

Les Cartouches, un concept d'interfaces tangibles, appliquées à l'apprentissage des jeunes enfants.

Conférence EIAH 2011 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) – Atelier « IHM avancées pour l'apprentissage »

Guillaume Rivière^{*}, Katarzyna Borgiel⁺, Nadine Couture^{*♦}

*

ESTIA

Technopôle Izarbel, 64210 Bidart, France

+

Université Paris-Descartes

12 Rue de l'Ecole de Médecine, 75006 Paris

♦

LaBRI, UMR CNRS 5800, Université Bordeaux I

351, cours de la Libération

33405 Talence, France

g.riviere @ estia.fr, kborgiel @ gmail.com, n.couture @ estia.fr

RÉSUMÉ. Les interfaces homme-machine dites avancées offrent une interaction en situation de mobilité ou de collaboration, ou encore en utilisant des systèmes mixtes et en particulier des interfaces tangibles, dans lesquelles les données numériques sont incarnées par des objets physiques. En effet, dans certaines situations ces technologies tangibles permettent des expériences d'apprentissage qui n'auraient pas été atteintes par d'autres moyens. Cependant, ces nouvelles interfaces manquent souvent de représenter d'une manière tangible des actions de base comme lancer ou fermer une application, s'authentifier, sauvegarder, ou encore sélectionner un champ pour sélectionner une couleur, un fichier, etc.. Ainsi, ces systèmes conservent une part d'inachevé. Les Cartouches, qui sont un concept particulier d'interfaces tangibles, sont une proposition de réponse à cette problématique au sein de tout environnement informatisé. Nous étudions dans cet article l'utilisation des Cartouches pour la conception d'environnements d'apprentissages pour les jeunes enfants ne sachant pas encore lire. En effet, l'interaction tangible offre de nombreux avantages pour l'apprentissage, notamment à destination des jeunes enfants. Nous proposons d'implanter diverses opérations avec les Cartouches dans le contexte de l'apprentissage et soumettons un exemple de conception à réaliser pour une table interactive. Les Cartouches ouvrent la voie à la conception de nouveaux environnements d'apprentissage informatisés achevés.

MOTS-CLÉS : apprentissage ; enfants ; IHM avancées ; interfaces tangibles ; cartouches.

1. Introduction

De nos jours, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont un élément inhérent du domaine de l'apprentissage et de l'enseignement. L'évolution des théories de l'apprentissage et le développement des technologies offrent en effet de nouvelles possibilités. De nombreux projets sont apparus en coopération entre les représentants des domaines de l'interaction homme-machine (IHM), de l'éducation et de la psychologie dans le contexte de l'apprentissage. Les interfaces homme-machine avancées

(post-WIMP), parmi lesquelles les interfaces utilisateur tangibles (TUI), font parties des pistes explorées. L'ambition des travaux sur les interfaces utilisateur post-WIMP est de passer outre le paradigme "fenêtre, icônes, menus et dispositif de pointage" (i.e. WIMP). Les TUIs s'inscrivent dans cette volonté de proposer de nouvelles formes d'interaction. Selon Ullmer et Ishii, les interfaces tangibles « donnent une forme physique à l'information numérique, en employant des artéfacts physiques à la fois comme représentation et contrôle pour la médiation de l'information numérique » [ULLMER & ISHII 00]. Par exemple, dans l'interface des Passive Props pour la neurochirurgie [HINCKLEY et al. 94] le modèle 3D d'un crâne (numérique) est incarné par une tête de poupée (physique). Une panneau rectangulaire permet alors au praticien de spécifier le plan de coupe (dans le modèle 3D) en positionnant la panneau autour de la tête de poupée. Un autre exemple est l'interface PinWheels [ISHII et al. 01] où le débit d'un réseau informatique est incarné par la vitesse de rotation de virevents installés au plafond (*ambient tangible*).

