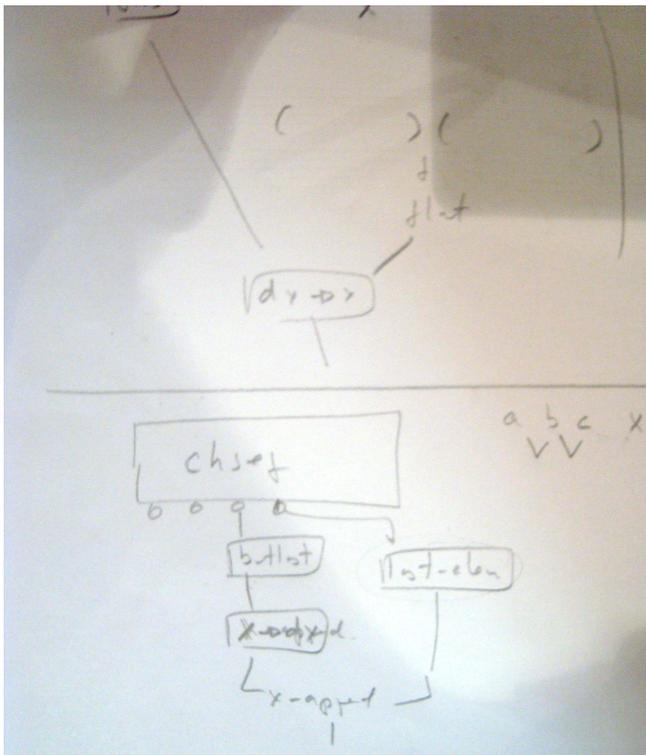
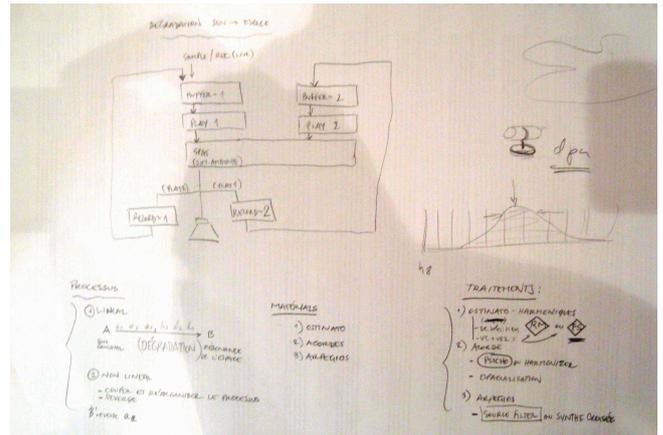


FIGURE B.3 – Schéma de la structure de la pièce de NM

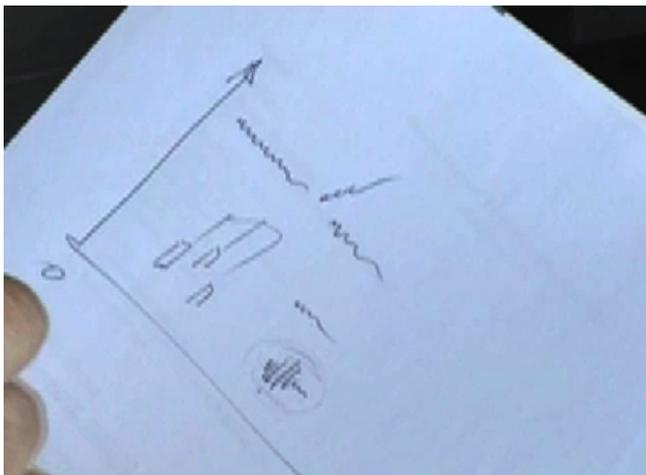


(a) Dessin d'un patch OpenMusic de NM pour l'extraction d'informations de contrôle

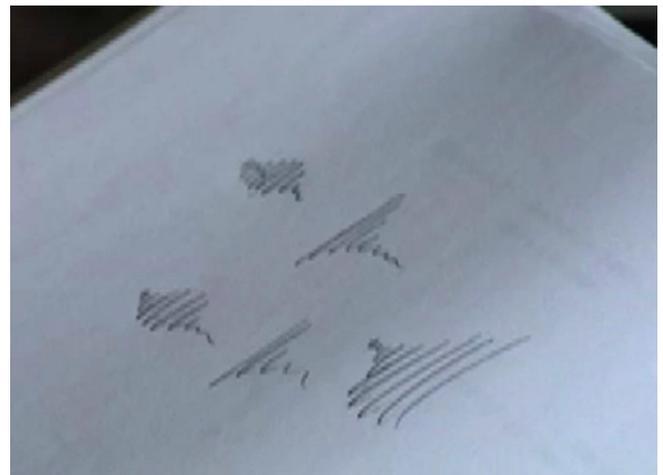


(b) patch représentant le moteur audio de lecture et de diffusion de fichiers sons pour AE

FIGURE B.4 – Dessins de patch sur le papier en vue de l'implémentation



(a) Dessin de la structure d'une pièce pour flûte et piano (exemple).



