



Cube Tactile et Techniques d'Interaction pour une Meilleure Préhension de vos Objets

Jean-Baptiste de la Rivière
Immersion SAS
12 rue Feugas 33100 Bordeaux
jb.delariviere@immersion.fr
<http://www.immersion.fr>

Laurence Nigay
Laboratoire d'Informatique de Grenoble
Université Joseph Fourier
385, rue de la Bibliothèque, Domaine Universitaire
B.P. 53, 38041 Grenoble cedex 9 France
laurence.nigay@imag.fr
<http://iihm.imag.fr>

Thème 2 : La restitution 3D au service de la recherche archéologique

Mots-clés : interface, visualisation, interaction, manipulation de données

Keywords : interface, visualization, interaction, data manipulation

Remplacer l'étude d'objets ou sites archéologiques physiques par celle de leurs représentations numériques permet de lever beaucoup des contraintes fortes auxquelles nous sommes soumis dans l'environnement physique : distance, fragilité, échelles... Malgré ces perspectives, travailler sur une représentation numérique implique néanmoins de nouvelles contraintes en termes d'interaction. L'objectif de nombreuses études, comme de nos travaux, est ainsi de rendre les interactions de base que sont la manipulation et la navigation faciles, intuitives et non intrusives. Pour présenter ces avancées, nous avons choisi de nous concentrer sur une technologie à même d'offrir des interfaces plus intuitives : l'interaction tactile bi-manuelle, notamment par le biais du cubtile, périphérique tactile multipoint cubique. Les premiers résultats ont confirmé leur potentiel : ces technologies sont aujourd'hui mûres et en mesure de définir des outils efficaces au service de la recherche archéologique.



Studying ancient objects or archeological sites through their digital representatives help to avoid numerous constraints that one has to deal with in the real world: distance, fragility, scale... Despite such advantages, working with digital data implies new constraints, mostly in terms of interaction techniques. That is why many research works, such as ours, try to propose new interaction techniques that will render manipulation and navigation easy, intuitive and non-intrusive. To describe our results, we chose to focus on a technology that should be able to offer such a more intuitive interface: the bi-manual tactile interaction, which is indeed possible through the use of the cubtile, a cubic multitouch device. The first experiments confirmed our hopes and validated that the technology is now mature and should be able to help build efficient tools for archeological research.

1. INTRODUCTION

Le travail avec des données numériques, qu'elles soient issues d'informations réelles ou simulées, offre de nombreux avantages qui contribuent à les intégrer de plus en plus tôt dans nos différents processus de travail. C'est ainsi que la dématérialisation permet aux informations de s'échanger bien plus rapidement et ne contraint plus les différents collaborateurs à situer en un même lieu. Les problématiques d'échelle et contraintes logistiques sont abolies, les difficultés liées à la fragilité de certaines pièces sont contournées.

Malheureusement, ces nouvelles pratiques s'accompagnent de contraintes interactionnelles qui nécessitent d'aller au-delà des interfaces classiques avec un écran et une souris. Par exemple, les nombreux degrés de liberté requis pour manipuler (position et orientation) un élément 3D nécessitent une interface matérielle et/ou logicielle souvent délicate à prendre en main. De même, l'exploration de grands espaces informationnels nécessite des techniques d'interaction adaptées à une meilleure prise en main des informations à plusieurs niveaux de détails.

De nombreuses recherches s'efforcent aujourd'hui de faire évoluer les interfaces pour lever de telles contraintes. C'est ainsi que, dans le cadre du projet de recherche national CARE, plusieurs partenaires étudient et développent de nouvelles interfaces reposant sur l'interaction tactile bi-manuelle en combinant et tirant profit de technologies identifiées comme particulièrement pertinentes pour atteindre cet objectif. Cet article propose de détailler les évolutions récentes dans le domaine de l'interaction tactile, de présenter les recherches des auteurs sur ces thèmes et d'illustrer l'intérêt de ces techniques par des applications concrètes.