Un des enjeux actuels de l'interaction tangible est d'uniformiser certaines opérations communes à la plupart des systèmes informatisés. Dans [ULLMER et al. 08], une solution est proposée, les interfaces tangibles dites de base¹. Ces tangibles de base ont pour rôle d'implémenter les opérations de type : lancement/fermeture d'applications, authentification, sauvegarde. Ces tangibles de base permettent d'aboutir à un système tangible fini et utilisable aisément sans avoir à recourir à la souris et au clavier. Ce besoin est particulièrement prégnant pour les outils d'apprentissage qui demandent une interaction soignée à toutes les étapes du processus d'apprentissage. En 2010, [ULLMER et al. 10], proposent les Cartouches, qui sont un concept particulier d'interface tangible de base, comme élément de base conventionnel (dimensions, signalétique, ...) pour concevoir certaines opérations.

Nous étudions dans cet article l'usage des Cartouches pour la conception d'environnements d'apprentissages pour les jeunes enfants ne sachant pas encore lire. Tout d'abord, nous développons l'argumentation en faveur des TUIs pour ce type d'apprentissage. Puis, nous présentons des travaux existants dans ce domaine. Ensuite, nous explorons l'implantation de certaines opérations avec des Cartouches. Enfin, nous illustrons les possibilités avec un exemple de table interactive.

2. Interfaces Tangibles et Apprentissage

Malgré le nombre des disciplines concernées par l'apprentissage et la diversité des populations cibles, l'apprentissage des enfants reste toujours un champ d'intérêt très élevé pour les recherches en nouvelles technologies. Cet intérêt s'explique notamment par un argument professionnel et techno-romantique [O'MALLEY & FRASER 04]. D'après le premier, il est important pour les jeunes personnes de devenir douées en technologies informatiques dans la perspective de leur vie professionnelle. Selon le deuxième, les technologies fournissent des expériences d'apprentissage qui n'auraient pas été atteintes par d'autres moyens. De ce fait, de nombreux exemples de TUIs sont apparus ces dernières années, dont plusieurs pour l'apprentissage et l'éducation. En effet, les interfaces tangibles sont un moyen novateur pour les enfants pour apprendre en jouant. De nombreuses interfaces tangibles sont classées comme des outils et des environnements d'apprentissage, avec plus d'opportunités pour le développement cognitif, linguistique et social qu'un système traditionnel des interfaces graphiques [SHAER & HORNECKER 09]. Des

¹ Le terme anglais est « core tangible » que nous proposons de traduire par tangible de base, contraction d'interface tangible de base.

recherches en psychologie et en éducation [O'MALLEY & FRASER 04] montrent que les TUIs peuvent produire de réels gains pour l'apprentissage. En effet, cette technologie place l'activité physique et la manipulation active au premier plan de l'apprentissage. Elle permet aux enfants et aux adolescents de combiner et recombiner, le connu comme le familier, de façons nouvelles ou inconnues.

Les interfaces tangibles permettent surtout l'élargissement des moyens d'apprentissage par l'utilisation des objets physiques pour manipuler des informations numériques et permettent de mettre en jeu toute la richesse du système sensoriel humain. En effet, en profitant du toucher en parallèle de la vision et de l'audition, cela permet de lier le niveau purement cognitif et abstrait du savoir avec son côté pratique, concret et tangible. Par exemple, le projet Brevie a permis l'élaboration d'une nouvelle interface tangible [ERNST et al. 99] comme outil pédagogique pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un circuit à air comprimé complexe. L'étudiant construit une maquette physique du circuit pneumatique et simule ensuite numériquement la pression des flux d'air dans le circuit abstrait qu'il a imaginé. Il peut alors en repérer les éventuels dysfonctionnements, ce qui lui permet de revenir ensuite à son travail, pour le modifier.