(b) Dessin de l'élément trille qui fait partie de sa grammaire personnelle avec différentes enveloppes.

FIGURE B.5 – Dessins d'éléments musicaux par MM lors d'un entretien en 2008

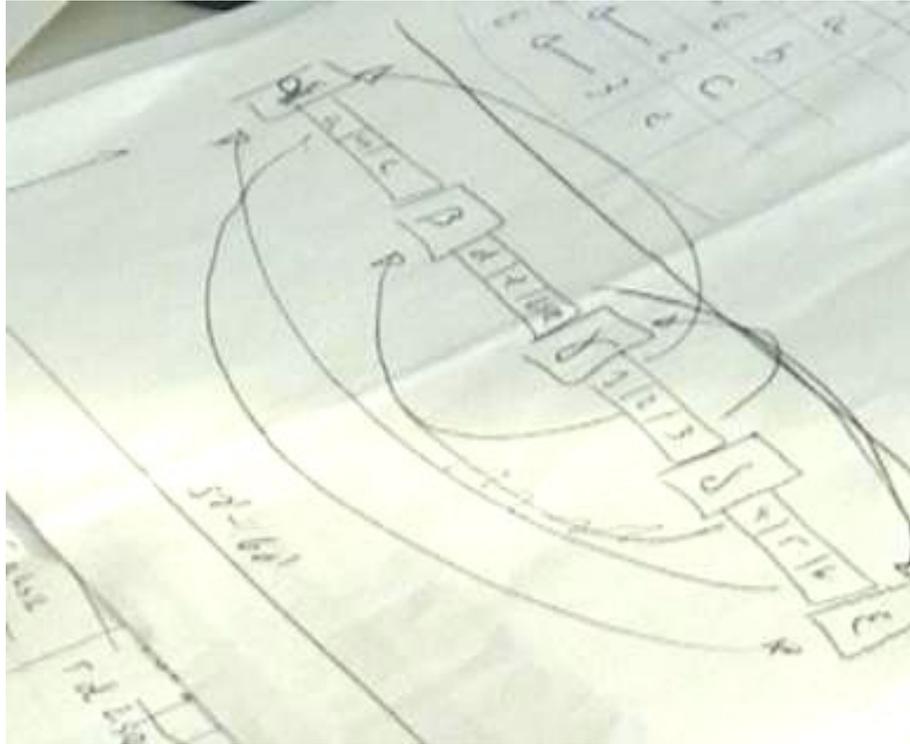


FIGURE B.6 – Schéma de la structure de la pièce de MM avec des relations entre les différentes parties

