



HAL
open science

Peinture numérique 3D bi-manuelle: un paradigme d'interaction pour la réalité augmentée en spectacle vivant

Alexis Clay, Jean-Christophe Lombardo, Nadine Couture, Julien Conan

► To cite this version:

Alexis Clay, Jean-Christophe Lombardo, Nadine Couture, Julien Conan. Peinture numérique 3D bi-manuelle: un paradigme d'interaction pour la réalité augmentée en spectacle vivant. Journées de l'Association Française de Réalité Virtuelle, Oct 2012, Strasbourg, France. hal-00772629

HAL Id: hal-00772629

<https://hal.science/hal-00772629>

Submitted on 10 Jan 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Peinture numérique 3D bi-manuelle: un paradigme d'interaction pour la réalité augmentée en spectacle vivant

Alexis Clay[†], Jean-Christophe Lombardo[°], Nadine Couture[†], Julien Conan[†]

[†]ESTIA
Technopole Izarbel,
64210 Bidart, France
{a.clay, j.conan}@estia.fr

[°]INRIA
2004 Route des Lucioles - BP 93
06902 Sophia Antipolis cedex
jean-christophe.lombardo@inria.fr

[·]LaBRI
Technopole Izarbel,
64210 Bidart, France
n.couture@estia.fr

ABSTRACT

The rise of gestural interaction led artists to produce shows, or installations based on this paradigm. We present the first stages of the « Sculpture numérique » (Virtual Sculpture) project. This project was born from a collaboration with dancers. Its goal is to propose bi-manual interactions in a large augmented space: we aim at giving dancers the possibility to generate and manipulate virtual elements on stage using their hands. The first set of interactions we present in this paper is 3D painting, where the user can generate 3D virtual matter from his hands. The movement of the hand defines a stroke, which shape is controlled by the shape of the hand. Changing the shape and orientation of the hand allows switching between three interaction modes to produce volumes, surfaces or curves in space. We explore the applicative case of dance, with the goal of producing a plastic creation from choreography.

Author Keywords

Virtual Sculpture; CAVE; surface generation; digital arts; virtual reality.

ACM Classification Keywords

J.5.2 [Computer Applications]: Arts and Humanities – Arts, fine and performing; H.5.2 [Information Systems]: Information interfaces and presentation—User Interface

General Terms

Human Factors; Design.

INTRODUCTION

Le projet CARE (Cultural experience: Augmented Reality and Emotions), clos en mars 2011, avait pour objectif de concevoir un ensemble d'outils de conception, de techniques d'interaction et de systèmes permettant d'utiliser l'émotion pour augmenter un événement culturel. L'un des cas d'application était le ballet augmenté: notre but était d'augmenter un spectacle de ballet et de permettre à un

danseur d'interagir avec les éléments virtuels sur scène.

Le projet Sculpture Numérique est une suite du projet CARE. Nous souhaitons dépasser la simple manipulation d'objets virtuels sur scène en proposant au danseur de créer ses propres traits et formes sur scène. Les interactions proposées se veulent simples à appréhender. En effet, une interaction plus simple est mieux comprise par le public et laisse un champ d'exploration directe aux chorégraphes et danseurs, permettant ainsi une meilleure intégration de la technologie dans la proposition artistique.

Nous décrivons le travail réalisé sur la première interaction mise en place dans le cadre du projet Sculpture Numérique : la peinture 3D, qui propose la génération de matière virtuelle à la main, dans un grand espace. L'utilisateur est ainsi capable de générer une surface ou un volume dans l'espace 3D, dont la section est définie par la conformation de sa main, et dont le tracé longitudinal est défini par le mouvement de la main. La métaphore est ainsi très directe : la matière virtuelle semble naître sous la main de l'artiste et reste figée dans l'espace. L'espace devient un support vierge dans lequel il devient possible de peindre. Bien qu'issu de notre cas applicatif qu'est la danse, l'aspect naturel de la métaphore utilisée rend cette interaction extensible à d'autres domaines.

Après un court état de l'art, nous décrivons les trois interactions que nous proposons. Nous décrivons ensuite deux prototypes permettant la peinture 3D, mettant en œuvre des technologies différentes. Nous discuterons ensuite des travaux envisagés, avant de conclure.