Le sens du toucher a une grande valeur pour les enfants, il est pour eux une des premières manières de découvrir le monde qui les entoure, avant de savoir parler, lire ou écrire. En général la gestuelle favorise la réflexion et l'apprentissage, et l'interaction physique avec les objets permet d'entraîner les capacités perceptivo-motrices et soutient un développement global de l'enfant, en offrant une expérience sensorielle et multimodale [SHAER & HORNECKER 09]. De plus, étant donné le stade de développement physique et cognitif des jeunes utilisateurs, l'interaction avec une interface constituée d'objets est plus facile qu'avec une souris ou un clavier. Cela permet aux petits enfants un apprentissage de concepts qui sont d'habitude réservés aux enfants plus âgés [CHIASSON & GUTWIN 05]. Par exemple, les plus petits peuvent avoir des difficultés pour comprendre les catégories abstraites ou les métaphores. Les avantages d'utilisation des objets pour l'apprentissage ont été entre autres soulignés dans les travaux de Piaget [O'MALLEY & FRASER 04] qui a montré que les petits enfants sont capables de résoudre les tâches de comparaison de volumes s'ils peuvent le faire avec des récipients et du liquide. L'interface tangible Flow Blocks de [ZUCKERMAN et al. 06], conçue pour apprendre les formes complexes de causalité et de probabilité aux enfants de 9-11 ans est une application des travaux de Piaget. De plus, la possibilité des interfaces tangibles d'offrir de multiples points de contrôle simultanés dans un contexte multi-utilisateurs est aussi un avantage pour l'apprentissage. En effet, l'apprentissage, et surtout l'apprentissage des enfants, est aussi un phénomène social [CHIASSON & GUTWIN 05]. Les plus petits se regroupent naturellement devant une machine, ils aiment jouer avec les autres et partager les expériences.

La diversité des types et formes des interfaces tangibles permet de les utiliser dans des différents domaines d'apprentissage. Parmi les domaines qui ont été déjà étudiés sont présents les sciences (comme la biologie, la médecine et la chimie), le développement des capacités de lecture et d'écriture (la narration et la rhétorique), les langues étrangères, la résolution des problèmes, la planification, les systèmes de simulation, la programmation et enfin les systèmes dynamiques [MARSHALL 07, O'MALLEY & FRASER 04, SHAER & HORNECKER 09].

3. Utiliser les Cartouches au sein d'un environnement d'apprentissage

Les Cartouches, introduites dans [ULLMER et al. 10], sont de petits boîtiers qui représentent physiquement des informations numériques au sein d'un environnement informatisé. Par convention, la taille d'une Cartouche est de 2,5"×3,5" par 1/3" d'épaisseur (soit environ 63×89×9 mm). La normalisation de la taille des éléments permet d'assurer un certain degré de compatibilité entre les systèmes. Des symboles, des mots-clés ou encore des codes couleurs peuvent agrémenter les Cartouches. L'interaction avec une Cartouche consiste à l'emboîter dans un emplacement prévu à cet effet (ou de la retirer) afin, par exemple, de symboliser l'activation d'une donnée, d'un mode ou encore d'une fonction dans le monde numérique. Par exemple, l'interaction avec des Cartouches a déjà été utilisée dans un programme américain de sensibilisation de la jeunesse « Le Kiosk » [ULLMER et al. 11], dans le but de renforcer la culture scientifique des 11-14 ans en astronomie. Il a été déployé dans les écoles, bibliothèques et autres lieux adéquats. Une étude sur plusieurs mois a montré des améliorations possibles du prototype, mais a avant tout démontré la légitimité des Cartouches auprès des utilisateurs non-initiés et non-guidés.

