



HAL
open science

Commandes gestuelles et interactions 3D: une étude centrée utilisateurs

Anne-Marie Déry-Pinna, Diane Lingrand, Sébastien Meunier, Elodie
Mignerot, Philippe Renevier

► **To cite this version:**

Anne-Marie Déry-Pinna, Diane Lingrand, Sébastien Meunier, Elodie Mignerot, Philippe Renevier.
Commandes gestuelles et interactions 3D: une étude centrée utilisateurs. 2007, pp.18. hal-00461634

HAL Id: hal-00461634

<https://hal.science/hal-00461634v1>

Submitted on 5 Mar 2010

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.

Commandes gestuelles et interactions 3D : une étude centrée utilisateurs

Anne-Marie Pinna-Déry, Diane Lingrand, Sébastien Meunier, Elodie Mignerot,
Philippe Renevier

Équipe Rainbow – Laboratoire I3S (UNSA/CNRS) UMR 6070
Polytech'Nice - Sophia Antipolis
B.P. 145 - 06903 Sophia Antipolis - FRANCE
Diane.Lingrand@unice.fr

Abstract

Nous présentons une étude orientée utilisateur dont le but est de tester des interactions 3D dans le cadre de la création et la modification d'objets géométriques 3D. Cette approche s'appuie sur un prototype léger et facilement extensible constitué principalement d'un gant comme périphérique 3D. Nous montrons que l'ajout d'autres périphériques de commandes est une demande des utilisateurs, conduisant à une séparation entre interactions 3D et commandes.

1 Introduction

L'informatique s'est depuis longtemps intéressée aux représentations 3D du monde réel, malgré les limitations imposées par nos écrans et périphériques d'entrée courant (clavier, souris...) essentiellement conçus pour des représentations et une navigation dans un espace 2D. Avec la banalisation des cartes graphiques permettant une accélération matérielle 3D sur nos ordinateurs et l'émergence de nouveaux périphériques de visualisation 3D, les représentations 3D deviennent courantes. Ces technologies permettant de redonner à l'utilisateur une perception du monde 3D, plus proche de sa réalité quotidienne, sont sans aucun doute promises à se généraliser davantage. On peut d'ailleurs voir apparaître depuis peu des tentatives d'applications exploitant la troisième dimension dès le système de fenêtrage 3D (remplaçant nos bureaux KDE, Gnome, MacOS ou Windows). Cependant, claviers et souris sont aujourd'hui indissociables de nos ordinateurs fixes ou portables et, même s'ils permettent effectivement de naviguer et d'interagir avec les mondes 3D, ils ne sont pas adaptés à ceux-ci puisque conçus pour des applications 2D. Il suffit, pour s'en convaincre, de construire un objet 3D à l'aide d'un modèleur 3D (tels Blender, 3Ds Max ou Maya) : chaque modification dans l'espace doit être effectuée indirectement, en travaillant dans les différents sous-espaces de projection.

Depuis plusieurs années, de nombreuses tentatives de périphériques 3D ont vu le jour [2]. Pourtant, et malgré la difficulté de navigation dans les mondes 3D à partir d'un périphérique 2D, aucun d'entre-eux n'a rencontré un succès comparable à celui de la souris. Face à cette suprématie nous soulevons plusieurs interrogations pour essayer de comprendre d'où cet enracinement provient.

2 2 GANTS ET GESTES DANS LES APPLICATIONS INFORMATIQUES

1. La troisième dimension adresse des usages et des usagers très différents : jeux, logiciels de modélisation ou de simulation, applications éducatives. Certains d'entre-eux, tels que les jeux vidéo, ont des prérogatives de vitesse d'exécution et de fatigabilité.
2. Le coût des périphériques et de l'infrastructure associée peut-il freiner l'usage? Les gants de bonnes précisions actuellement sur le marché sont très chers.
3. Les habitudes des périphériques sont elles ancrées chez les utilisateurs le plus souvent non novices en informatique ?
4. La monopolisation de la main dominante par un gant est elle handicapante pour effectuer un ensemble de tâches?
5. Les périphériques 3D : des gants, la Wiimote, les claviers divers et variés ou les pointeurs lasers seraient-ils adaptés à certaines tâches plutôt qu'à d'autres ?