ETAT DE L'ART

Le but de notre système est de permettre à un utilisateur de dessiner directement dans un espace 3D. Il ne s'agit pas ici d'offrir un outil de modélisation 3D (type 3DSMax), mais plutôt d'offrir un outil d'esquisse dans l'espace. Plusieurs techniques sont possibles pour dessiner directement en 3D dans un espace immersif. Deisinger *et al.* [2] ont conduit une expérimentation en CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) sur plusieurs systèmes de modelage faisant appel à trois techniques différentes. La première est la création de matière par injection de "substance" à un point donné. Dans cette approche, l'artiste ajoute un volume de matière, et son mouvement crée la forme. Ainsi, le système

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Ergo IHM 2012, October 16–19, 2012, Biarritz, France.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1015-4/12/05...\$10.00.

BLUISculpt [3] découpe l'espace en voxels, que l'artiste peut peindre. La deuxième est la génération de surfaces. Dans le système testé dans [2], l'artiste définit un polygone plat par des points dans l'espace, et attache les polygones successivement créés à son dessin. Enfin, le troisième système propose une génération automatique de surfaces à partir de courbes directrices dessinées par l'artiste. Ce principe a été repris dans le système *FreeDrawer*, où le modelleur trace des B-splines dans l'espace 3D; les lignes formant une boucle fermée peuvent être remplies par des surfaces [5]. Deisinger *et al.* tirent de leur expérimentation des préconisations pour un modelleur immersif. Idéalement, ce dernier doit 1) être un outil de la phase conceptuelle jusqu'à un certain degré d'élaboration; 2) cacher la complexité mathématique de la représentation; 3) proposer une interaction directe et en temps réel, 4) permettre un modelage à grande échelle dans un large volume, et 5) être intuitif.

Notre approche plus artistique nous amène à nous concentrer sur les trois derniers points proposés. Nous nous inspirons en particulier de deux systèmes proposés dans la littérature. Le système *SurfaceDrawing* de Schkolne *et al.* [4] permet à l'utilisateur de générer directement à la main, grâce à un gant de données, des surfaces 3D dans un espace virtuel. La visualisation se fait grâce au *responsive workbench*, un écran horizontal capable d'afficher le résultat en 3D (figure 1.a). L'utilisateur porte des lunettes 3D munies de capteurs de positions, permettant ainsi au *responsive workbench* d'adapter son affichage à la position de l'utilisateur. Le système *CavePainting*, de Keefe *et al.* [3], propose un certain nombre d'interfaces tangibles (par exemple pinceau, pot de peinture) pour permettre de peindre dans le volume défini par un système CAVE. Le peintre y est ainsi capable de tracer des traits de peinture dans l'espace 3D (figure 1.b) dans lequel il se trouve, suffisamment grand pour pouvoir se déplacer à l'intérieur. Notre prototype de sculpture numérique fusionne ces deux approches, en associant l'interaction à main levée de Schkolne *et al.* et la visualisation en CAVE de Keefe *et al.*

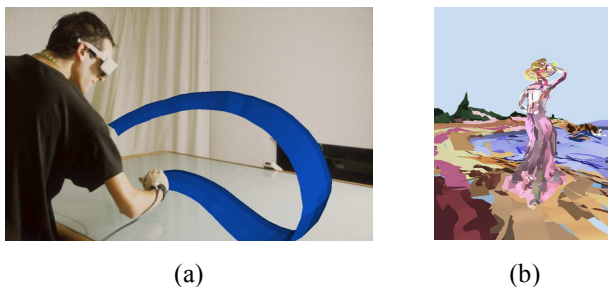


Figure 1 (a). *Surface Drawing* [4]. (b) *CavePainting*[3]

SurfaceDrawing et *CavePainting* proposent tous deux un ensemble d'interactions relatif à la tâche à effectuer: dessin sur le responsive workbench pour l'un, peinture en 3D pour l'autre. Excepté la génération de surfaces à la main de *SurfaceDrawing*, ces interactions font intervenir des

interfaces tangibles. Dans le but de proposer la peinture 3D à la danse, nous comptons dans un premier temps limiter les interactions aux interactions manuelles.

Les prototypes présentés dans cet article peuvent être vu comme des répliques des systèmes *SurfaceDrawing* et *CavePainting*. L'originalité vient ici de la combinaison de la génération de surfaces à la main et de l'utilisation d'un environnement immersif. Les systèmes proposés serviront de base à la conception d'interactions pour la Peinture 3D sur scène.