L'utilisation des Cartouches au sein d'un environnement d'apprentissage est motivée par trois principaux arguments. Le premier est le faible coût de développement et de matériel, car l'interaction sous-jacente ne nécessite que de détecter la présence et l'identité d'une Cartouche à des emplacements prédéterminés, ce qui n'implique pas de technologie coûteuse. Le deuxième est le pouvoir de conception offert par les Cartouches pour représenter l'activation/sélection de fonctions, de données, de paramètres, d'options, etc. au sein d'une IHM avancée. Un troisième argument en faveur des Cartouches est le dialogue facile et ludique offert avec le système informatique, apporté par leur tangibilité. Nous proposons dans la partie suivante d'illustrer l'emploi possible des Cartouches pour implanter certaines opérations au sein d'un environnement d'apprentissage pour les jeunes enfants.

3.1. Implantation des opérations de base

Dans le contexte de l'apprentissage avec les technologies, nous avons identifié trois opérations dites de base² qui sont représentables par des Cartouches : changer d'activité (i.e. d'application) ; marquer sa propriété (i.e. authentification) et former des équipes (activités en groupes). Dans notre approche, chaque application de l'environnement informatique pour l'apprentissage serait alors incarnée par une Cartouche portant un symbole représentatif de l'activité offerte (voir Figure 1-a). Au sein de l'environnement informatisé, un emplacement physique unique est dédié à la spécification de l'application à lancer. Ainsi, par exemple, allumer le système consisterait à glisser une des Cartouches dans cet emplacement et changer d'application consisterait à remplacer la Cartouche en place par une autre.

Dans un système d'apprentissage, il peut être important, pour certaines activités, de permettre un suivi de l'évolution de l'apprenant (scores, acquis validés) afin d'entretenir sa motivation. L'authentification de l'utilisateur par le système est donc parfois souhaitable. Pour que les jeunes enfants ne sachant pas encore lire et écrire puissent marquer leur propriété, un moyen fréquemment utilisé dans les salles de classe est que chaque individu s'identifie par une icône. Ainsi, dans notre approche, chaque enfant posséderait une

² Par analogie avec le terme « core tangible », Ullmer et al. introduisent la terminologie « core operation », que nous proposons de traduire par opération de base.

Cartouche décorée du dessin qui l'identifie (voir Figure 1-b). De même que précédemment, un emplacement physique serait dédié pour accueillir la Cartouche permettant au système de connaître son utilisateur. Dans le cadre d'une activité pratiquée en groupe, les Cartouches des membres d'une même équipe seraient superposées pour former une pile.

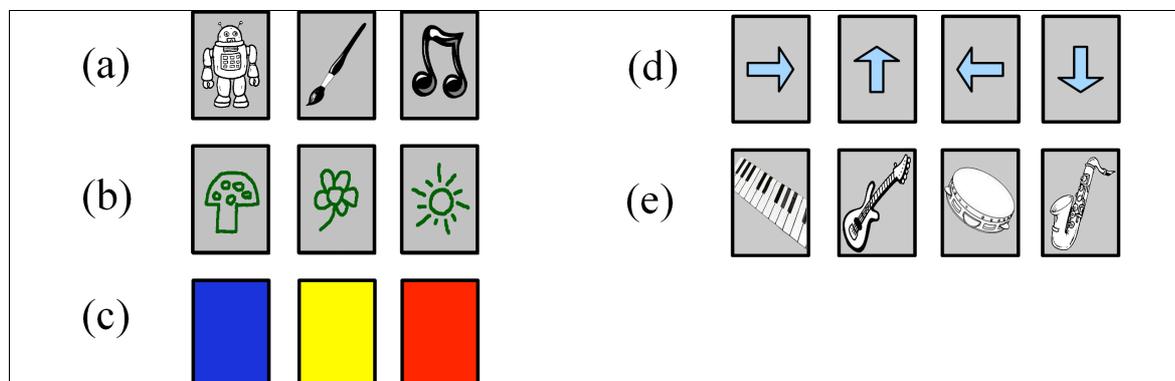


Figure 1. Exemple d'un jeu de Cartouches. (a) Pour choisir une activité. (b) Pour identifier un individu. (c) Pour choisir une couleur. (d) Pour spécifier des directions. (e) Pour choisir un instrument de musique.