2. SOLUTIONS TACTILES

| | | |
|---|--------------------------------------|-----------|
| 090819-IMM-CARE-deLaRiviereNigay_VirtualRetrospect2009 | Date : 19/08/2009 | Page :2/8 |
| | Type de classification : Non protégé | |
| Ce document est la propriété de la société Immersion SAS. Il ne peut être ni reproduit, ni communiqué à des tiers sans autorisation écrite d'une personne mandatée à cet effet par ladite société. | | |



2.1 OFFRE MATERIELLE

Depuis bien plus d'une dizaine d'années, les technologies tactiles font rêver par les nombreuses promesses qui leur sont associées. L'utilisation du contact direct en lieu et place des entrées indirectes auxquelles nous sommes tous habitués, la prise en compte du sens du toucher jusque là laissé de côté, sont tout autant de paramètres responsables de cet intérêt qui ne faiblit pas. Malgré ces éléments, les interfaces tactiles sont restées jusque récemment cantonnées à des utilisations grand public brèves et ponctuelles, à l'image des saisies d'informations sur les guichets bancaires ou les bornes SNCF, où à des applications métier précises et restreintes. Ce n'est qu'avec l'émergence récente des nouvelles tables tactiles de grand format et des terminaux personnels assimilés à l'iPhone que les interfaces tactiles progressent réellement et se voient considérées comme support à des applications de plus en plus nombreuses.

L'offre aujourd'hui est effectivement telle qu'il existe une réponse robuste à tout besoin. L'utilisateur à la recherche d'une solution portable clé en main pourra compter sur l'iPhone ou sur les différents tablet-pc offrant cette technologie, quand l'intégrateur à la recherche d'une solution à même d'être montée au sein de son système pourra se rabattre sur les différentes dalles tactiles, de toutes tailles, ne nécessitant qu'une connexion USB. Le développeur d'applications web contraint aux degrés de liberté d'une souris sera satisfait de la technologie tactile simple point à laquelle nous avons été habitués, quand l'ingénieur responsable d'applications demandant à manipuler des données complexes se tournera vers des technologies tactile multi-points reconnaissant plusieurs doigts en contact simultanément, ainsi propres à supporter des interprétations de plus haut niveau d'abstraction. Des applications personnelles trouveront leur place sur des terminaux portables type smartphones, quand les tables tactiles seront le support idéal aux applications collaboratives.

Les différentes technologies en présence avancent chacune des avantages et inconvénients propres. C'est ainsi que la technologie résistive repose sur la détection de points de contacts entre deux surfaces conductrices, permettant l'utilisation d'objets comme des stylets mais présentant des difficultés à être portée sur de grandes surfaces. La technologie capacitive mesure la perte de charges électriques, conséquence d'un doigt posé sur une surface conductrice, est robuste mais restreint les contacts aux seuls objets conducteurs (doigts ou stylets spécifiques). Les technologies à base de suivi vidéo, tirant profit de l'utilisation de caméras, présentent les avantages importants d'être adaptées à de grandes surfaces et d'extraire des informations pouvant aller au-delà de la seule donnée de contact, comme la reconnaissance de la totalité de la main, mais sont souvent encombrantes car nécessitant le recul de la caméra et sont incompatibles avec certains environnements lumineux.

| | | |
|--|--------------------------------------|-----------|
| 090819-IMM-CARE-deLaRiviereNigay_VirtualRetrospect2009 | Date : 19/08/2009 | Page :3/8 |
| | Type de classification : Non protégé | |



2.2 CARACTERISTIQUES

Quand les techniques d'interaction sont appropriées, l'interaction avec un système tactile est ainsi souvent décrite et ressentie comme naturelle. Elle est également la plupart du temps rapide et efficace, et tire profit d'une interaction dans laquelle le doigt est directement posé sur l'objet d'intérêt, cible de la manipulation. Pour peu que l'interface soit multipoint et autorise plusieurs doigts en contact simultanément, l'interface a la capacité d'être collaborative et les interactions offertes bien plus riches. C'est ainsi que manipuler des photos virtuelles sur une table tactile multipoint est une expérience qui se rapproche autant que possible d'une manipulation semblable effectuée sur des photos réelles, voire la surpasse par la possibilité de remettre à l'échelle des images qui seraient d'une taille fixe si elles étaient physiques.