INTERACTIONS MANUELLES POUR LA PEINTURE 3D

L'expérience acquise lors du projet CARE sur la conception d'interactions pour la danse augmentée nous a conduit à favoriser des interactions simples et directes; c'est d'ailleurs la troisième préconisation de [2]. Nous imaginons ainsi trois interactions servant de base à la peinture 3D. L'implémentation précise de ces interactions dépend des systèmes utilisés; mais dans tous les cas, nous nous reposons sur la capacité à connaître la position de plusieurs points de la main dans un repère absolu.

La première interaction est directement issue de [4] et permet la génération de surfaces à la main. La forme de la main à un moment donné donne la forme du trait. Ainsi, nous relevons la position du poignet ainsi que les positions des articulations et de l'extrémité du majeur. La courbe formée par ces points au temps t définit la section de la surface à générer en t . Cette courbe de section est relevée régulièrement (typiquement entre 2 et 10 fois par seconde). A chaque nouvelle courbe relevée, la surface entre les sections t et $t-1$ est générée (voir figure 2). Pour dessiner une surface, l'artiste doit donc effectuer un mouvement où la main se déplace parallèlement à la surface de la paume (comme dans un geste de salut).

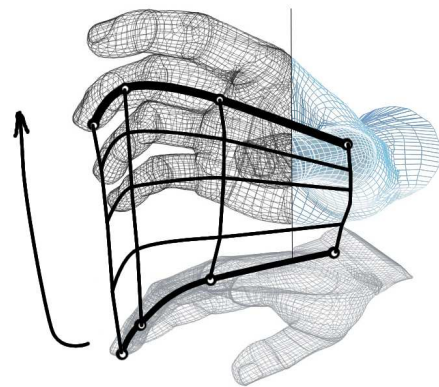


Figure 2. Tracé d'une surface de Bézier par le mouvement de la main.

La deuxième interaction permet la création de volumes dans l'espace, en déplaçant la main perpendiculairement à la surface de la paume (à l'instar d'une gifle). Afin de conserver la métaphore de la génération de matière par la main, la section du volume généré est égale à la surface

visuelle occupée par le dos de la main: ainsi, une main à plat générera un volume plus large qu'un point fermé.

Enfin, la troisième interaction permet la création de courbes ou de points dans l'espace. Pour activer ce mode, l'artiste garde la main fermée en ne déployant que l'index et le majeur. De la matière est alors générée au bout de ces deux doigts, permettant une génération plus précise qu'avec la main entière (l'équivalent d'un pinceau plus fin). Nous avons choisi cette conformation ou l'index et le majeur sont tous deux tendus pour cette interaction afin de réserver la conformation où seul l'index est tendu à de potentielles tâches de pointage. Nous n'envisageons pour le moment cette interaction que pour une génération directe et localisée de matière; une autre possibilité serait la génération de courbes permettant un remplissage automatique des surfaces fermées (à l'instar de [5]).

L'intérêt de ces trois interactions réside dans leur simplicité d'utilisation, basée sur une métaphore directe: la matière virtuelle est générée par la main (ou le bout des doigts). De plus, le changement de mode se fait naturellement. Pour passer d'une interaction à l'autre, il suffit de réorienter sa main ou de replier les doigts au cours du mouvement.

Nous tirons directement de [4] une dernière interaction modale. En complément des trois interactions proposées ci-dessus, la position du pouce permet de passer d'un mode "dessin" à un mode "mouvement libre". Ceci est assimilable au dessinateur levant son crayon pour dessiner un nouveau trait. Lorsque le pouce est collé à la paume, la surface ou le volume est généré. En position relâchée (pouce non collé), rien n'est généré.

Toutes ces interactions sont réalisables avec une seule main. La conformation et le mouvement définissent le mode de dessin, tandis que le pouce active ou désactive la génération de matière virtuelle. Ceci permet d'utiliser les deux mains en parallèle, prévenant ainsi une asymétrie limitatrice dans la réalisation d'une chorégraphie.

PROTOTYPES REALISES

Nous avons réalisé deux prototypes permettant d'explorer la peinture 3D dans un grand espace. Ces deux prototypes se limitent pour le moment à la génération de surfaces à la main. Le premier prototype a été développé pour un système immersif CAVE. Ce système présente l'avantage d'offrir un espace large où espaces d'action et de perception sont confondus pour l'artiste. Il n'est cependant pas adapté à la présence d'un public, le point de vue étant positionné par rapport à l'artiste. Ce prototype a donc été développé pour que les artistes puissent se familiariser avec la peinture 3D en voyant leurs créations, et pour leur permettre d'explorer les techniques proposées et de proposer eux-mêmes de nouvelles interactions. Le deuxième prototype, en cours de réalisation, est développé pour un environnement de scène, où les augmentations sont projetées: celles-ci sont donc perceptibles par un public, mais l'artiste lui-même est aveugle à ses créations.