Dans le contexte de l'apprentissage, au même titre que l'activité principale, des activités secondaires sont également un prétexte pour apprendre [O'MALLEY & FRASER 04]. Par exemple, spécifier une couleur est une opération présente au sein d'activités variés (e.g. de texte, de dessin, de diagramme), qui se retrouve au sein de nombreuses interfaces (tangibles ou autres). Cette opération n'est généralement pas la tâche principale. Une solution tangible pour composer une couleur avec des Cartouches, et initier par là même l'enfant à la composition des couleurs primaires, serait d'en utiliser trois : une bleue ; une jaune et une rouge (voir Figure 1-c). L'empilement de ces Cartouches sur un emplacement physique prévu à cet effet permettra de spécifier 7 couleurs différentes : les couleurs possibles sont bleu, jaune et rouge avec 1 Cartouche ; vert, rose et orange avec 2 Cartouches superposées ; et enfin le noir lorsque les 3 Cartouches sont empilées.

3.2. Implantation d'opérations spécifiques

L'utilisation des Cartouches ne se limite pas aux opérations de base. Des opérations spécifiques à une activité peuvent aussi être représentées avec des Cartouches. Par exemple, pour décrire la trajectoire d'un robot, un jeu de flèches directionnelles peut se révéler approprié (voir Figure 1-d). Ou encore, des Cartouches représentant chacune un instrument de musique pour composer des pistes dans des applications musicales (voir Figure 1-e).

Dans la suite, nous présentons la conception d'un environnement informatique pour l'apprentissage, dont la construction est basée sur une table interactive, qui intègre plusieurs opérations avec des Cartouches.

4. Conception d'un environnement informatique pour l'apprentissage et l'éducation

Afin d'illustrer le potentiel d'adaptabilité offert par les Cartouches lorsqu'elles sont utilisées comme élément de base pour certaines opérations d'une interface utilisateur, nous proposons le concept d'une table interactive pour l'apprentissage et l'éducation, conçue pour des jeunes enfants ne sachant pas encore lire. Cet environnement proposerait trois activités : dessin, planification du chemin d'un robot (ou d'une tortue) et partitions de musique. Les tables interactives fonctionnant par technologie de vision infrarouge (telles DI ou FTIR [HAN 05]) permettent d'instaurer aussi bien la détection du contact des doigts

pour l'interaction tactile que la détection d'objets [KALTENBRUNNER & BENCINA 07] ou de piles d'objets [BAUDISCH et al. 10], pour l'interaction tangible. La présence, ainsi que la position, d'une Cartouche ou d'une pile de Cartouches sur le plateau de la table sont de ce fait détectables.

Des panneaux amovibles viendraient habiller le plateau de la table à des emplacements bien déterminés. Ces panneaux seraient prédécoupés et matérialiseraient les emplacements physiques de détection et d'activation des Cartouches. Le panneau de droite disposerait de trois emplacements pour accueillir trois opérations de base spécifiant l'activité, l'utilisateur et une couleur (voir Figure 2-a). Ce panneau disposerait également de deux boutons physiques : valider et rétablir (implantés comme dans [WEISS et al. 09]). Un deuxième panneau disposé en bas du plateau de la table offrirait une rampe qui permettrait d'accueillir une suite de Cartouches (voir Figure 2-c). La place libre à gauche pourrait permettre d'accueillir trois Cartouches représentant des opérations spécifiques à l'application (voir Figure 2-d) en cours.