Malheureusement, ces avantages doivent être relativisés par la présence d'inconvénients potentiellement critiques. C'est ainsi que, en demandant à l'utilisateur des mouvements souvent plus amples et fréquents, en mettant à contribution plus de muscles, ces interfaces peuvent se révéler fatigantes pour l'utilisateur. Elles sont également moins précises que de nombreuses autres, l'épaisseur du doigt étant une limite que peu de systèmes arrivent à dépasser efficacement. Ce problème est d'autant plus important que le principe même du tactile amène à poser le doigt sur la cible, la main occultant ainsi une partie de l'affichage. En outre, la complexité potentielle des interactions offertes par les interfaces multipoint peut également avoir des conséquences négatives et confondre un utilisateur non entraîné, voire l'empêcher d'utiliser certaines applications. C'est ainsi qu'interagir avec des informations 3D est particulièrement délicat avec les surfaces tactiles, la limitation physique à un unique plan 2D ne facilitant pas l'accès à la dimension supplémentaire.

Beaucoup d'applications ne sont que peu concernées par ces inconvénients, et peuvent ainsi pleinement tirer profit de tous les avantages de ces technologies. Malheureusement, de nombreuses autres se voient contraintes d'écarter ces technologies à cause de ces limitations, à l'image d'applications liées au contexte archéologique où la quantité et la complexité de données manipulées sont importants.

3. CUBE TACTILE

| | | |
|--|--------------------------------------|-----------|
| 090819-IMM-CARE-deLaRiviereNigay_VirtualRetrospect2009 | Date : 19/08/2009 | Page :4/8 |
| | Type de classification : Non protégé | |



3.1 CONCEPT

C'est dans l'objectif d'introduire une interface qui conserve les principaux avantages du tactile, tout en permettant la manipulation de données complexes, que nous avons développé un nouveau périphérique tactile multipoint. Nous sommes notamment souvent témoins de la difficulté de manipuler, tant en position qu'en orientation, des modèles 3D de façon intuitive. La position est en effet définie sur 3 dimensions, tout comme l'orientation, et elles nécessitent ainsi toutes deux une interface proposant 6 degrés de liberté pour être manipulées avec autant d'aisance qu'on le ferait d'un objet réel. A l'inverse, comme nous l'avons vu plus haut, les surfaces tactiles multipoint permettent des techniques d'interaction se rapprochant d'une manipulation naturelle, mais sont limitées à un plan 2D.

C'est pourquoi nous avons développé le cubtile, interface tactile multipoint reposant sur 5 faces tactiles disposées dans l'espace. Elles forment ainsi un cube d'une vingtaine de centimètres de côté, sur les faces duquel les mains peuvent être posées. Sans aucune limite sur le nombre de points détectés, tous les doigts en contact avec chacune des faces peuvent être suivis, en temps réel (taux de rafraîchissement voisin des 100 Hz). Il offre ainsi à toute application l'ensemble des points en contact avec les surfaces tactiles, avec également pour chacun l'information de la face avec laquelle il est en contact. Aujourd'hui disposé à hauteur d'homme, il a été élaboré pour être adapté aux manipulations d'un utilisateur debout face à un grand écran de projection.

3.2 TECHNIQUES D'INTERACTION

Chaque doigt en contact est ainsi associé à une face, et chaque face peut être associée à un axe du repère 3D lié à l'écran. Un geste réalisé par un doigt ou un ensemble de doigts peut alors être associé à un axe du repère 3D dans lequel évolue un objet virtuel, premier cas d'application de notre interface. En se reposant sur les gestes multitouch de base que sont les :