Peinture 3D en CAVE via isiVR

Le prototype développé utilise le cube immersif (CAVE) de la salle immersive *Gouraud-Phong* du Centre de Recherche INRIA Sophia Antipolis-Méditerranée. Cet environnement est composé de quatre surfaces de projection (au sol et trois murs), formant un cube d'environ 3mx3mx3m. Le cube est équipé d'un système optique infra rouge de suivi de position (système ART-DTrack). L'utilisateur porte des lunettes munies de réflecteurs infrarouges; le système calcule pour chaque face un affichage stéréoscopique correspondant à son point de vue, donnant l'illusion que les éléments virtuels sont placés dans l'espace du cube. Des réflecteurs permettent également d'avoir les positions et orientation du poignet et des extrémités du pouce, index et majeur.

Afin de faciliter l'appropriation de la salle *Gouraud-Phong* par ses chercheurs et leurs collaborateurs, INRIA développe isiVR, un middleware permettant de libérer les développeurs des contraintes spécifiques à toute application immersive. Basé sur le moteur de rendu openSource OpenSceneGraph, isiVR permet la gestion des périphériques d'entrée, des systèmes d'affichages, du rendu stéréoscopique avec suivi de position (*head tracking*), de l'éventuelle utilisation d'un cluster et des problèmes de communication et de synchronisation qui en découlent. Les utilisateurs peuvent ainsi se concentrer sur leur problématique spécifique. L'application développée peut fonctionner sans modification aussi bien dans un environnement de travail standard (station de travail) que sur un système immersif à haute performance (multi écran + cluster + suivi de position). isiVR propose, entre autres, une séparation entre périphérique physique (*Device*) et action du périphérique sur la scène virtuelle (*Behavior*). Sa conception objet et l'utilisation de plugins et de callbacks permet à isiVR de facilement augmenter ou modifier son comportement. isiVR sera prochainement mis à la disposition de la communauté openSource. Ces fonctionnalités nous ont permis d'utiliser les capteurs infrarouges du cube immersif mais également d'ajouter un modèle de main générique (*Behavior*) à isiVR, ainsi que la gestion de gants de données 5DT (*Device*) [9].

Dans ce prototype, nous utilisons les capteurs infrarouges du cube pour suivre le poignet et les doigts. Pour générer la surface, nous considérons quatre points le long du majeur : les deux points extrêmes (poignet et bout du doigt) sont obtenus directement depuis isiVR. Les points intermédiaires sont obtenus par calcul, grâce à l'orientation du poignet (resp. de la dernière phalange) et la longueur du dos de la main (resp. de la dernière phalange). Les quatre points ainsi définis forment les points de contrôle d'une courbe de Bézier cubique. Cette courbe de Bézier est utilisée comme génératrice pour construire une surface de Bézier grâce au mouvement de la main. La surface est donc définie mathématiquement au lieu d'être définie par un ensemble de vertex. Cette technique a pour avantage de permettre un contrôle plus facile de l'échantillonnage et donc de potentiellement manipuler le niveau de détail des

surfaces générées, afin d'éviter le traitement d'un trop grand nombre de points. Une vidéo du résultat obtenu est disponible en [7].

Peinture 3D sur scène pour un public

Le deuxième prototype que nous développons est en cours de réalisation. Le but est ici de reprendre le travail réalisé lors du projet CARE pour l'augmentation d'une scène de ballet (voir vidéo [6]). Dans cette optique, nous utilisons un écran de rétroprojection sur lequel sont affichées les surfaces générées. La rétroprojection permet en effet de ne pas être gêné par l'ombre du danseur sur la surface de projection. Nous utilisons pour la capture une combinaison MVN [8] de capture du mouvement, complétée par des gants de données 5DT14U [9]. Ces gants de données ne donnent qu'un ratio de torsion (entre 0 et 1) pour 14 des degrés de liberté de la main (2 phalanges par doigt et les 4 inter-doigts). Nous avons donc développé un système prenant en paramètre les mesures d'une main pour calculer la position de chaque phalange à partir des données d'un gant. Le système gère la fusion des données de la combinaison MVN et des gants pour les mains gauche et droite, délivrant ainsi en sortie les coordonnées complètes (segments du corps et phalanges) d'un squelette par rapport à un repère absolu sur scène.