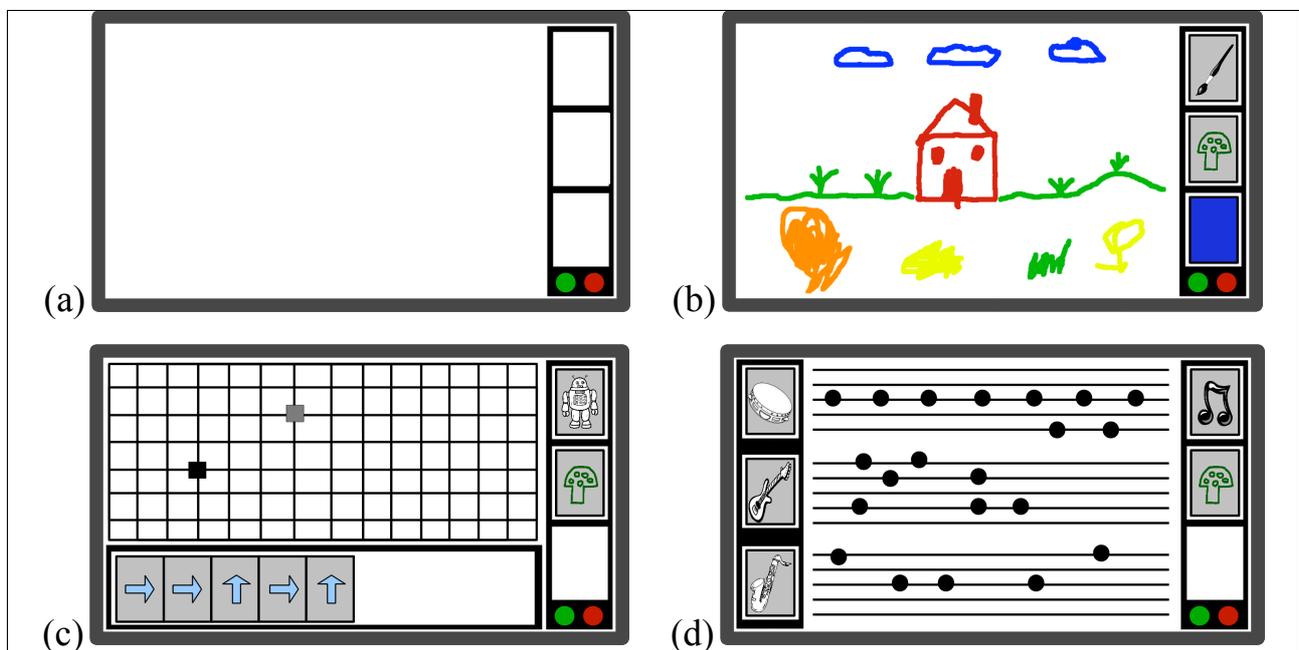


Figure 2. Vue de dessus du concept de la table interactive tangible. (a) La table avec 1 panneau. (b) L'activité dessin au doigt. (c) L'activité planification de chemin, avec 2 panneaux. (d) L'activité partition de musique, avec 2 panneaux.

Les trois applications fonctionneraient comme suit :

- L'application de dessin requerrait un unique panneau placé sur la droite du plateau de la table (voir Figure 2-b). L'utilisateur dessinerait au doigt sur la partie centrale (i.e. comme dans du sable) et pourrait changer la couleur active avec la Cartouche du bas.. Le bouton rétablir (Rouge) permettrait d'effacer le dessin.

- L'application du robot (ou de la tortue) utiliserait le panneau de droite et le panneau du bas (voir Figure 2-c). Le chemin à parcourir par la tortue, le long du quadrillage, pour atteindre son point d'arrivée, serait planifié en alignant une séquence de Cartouches directionnelles dans le panneau du bas. L'exécution du déplacement par la tortue serait déclenchée par le bouton valider. Le bouton rétablir permettrait de charger un nouveau parcours. Enfin, les Cartouches couleur provoqueraient le changement de la couleur du robot (ou de la tortue).