- translations (un ou plusieurs doigts glissent en ligne droite sur la surface),
- rotations (plusieurs doigts tournent autour d'un axe),
- et zooms (plusieurs doigts s'éloignent de part et d'autre d'un centre),

le cubtile offre la capacité de positionner dans l'espace chacune de ces transformations. Par exemple, un doigt glissant de haut en bas sur la face de gauche indique une translation verticale, ou deux doigts tournant sur la face supérieure déclenchent une rotation autour de l'axe orthogonal à cette face, soit l'axe vertical. En outre, le périphérique permettant également de suivre les évolutions sur chacune des faces indépendamment, l'utilisateur a la possibilité de combiner les gestes sur plusieurs faces. C'est ainsi que deux gestes de translation dans le même sens sur deux faces parallèles seront associés à une translation, quand ces mêmes gestes de translation réalisés dans un sens inverse seront interprétés comme une rotation.

| | | |
|---|--------------------------------------|-----------|
| 090819-IMM-CARE-deLaRiviereNigay_VirtualRetrospect2009 | Date : 19/08/2009 | Page :5/8 |
| | Type de classification : Non protégé | |
| Ce document est la propriété de la société Immersion SAS. Il ne peut être ni reproduit, ni communiqué à des tiers sans autorisation écrite d'une personne mandatée à cet effet par ladite société. | | |



Alors que ce vocabulaire pourrait apparaître de premier abord comme relativement complexe, nos premières expérimentations nous montrent qu'ils ne sont rien d'autres que les gestes que chacun de nous réalise, dans le vide, pour montrer et expliciter des transformations 3D. Cette technique se révèle ainsi particulièrement intuitive, et permet de définir des techniques d'interaction au temps d'apprentissage réduit.

3.3 APPLICATIONS

Le paragraphe précédent devrait offrir une vision claire de l'utilisation du cubtile pour la manipulation d'objets 3D. Nos axes de recherche ne se limitant pas à cette seule application, nous avons cherché d'un côté à tirer profit des caractéristiques de cette interface dans des tâches différentes, d'un autre côté à compléter cette interface d'entrée par un affichage adapté.

3.3.1 Grands espaces informationnels

C'est ainsi que nous nous sommes également concentrés sur la tâche d'édition bimanuelle dans un grand espace informationnel, représentative des manipulations que nous faisons de cartes ou plans 2D. A la manière des bien connus Google Maps ou Mappy, les techniques d'interaction classiques ne permettent que d'effectuer une recherche grossière au travers d'une vue éloignée, puis de zoomer pour réaliser la tâche d'édition dans une vue précise. Face à la complexité liée à l'enchaînement des deux tâches élémentaires que sont le déplacement et le zoom, l'objectif est de permettre à l'utilisateur d'observer à la fois les informations à un bon niveau de détails pour réaliser sa tâche (par exemple marquer un point d'intérêt sur une carte) tout en restant conscient de sa position dans l'espace informationnel. Pour cela, une approche établie est celle du « focus+contexte » où une zone détaillée est affichée, entourée d'une zone à résolution plus faible présentant tout l'espace informationnel.

Adoptant cette approche « focus+contexte », le cubtile permet une utilisation bi-manuelle et a la capacité d'identifier les mains en contact : une fonction différente peut ainsi être associée à chaque main, et nous pouvons envisager une interaction plus efficace en combinant les deux types de tâche que sont la navigation (déplacement du focus dans son contexte) et la tâche centrale d'édition. Ainsi une main permet de déplacer le focus et définir la zone de travail dans lequel opère la deuxième main. La main non dominante est donc en mesure de contrôler l'exploration par le déplacement du focus qui lui est associée, alors que la main dominante est utilisée pour la tâche précise d'édition dans le focus.

Au-delà de la tâche d'édition d'un espace informationnel 2D comme un plan archéologique, une telle technique d'interaction permet également d'exploiter une interface unique de deux façons différentes. Adaptée aux deux tâches de navigation dans un plan et de manipulation d'objet 3D, l'interface permet de réaliser chacune d'entre elles efficacement mais offre également un gain de temps considérable lors du passage d'une tâche à l'autre : l'interaction est continue et ne nécessite pas de changer de dispositif.