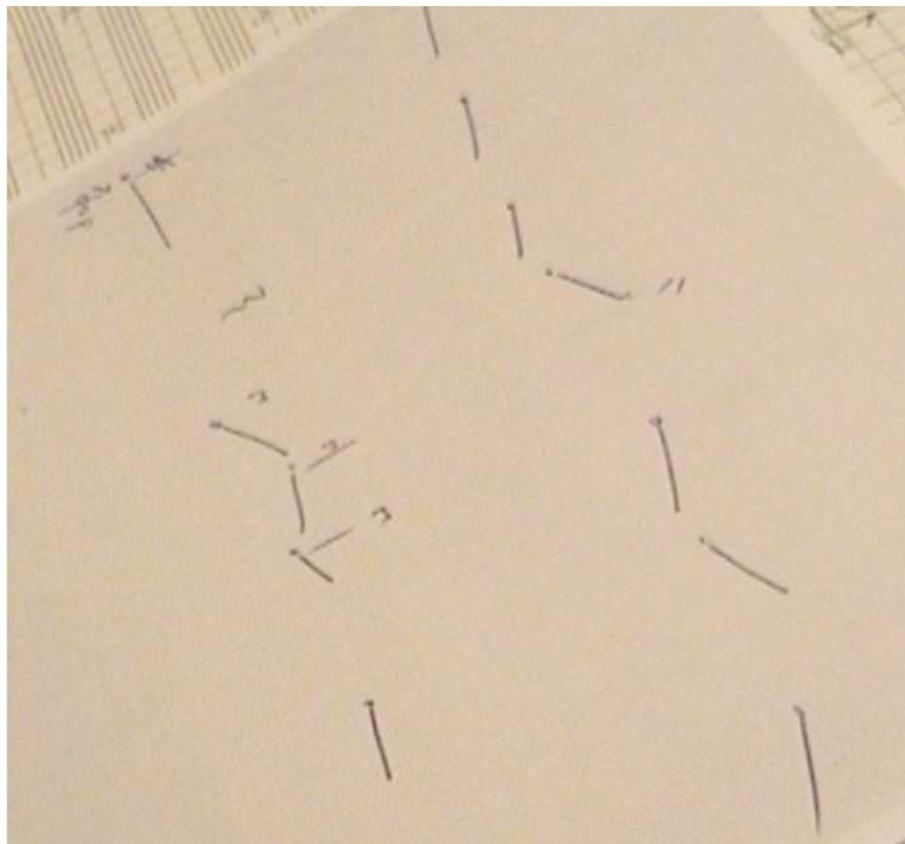


FIGURE B.7 – Dessins de JH pour représenter des parties musicales.

Handwritten musical notation on lined paper. The notation includes several staves with notes, rests, and dynamic markings. At the top, there are tempo markings: $\text{♩} = 68$, $\text{♩} = 68$, $\text{♩} = 68$, and $\text{♩} = 68$. There are also chord symbols: A, D, C, D. The notation is written in a sketchy, expressive style. Below the main notation, there are some additional notes and markings, including a section labeled "A B A C D". At the bottom of the page, there is a digital interface with various controls: record, pause, stop, jump, bookmark, jump to position (0% to 100%), playback speed, and volume.

FIGURE B.8 – Ecrits de MB lors du second entretien

C Exemple d'application utilisant un support papier et une application pour le stylo

Cet exemple de réalisation avait pour but de me familiariser avec les outils de développements disponibles. L'exemple est composé d'une feuille interactive et d'une application pour le stylo Livescribe. Il s'agit de permettre à un utilisateur de naviguer dans un réseau hexagonal correspondant à la représentation néo-Riemannienne [11]. La figure C.1 présente l'image visible par l'utilisateur.



FIGURE C.1 – Représentation néo-Riemannienne par réseau hexagonal

Cette représentation privilégie les relations harmoniques plutôt que chromatiques. Ceci constitue un centre d'intérêt de Louis Bigo, également élève du master ATIAM en stage à l'IRCAM. L'utilisateur peut donc tracer un chemin dans ce réseau qui sera joué en quasi temps réel par le stylo. Ensuite, il est possible de rejouer ce trajet avec la même temporalité ou sous forme d'accord (les notes étant jouées à des intervalles très faible, car le stylo n'intègre pas la polyphonie). Le bouton transpose attend que l'utilisateur touche un hexagone pour jouer le trajet à partir de l'hexagone désigné. A chacune des zones visibles que sont les hexagones les cadres play path, play chord et transpose sont associés des zones actives. Ces zones seront reconnues par l'application contenue dans le stylo.

L'application associe chaque zone à une note MIDI ou à une fonction définie. J'ai dressé une table de correspondance entre les zones et les notes MIDI correspondantes. Lorsque l'utilisateur pose le stylo sur le papier, un listener est lancé et redirige les éléments en fonction de la zone que traverse le stylo. Le code de l'application est fourni ci-dessous :

```

package com.lri.examples;

import java.io.IOException;

import javax.microedition.media.Manager;
import javax.microedition.media.MediaException;
import javax.microedition.media.Player;
import javax.microedition.media.control.MIDIControl;

import com.livescribe.afp.PageInstance;
import com.livescribe.display.Display;
import com.livescribe.event.PenTipListener;
import com.livescribe.event.RegionEnterExitListener;
import com.livescribe.penlet.Penlet;
import com.livescribe.penlet.Region;
import com.livescribe.ui.ScrollLabel;

public class HexaMidi extends Penlet implements PenTipListener, RegionEnterExitListener {

    public HexaMidi() {
    }

    //attributs
    private Display display;
    private ScrollLabel label;
    private Player midiPlayer;
    private MIDIControl midiControl;

    private final static int DO = 60;
    private boolean scroll = true;
    private boolean record = false;
    private boolean transpose = false;
    private int note;
    private int tablenote[] = {0,7,14,21,4,11,18,22,15,8,1,2,5,12,
                               19,23,16,9,2,20,13,6,1,17,10,3,21,14,7,0};
    private int counter = 0;
    private int notepath[] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
    private long timepath[] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
    private int maxpath = 0;
    private long previoustime=0;
    private int transcount = 0;

    ///////////////////////////////////////////////////////////////////
    // Penlet ///////////////////////////////////////////////////////////////////
    ///////////////////////////////////////////////////////////////////

    /**
     * Invoked each time the penlet is initilized.
     */
    public void initApp() {
        logger.info("Penlet TestMidi initialized.");
        display = this.context.getDisplay();
        label = new ScrollLabel();

        //creation du lecteur MIDI
        try {
            midiPlayer = Manager.createPlayer(Manager.MIDI_DEVICE_LOCATOR);