– L'application de musique utiliserait les panneaux de droite et de gauche (voir Figure 2-d). La couleur de fond de la partition de musique serait modifiable avec les Cartouches couleur. Des lignes de partition seraient affichées en face de chaque emplacement du panneau de gauche. Placer une Cartouche permettrait alors d'assigner un instrument de musique aux différentes partitions. Ensuite, reprenant l'idée du projet [NOTEPUT 09], l'utilisateur pourrait ajouter des notes de musique à l'aide de palets physiques : poser un palet permettrait d'ajouter une note, déplacer le palet de changer la note et enlever le palet de supprimer la note. Pour écouter le résultat de la composition musicale, l'utilisateur presserait le bouton valider. Lors de l'écoute, un trait vertical balayerait les partitions pour visualiser la lecture des notes par le système.

Remarquons que les panneaux pourraient être remplacés par des zones d'accueil de Cartouches qui soient graphiques. Seulement, la matérialisation physique de ces emplacements offre des affordances que la solution graphique n'offre pas. De plus, les panneaux permettent de fixer les Cartouches pour éviter qu'un mouvement de bras ne les renverse par inadvertance.

5. Conclusion et perspectives

Notre proposition souffre du fait de ne pas avoir encore été validée par des expérimentations. En effet, elle repose pour l'instant sur une réflexion purement théorique. La première perspective de ce travail est donc de construire un prototype. Sur le plan technologique il conviendra de choisir le mode de reconnaissance le mieux adapté à la tâche et à cet usage (RFID, caméra et traitement de l'image, etc.). En effet le concept de Cartouche n'est pas lié à une technologie. Sur le plan méthodologique, ce prototype devrait être implanté dans un environnement où il pourra être utilisé par des jeunes enfants dans le but d'apprentissage. Cela permettra de conduire des nombreuses évaluations, en particulier à base d'observations. Sur un plan plus général de recherche, l'utilité et l'utilisabilité des Cartouches au sein d'une interaction sur table interactive pourraient être montrées en particulier par comparaison avec des formes tactiles pour la résolution des mêmes opérations, et également l'impact de l'usage d'une table interactive munie d'éléments tangibles de type Cartouches dans l'apprentissage des jeunes enfants pourrait être évalué.

En effet, l'apprentissage des enfants reste un point d'intérêt élevé et l'interaction tangible permet d'offrir à cette population cible un bon moyen de lier l'abstrait (le numérique) au concret (le physique). Les Cartouches sont des briques de base simple (à concevoir, à réaliser et à utiliser) pour implanter des opérations au sein des TUIs mais également des IHMs avancées. L'emploi des Cartouches au sein des environnements d'apprentissage est une piste qui mérite des investigations. Il nous semble également intéressant d'explorer l'apprentissage avec des TUIs, dont les Cartouches, pour d'autres populations cibles que les enfants. Par exemple, des populations pour lesquelles le toucher et la vision ont une signification particulière, comme les aveugles ou les analphabètes.

Bibliographie

[BAUDISCH et al. 10] Baudisch, P., Becker, T., Rudeck, F., « Lumino: tangible blocks for tabletop computers based on glass fiber bundles », *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems CHI'10*, Atlanta, GA, USA, April 10-15 2010, ACM, New York, NY, USA, p.1165-1174.

[CHIASSON & GUTWIN 05] Chiasson, S., Gutwin, C., *Design Principles for Children's Technology*, Technical Report HCI-TR-2005-02, 2005, University of Saskatchewan, 9 p.