3.3.2 Affichage : informations sous les doigts

Que nous manipulions des espaces 2D ou des objets 3D, le cubtile se voit disposé à quelques mètres du dispositif d'affichage. Au contraire des utilisations classiques du tactile, l'interaction n'est plus directe et les informations ne sont plus sous les doigts. Malgré la difficulté liée au volume de notre nouvelle interface, nous nous sommes penchés sur cette question et avons expérimenté avec plusieurs alternatives.

L'objectif est effectivement relativement ambitieux puisqu'il peut se résumer à afficher un volume à l'intérieur du cube tactile. Les technologies de Réalité Augmentée (RA), qui visent à superposer des informations virtuelles à notre environnement réel, pourraient ainsi constituer de premières pistes.

Une première application de la RA consiste à ajouter des éléments 3D virtuels au travers d'un flux vidéo. Nous avons appliqué ce principe en incrustant un modèle 3D de pont dans le point de vue d'une caméra de vidéo surveillance, dont les rotations et zooms sont contrôlés par le cubtile. Néanmoins malgré des retours positifs et la possibilité d'avoir plusieurs observateurs simultanément, l'image est toujours affichée sur un écran et l'interaction n'est toujours pas directe.

A l'inverse, une autre approche de la RA consiste à laisser l'utilisateur en contact direct avec l'environnement réel et à exploiter des écrans semi-transparentes pour ajouter des éléments 3D superposés directement à l'environnement réel. C'est ainsi que nous avons expérimenté l'interaction avec le cubtile couplé à un casque de RA, proposant d'observer le monde physique au travers d'un écran semi-transparent. Couplé à un capteur 6 degrés de liberté, il permet effectivement de voir l'objet de la manipulation à l'intérieur du cubtile. Les limitations optiques et les équipements nécessaires enlèvent cependant beaucoup de confort et ne permettent pas à plusieurs utilisateurs de voir l'objet.

Ainsi dans un troisième prototype, l'utilisateur manipulant le cube est devant un miroir. Il est donc face à son reflet et au reflet du cubtile. Notre solution permet d'afficher un objet 3D dans le reflet du cube et l'utilisateur voit effectivement cet objet apparaître entre ses mains. Le système a en outre l'avantage de permettre à plusieurs utilisateurs de profiter de cette visualisation, particulièrement attractive car se rapprochant de l'effet hologramme. L'augmentation ne porte par contre que sur le reflet de l'environnement plutôt que sur l'environnement réel lui-même.

4. CONCLUSION

| | | |
|---|--------------------------------------|-----------|
| 090819-IMM-CARE-deLaRiviereNigay_VirtualRetrospect2009 | Date : 19/08/2009 | Page :7/8 |
| | Type de classification : Non protégé | |
| Ce document est la propriété de la société Immersion SAS. Il ne peut être ni reproduit, ni communiqué à des tiers sans autorisation écrite d'une personne mandatée à cet effet par ladite société. | | |



Cet article décrit comment nous cherchons à tirer parti de l'interaction tactile bi-manuelle qui semble naturelle et pertinente dans un contexte archéologique. Il décrit notamment les dispositifs et techniques d'interaction avancées avec lesquels nous expérimentons aujourd'hui, qui permettent de dépasser les limites des interfaces actuelles pour la manipulation d'objets ou la navigation dans de grands espaces informationnels. Développés dans le cadre d'un projet de recherche appliqué au domaine culturel, ils s'appliquent à mettre au point des interfaces intuitives à la portée de tout utilisateur. C'est ainsi que, grâce à leur utilisation originale du tactile, ces propositions devraient être en mesure de favoriser l'interaction avec de nombreuses données archéologiques en permettant de les toucher du doigt, dans un contexte de recherche comme de valorisation.

5. REMERCIEMENTS

Ce travail a été en partie financé par l'ANR au travers du projet CARE sous le numéro de contrat 2007 AM 002 01. Les modèles 3D nous ont été confiés par l'Archéopôle d'Aquitaine / Institut Ausonius de l'Université Michel de Montaigne.