Pour déterminer les éléments de réponse, nous prônons une approche de construction de plate-forme plutôt que l'utilisation d'un magicien d'Oz afin de ne pas introduire de biais dû, par exemple, à une latence de réaction du système. Sachant que la plate-forme sera amenée à évoluer en fonction des études, nous avons choisi une approche modulaire, facilement modifiable et constituée d'éléments peu coûteux. Nous avons mis en place des procédures de tests utilisateurs afin d'expérimenter les périphériques adaptés à la manipulation 3D et plus particulièrement l'usage des gants et des gants.

Après avoir présenté les travaux relatifs à la prise en compte du geste dans les applications informatiques, nous allons décrire le cadre d'expérimentation que nous avons choisi de privilégier centré autour de l'usage métier de la modélisation d'objets 3D. Nous présentons ensuite à la lumière de ce contexte, les propriétés de la plate-forme Gestaction. Pour terminer nous décrivons la démarche centrée utilisateur que nous avons mise en place et expérimentée afin d'obtenir nos premiers résultats et terminerons par les perspectives.

2 Gants et gestes dans les applications informatiques

La dextérité de nos mains nous permet d'exécuter dans la vie courante des tâches avec précision et rapidité. Pour des tâches bien spécifiques, nous avons de bonnes performances d'apprentissage (travaux manuels, instruments de musique, ...). Les mouvements des mains seules ou utilisant différents objets ou outils ont été utilisés en IHM grâce aux techniques de Vision par Ordinateur depuis plusieurs années [16, 15, 1, 3, 2, 20, 14, 5, 10].

Les approches utilisant les techniques de Vision par Ordinateur pour la détection de mouvements libres de mains nues sont toujours au stade de recherche [14, 5] même si certains résultats sont prometteurs [20]. Limiter les mouvements possibles à un petit nombre facilite à la fois la tâche de l'utilisateur (un grand nombre de

mouvements impliquant plus d'apprentissage) et celle du module de reconnaissance. Par exemple, GestureVR [16] permet des interactions dans l'espace reconnues par deux caméras. Trois commandes gestuelles peuvent être reconnues. Deux doigts et leur orientation sont détectés. Ce système est utilisé pour du dessin 3D, la manipulation d'un robot et la navigation dans une scène 3D.

Aussi, de nombreux travaux utilisent des objets déplacés par les mains, plus facilement détectables. La *Magic Table* [1] utilise la détection de jetons colorés déplacés sur une table par des utilisateurs afin d'interagir avec des objets physiques et virtuels disposés sur ce plan. La baguette magique visuelle (*VisionWand*) [3] est une baguette dont les deux extrémités sont vivement colorées afin d'être aisément détectées et qui est utilisée pour l'interaction avec des objets 2D et la sélection de menus. Le système permet la reconnaissance de neuf commandes gestuelles.

Les interactions 3D ont également été étudiées dans le cas particulier de visualisateurs volumiques 3D [9], permettant une visualisation et une manipulation tout autour de l'objet étudié. Malheureusement, ce type de visualisateur est encore peu répandu et coûteux.

Les motivations de ces différents travaux concernent la manipulation d'objets [1, 3, 17], le pointage d'objets ou sélection de menus [15], la reconnaissance de gestes pour des commandes gestuelles [18] ou encore la reconnaissance du langage des signes [6].

Smith et ses collègues [17] ont explicités les contraintes permettant la manipulation d'objets 3D en utilisant des périphériques 2D. Ils utilisent leur système pour la manipulation d'objets dans une pièce (chaises, tables, ...).

Moeslund et ses collègues [15] ont développé un système de pointage en utilisant à la fois des techniques de vision par ordinateur et un tracker magnétique monté sur des lunettes stéréo.

Dans les différentes façons d'interagir avec un monde 3D, on se rend compte qu'il existe deux types d'interaction : des interactions réellement spatiale, et des interactions étant plutôt des commandes pouvant être apparentée à une sélection de mode ou de menu, un pointage, ... et qui peuvent être soit linéaire, soit plan. On s'est alors intéressé aux commandes gestuelles.

Pour des commandes gestuelles, on préfère des gestes 2D car leur mémorisation est plus simples. Il est également préférable pour l'utilisateur d'avoir une visualisation de sa gesture [11]. Un geste plan peut être repéré par une caméra seule dirigée vers l'utilisateur, ce qui limite les déplacements de l'utilisateur, ou bien dirigée vers l'écran repérant les traces d'un pointeur laser.