Nous utilisons le logiciel Virtools pour piloter les aspects graphiques de ce deuxième prototype. A l'instar d'isiVR, Virtools permet de définir des comportements (*Behavior*) pour les différents objets virtuels, ainsi que des dispositifs (*Device*) pour piloter ces comportements. Virtools repose sur un paradigme de programmation visuelle, où les comportements sont générés par l'arrangement de blocs de traitement (*Building Blocks*) entre eux. Nous avons donc intégré le flux des coordonnées fusionnées dans le logiciel Virtools pour piloter la génération de surface. Les fonctions génériques de Virtools permettent de tracer les deux courbes dont nous avons besoin en suivant le dessin de la main. Un *Building Block* développé en interne nous permet de récupérer les nœuds de ces courbes (vertex), d'implémenter le maillage de notre surface (meshs), puis d'y appliquer la texture voulue (UV-mapping).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté dans cet article les débuts de nos travaux sur la peinture 3D, un ensemble d'interactions permettant à un artiste de dessiner dans l'espace en faisant naître de la matière virtuelle de ses mains dans un grand espace. La peinture 3D prend place au sein du projet Sculpture numérique, ayant pour but de permettre le modelage d'objet 3D dans un grand espace, lui-même partie du projet Ballet Augmenté, dont le but est de proposer des interactions et augmentations originales pour la scène.

Nous proposons trois techniques d'interactions permettant de générer des surfaces, des volumes, ou des courbes dans

l'espace. Le changement d'interaction se fait intuitivement en changeant l'orientation ou la conformation de la main. Nous avons réalisé deux prototypes mettant en œuvre la génération de surfaces. Le premier prototype utilise un cube immersif et permet aux artistes de se familiariser et d'explorer l'outil proposé. Le deuxième prototype a été construit selon les contraintes d'un affichage sur scène. L'artiste est alors aveugle à ses créations mais grâce à un affichage stéréoscopique, le public a alors l'illusion que les surfaces 3D générées se trouvent dans l'espace scénique et naissent instantanément sous les mains du danseur.

Ces prototypes ouvrent de nombreuses perspectives. Notre but premier est d'inviter des chorégraphes et danseurs à utiliser notre prototype en cube immersif afin d'explorer l'outil et de proposer de nouvelles interactions, favorisant ainsi une conception centrée utilisateur des prochaines interactions à développer. Mais cet outil est également applicable dans l'industrie. Ce projet a notamment suscité un intérêt dans les domaines de la conception mécanique interactive (pour faire des croquis rapide et illustrer une idée), ou dans la spécification de l'orientation des fibres lors de la conception de pièces composites.

REFERENCES

1. Brody, B., Chappell, G.G. and Hartman, C. BLUIsculpt™. In *ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications* (SIGGRAPH '02). ACM (2002), New York, NY, USA, 291-291.
2. Deisinger, J., Blach, R., Wesche, G., Breining, R. and Simon, A. Towards immersive modeling – challenges and recommendations: a workshop analyzing the needs of designers. In *Eurographics Workshop on Virtual Environments* (2000), 145-156.
3. Keefe, D. F., Feliz, D. A., Moscovich, T., Laidlaw, D. H., and LaViola, J. J. CavePainting: a fully immersive 3D artistic medium and interactive experience. In *Proceedings of the 2001 Symposium on interactive 3D Graphics I3D '01*. ACM (2001), New York, NY, 85-93.
4. Schkolne, S., Pruett, M., and Schröder, P. Surface drawing: creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Seattle, Washington, United States). CHI '01. ACM (2001), New York, NY, 261-268.
5. Wesche, G. and Seidel, H.P. FreeDrawer: a free-form sketching system on the responsive workbench. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology* (VRST '01). ACM (2001), New York, NY, USA, 167-174.
6. Vidéo du projet CARE : <http://www.youtube.com/watch?v=Bbl0CxFeUZw>
7. Vidéo Peinture 3D en cube immersif : <http://www.youtube.com/watch?v=5JR3A5KQ-dg>
8. Site web XSens : <http://www.xsens.com/>
9. Site Web 5DT : <http://www.5dt.com/>