```

```

        midiPlayer.prefetch();
        midiPlayer.start();
        midiControl = (MIDIControl) midiPlayer.getControl("MIDIControl");
    } catch (MediaException e) {
        logger.info(e.toString());
    } catch (IOException e) {
        logger.info(e.toString());
    }
}

/**
 * Invoked each time the penlet is activated. Only one penlet is active
 * at any given time.
 */
public void activateApp(int reason, Object[] args) {
    midiControl.setProgram( 0, 0, 0);
    this.label.draw("hello", scroll);
    this.display.setCurrent(label);

    //creation des listener d'evenements
    context.addPenTipListener(this);
    context.addRegionEnterExitListener(this);
}

/**
 * Invoked when the application is deactivated.
 */
public void deactivateApp(int reason) {
    // suppression des listeners
    context.removePenTipListener(this);
    context.removeRegionEnterExitListener(this);
    logger.info("Penlet□TestMidi□deactivated.");
}

/**
 * Invoked when the application is destroyed.
 * This happens once for an application instance.
 * No other methods will be invoked on the instance after destroyApp is called.
 */
public void destroyApp() {
    this.logger.info("Penlet□TestMidi□destroyed.");
}

public boolean canProcessOpenPaperEvents() {
    return true;
}

////////////////////////////////////
///// Pen tip Listener /////
////////////////////////////////////

//methodes de l'interface pen tip listener
public void penDown(long time, Region region, PageInstance pageInstance) {
    counter = 0;
}

```

```

int id= region.getAreaId();

if (id!=0){

if(id==32) {
    this.label.draw("play_path", scroll);
    playpath();
}
else if(id==33) {
    this.label.draw("chord", scroll);
    playchord();
}
else if(id==34) {

    transcount ++;
    transcount = transcount%2;
    if (transcount==1){
        transpose = true;
        this.label.draw("transpose_ON", scroll);}
    else {
        transpose = false;
        this.label.draw("transpose_OFF", scroll);}

    }

else {
    record=true;
}

}

else {
    this.label.draw("draw_a_path...", scroll);
    record=true;
}

if(transpose)record=false;
}

public void penUp(long time, Region region, PageInstance pageInstance) {
    if (record)maxpath = counter-1;

    record = false;
}

public void singleTap(long time, int x, int y) {
    //do nothing
}

public void doubleTap(long time, int x, int y) {
    // do nothing
}

////////////////////////////////////
/////          Region Enter Exit Listener          /////
////////////////////////////////////

```

```

//methodes de l'interface Region Enter Exit

public void regionEnter(long time, Region region,PageInstance pageInstance) {

    int id = region.getAreaId();
    if(record==true && transpose==false){

        if(counter ==0){
            previoustime = time;
        }

        //this.label.draw(Integer.toString(id), scroll);
        note = tablenote[id-2];
        note = note + D0;
        this.label.draw("note_:_" + Integer.toString(note), scroll);
        midiControl.shortMidiEvent(MIDIControl.NOTE_ON | 0 , note , 127);

        savepath(time-previoustime,note);
        previoustime = time;

        counter++;

    } else if(transpose){
        if(id!=0){
            int difference = tablenote[id-2]+D0 -notepath[0];
            this.label.draw("Difference_:_" + Integer.toString(difference), scroll);
            transpose(difference);
        }
    }
}

public void regionExit(long time, Region region,PageInstance pageInstance) {

}

////////////////////////////////////
//////////              Functions              //////////
////////////////////////////////////
//mes methodes

public void savepath(long time, int note)
{
    notepath[counter]=note;
    timepath[counter]=time;
}

public void playpath()
{
    int i = 0;
    for (i = 0;i<=maxpath;i++)
    {
        pause(timepath[i]);
        midiControl.shortMidiEvent(MIDIControl.NOTE_ON | 0 , notepath[i] , 127);
    }
}

```

```

public void playchord()
{
    int i = 0;
    for (i = 0; i <= maxpath; i++)
    {
        midiControl.shortMidiEvent(MIDIControl.NOTE_ON | 0 , notepath[i] , 127);
    }
}

public void pause(long time)
{
    try {
        Thread.sleep(time);
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
        this.label.draw("erreur", scroll);
    }
}

public void transpose(int diff)
{
    int i = 0;
    for (i = 0; i <= maxpath; i++)
    {
        pause(timepath[i]);
        midiControl.shortMidiEvent(MIDIControl.NOTE_ON | 0 , (notepath[i]+diff)
    }
}
}
}

```