Dans ce travail, nous cherchons à permettre l'étude des interactions avec des objets 3D en ce qui concerne leur déformations et leur manipulation ainsi que leur visualisation depuis différents points de vue. Notre prototype se veut suffisamment générique afin de permettre des études en salle immersive (sombre), dans un bureau standard ou même dans une salle de cours. Nous avons construit un périphérique passif à base de gants confortables aux extrémités colorées. On s'intéresse à un espace d'interaction moins limité que celui de systèmes existants tels que les gants P5 de la société *Essential Reality* mais forcément limité par le champ de vue des caméras.

3 Contexte d'expérimentation : modification d'un maillage 3D

La troisième dimension adresse des usages et des usagers très différents. Il est donc important de cibler une application spécifique afin de déterminer l'ensemble des interactions 3D lui correspondant et d'établir pour cet ensemble et cet usage, les gestes adaptés et les limites des gestes dans les tâches à réaliser.

3.1 Des utilisateurs à l'usage

Face aux différents usages et usagers des applications 3D, nous avons privilégié dans un premier temps un panel précis d'utilisateurs. Nous avons écarté le monde du jeu vidéo pour lequel l'identification des tâches à effectuer et la richesse des données 3D peut être très spécifique à un jeu donné.

Nous avons choisi de nous intéresser essentiellement aux personnes qui utilisent des logiciels de modélisation dans le cadre d'une tâche métier. Ainsi les utilisateurs visés ont des tâches spécifiques à réaliser, souvent répétitives, souvent longues et fastidieuses puisque se concentrant sur un nombre limité d'actions. C'est le cas pour la technique de modélisation polygonale; un infographiste 3D est capable de réaliser toutes sortes d'objets, même les plus complexes à l'aide de polygones élémentaires et de modification de polygones. Nous visons donc un logiciel de modélisation 3D couplé à un dispositif de réalité virtuelle permettant aux utilisateurs de voir en trois dimensions grâce à des lunettes stéréoscopiques.

3.2 De l'usage aux types d'interactions

Nous pouvons ainsi cibler une tâche principale qu'est la modification du maillage d'un objet 3D existant : la déformation, la manipulation d'objets 3D depuis différents points de vue. Nous avons identifié à partir de cette tâche différents modes d'interactions avec les maillages tels que la sélection de sommets, sélection d'arêtes et sélection de face. Différentes opérations telles que le déplacement d'un sommet ou d'une face, l'extrusion, l'ajout ou la destruction d'une arête sont également proposées.

Nous distinguons ainsi la sélection de modes d'interaction et des interactions 3D proprement dites. Nous nous intéressons à la pertinence du seul gant de données pour à la fois la sélection de mode par gestes et les interactions 3D, ce qui nécessite de distinguer des phases de gestes de phases d'interactions 3D. Nous cherchons à étudier s'il n'est pas préférable d'utiliser plutôt d'autres modalités en plus du gant.

3.3 Des types d'interaction aux gestes

Dans [13], nous avons présenté des interviews utilisateurs concernant les gestes intuitifs que ceux-ci souhaiteraient pour différentes actions telles que la sélection d'objet (un ou plusieurs), les déplacements d'objets (rotation, translation) et les déformations d'objets. Les interviews étaient sans contraintes (choix des mains,



Figure 1: Sélection : tout le monde est d'accord !



Figure 2: Cas de la rotation de la caméra : différents utilisateurs, différents gestes !

doigts, espace de mouvement possible, ...). Pour certaines actions comme par exemple la sélection, les interviews concordent sur un geste (figure 1) tandis que pour d'autres commandes comme par exemple l'orientation, les gestes sont très variés et il n'est pas possible de dégager un résultat (figure 2).

Ainsi avons-nous décidé d'un jeu de gestes pour les différentes commandes [12]. Une fois ce premier type d'interactions proposé, il convient de faire une évaluation utilisateurs de ces gestes et surtout de l'utilisabilité des gestes combinées aux mouvements 3D et d'étudier également d'autres alternatives, notamment concernant le nombre de doigts utilisés, le nombre de mains ainsi que d'autres modalités. Pour cela nous avons mis en place une plate-forme légère et peu coûteuse à partir de laquelle les tests utilisateurs pourront être effectués.

4 Caractéristiques d'une plate-forme de tests pour la manipulation 3D.

Afin de faciliter les expérimentations nous avons choisi de développer une plate-forme légère et peu coûteuse qui permet l'utilisation de gestes ou de raccourcis claviers.