- [ERNST et al. 99] Ernst, H., Schäfer, K., Bruns, W., « Creating Virtual Worlds with a Graspable User Interface », *Interactions in Virtual Worlds, Proceeding of the 15th Twente Workshop on Language Technology TWLT'99*, vol. 15, University of Twente, Enschede, The Netherlands, May 19-20 1999, p. 45-57.
- [HAN 05] Han, J., « Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection », *Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology UIST'05*, October 23-26 2005, ACM, New York, NY, USA, p. 115-118.
- [HINCKLEY et al. 94] Hinckley, K., Pausch, R., Goble, J., Kassell, N., « Passive real-world interface props for neurosurgical visualization », *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: celebrating interdependence CHI'94*, Boston, MA, USA, April 24-28 1994, ACM, New York, NY, USA, p. 452-458.
- [ISHII et al. 01] Ishii, H., Ren, S., Frei, P., « Pinwheels: visualizing information flow in an architectural space », *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, Seattle, WA, USA, March 31 - April 5 2001, ACM, New York, NY, USA, p. 111-112.
- [KALTENBRUNNER & BENCINA 07] Kaltenbrunner, M., Bencina, R., « reacTIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction », *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction TEI'07*, Baton Rouge, Louisiana, USA, February 15-17 2007, ACM, New York, NY, USA, p. 69-74.
- [MARSHALL 07] Marshall, P., « Do tangible interfaces enhance learning? », *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction TEI'07*, Baton Rouge, Louisiana, USA, February 15-17 2007, ACM, New York, NY, USA, p. 163-170.
- [NOTEPUT 09] Graef J., Heur J.F., <http://www.jonasheuer.de/index.php/noteput/>, 2009.
- [O'MALLEY & FRASER 04] O'Malley, C., Fraser, D., « Literature Review in Learning with Tangible Technologies », *Nesta FutureLab Series*, Report 12, Bristol, 2004, 27 p.
- [SHAER & HORNECKER 09] Shaer, O., Hornecker, E., « Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions », *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, vol. 3, n° 1-2, Now Publishers Inc., Hanover, MA, USA, 2010, p. 23-27.
- [ULLMER et al. 08] Ullmer, B., Sankaran, R., Jandhyala, S., Tregre, B., Toole, C., Kallakuri, K., Laan, C., Hess, M., Harhad, F., Wiggins, U., Sun, S., « Tangible menus and interaction trays: core tangibles for common physical/digital activities », *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction TEI'08*, Bonn, Germany, February 18-20 2008, ACM, New York, NY, USA, p. 209-212.
- [ULLMER et al. 10] Ullmer, B., Dever, Z., Sankaran, R., Toole, C., Freeman, C., Cassady, B., Wiley, C., Diabi, M., Wallace, A., DeLatin, M., Tregre, B., Liu, K., Jandhyala, S., Kooima, R., Branton, C., Parker, R., « Cartouche: conventions for tangibles bridging diverse interactive systems », *Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction TEI'10*, Cambridge, MA, USA, January 25-27 2010, ACM, New York, NY, USA, p. 93-100.
- [ULLMER et al. 11] Ullmer, B., Dell, C., Gil, C., Toole, C., Wiley, C., Dever, Z., Rogge, L., Bradford, R., Rivière, G., Sankaran, R., Liu, K., Freeman, C., Wallace, A., DeLatin, M., Washington, C., Reeser, A., Branton, C., Parker, R., « Casier: Structures for Composing Tangibles and Complementary Interactors for Use Across Diverse Systems », *Proceedings of the fifth ACM International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction TEI'11*, Funchal, Portugal, January 23-26 2011, ACM, New York, NY, USA, p. 229-236.
- [ULLMER & ISHII 00] Ullmer, B., Ishii, H., « Emerging frameworks for tangible user interfaces », *IBM System Journal*, vol. 39, n° 3/4, IBM Corp., Riverton, NJ, USA, 2000, p. 915-931.
- [WEISS et al. 09] Weiss, M., Wagner, J., Jennings, R., Jansen, Y., Khoshabeh, R., Hollan, J., Borchers, J., « SLAPbook: tangible widgets on multi-touch tables in groupware environments », *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction TEI'09*, Cambridge, UK, February 16-18 2009, ACM, New York, NY, USA, p. 297-300.
- [ZUCKERMAN et al. 06] Zuckerman, O., Grotzer, T., Leahy, K., « Flow blocks as a conceptual bridge between understanding the structure and behavior of a complex causal system », *Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences ICLS'06*, Bloomington, Indiana, June 27 - July 1 2006, International Society of the Learning Sciences, p. 880-886.