4.1 Une plate-forme peu coûteuse et facilement transportable

La plate-forme est basée sur une architecture client / serveur (figure 3).



Figure 3: Client et serveur.

Le serveur est responsable du ou des périphériques tandis que le client gère la scène 3D, les modifications demandées et le rendu. La communication entre le serveur et le client est effectuée à l'aide de la bibliothèque VRPN [19] permettant d'intégrer différents systèmes de réalité virtuelle.

Le gant est fabriqué à partir d'un sous-gant noir sur lequel sont cousues aux extrémités des doigts des diodes de couleurs différentes permettant leur détection automatique aisée. L'acquisition stéréo est effectuée au moyen de deux webcams dans une configuration permettant de simplifier la géométrie épipolaire en géométrie standard[8]. Cela permet d'exprimer et surtout de calculer la profondeur des points

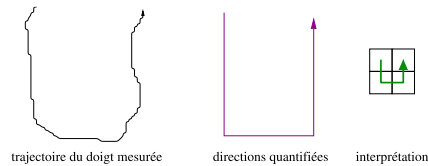


Figure 4: Reconnnaissance de geste : les directions sont quantifiées selon les quatre directions : haut, bas, gauche et droite, puis les redondances éliminées

de façon simple et rapide. Un étalonnage est réalisé afin d'exploiter l'intégralité du champ de vision des webcams pour les déplacements souhaités dans la scène 3D.

La reconnaissance de gestes est activée lorsque pouce et majeur se touchent et déclenche ainsi des contrôles élémentaires. On a volontairement limité le nombre de commande gestuelles afin de discrétiser grossièrement les mouvements et d'augmenter ainsi la robustesse. Le principe est similaire à celui utilisé dans *Mozilla All-In-One Gestures*¹. Tout déplacement est interprété dans un plan orthogonal à la caméra et est discrétisé selon l'une des quatre directions : haut, bas, gauche et droite. Toute suite de mouvements identiques est remplacée par un seul mouvement (voir figure 4).

Cependant, la plate-forme permet également d'exécuter les commandes de base à partir d'autres périphériques : claviers, wiimote, etc.

Coté client, les coordonnées 3D sont récupérées afin d'interagir avec les maillages et la scène selon différents modes d'interactions (déplacement, étirement, destruction, extrusion). La géométrie des maillages est gérée grâce à la librairie CGAL[7] proposant de nombreuses opérations utiles sur les maillages comme le raffinement de maillage.

Le rendu OpenGL est soit classique, soit stéréo, en utilisant le matériel disponible (lunettes stéréo VREX utilisant l'affichage d'une colonne sur deux ou bien lunettes 3D Crystal Eyes, en bureau ou en salle de réalité virtuelle). Nos observations ont conforté le fait qu'une visualisation stéréo améliore grandement les performances des utilisateurs.

4.2 La qualité de l'interface graphique

Suite aux premières confrontations avec les utilisateurs, la plate-forme offre maintenant de nombreux retours visuels. Ce besoin est inhérent à la manipulation à distance induite par le gant : tout comme la souris, le gant doit avoir une représentation constante sur l'écran afin de rassurer l'utilisateur quant aux actions qu'il est en train d'effectuer. De plus, les notions de repère et de contexte de manipulation s'avèrent d'autant plus importantes que l'utilisateur se retrouve immergé dans une représentation 3D. Le mode d'action courant est affiché en continu. Le sommet, arête ou face sélectionné dispose d'une poignée clairement visible. Afin de faciliter les manipulations, une grille repère, un trièdre associé au repère (X,Y,Z), les nor-

¹<https://addons.mozilla.org/firefox/12/>

males aux faces ou encore le sommet du maillage le plus proche du curseur peuvent être affichés. Lors d'une action ponctuelle, un retour visuel ponctuel s'effectue.

5 Quand utiliser les gants ? Une démarche centrée utilisateurs.

Afin d'évaluer les avantages et inconvénients de l'utilisation du gant, nous avons émis l'hypothèse suivante : une grammaire gestuelle permet d'effectuer seulement un nombre limité de combinaisons et il paraît inévitable que les gestes ne soient pas le seul moyen d'interaction avec l'application.

Cependant, il est important d'identifier quelles sont les actions qui sont facilitées par le gant et quels sont les périphériques secondaires à utiliser pour faciliter la manipulation complète. Notre objectif est d'identifier l'activité de modélisation 3D avec des utilisateurs de niveau intermédiaire ou experts dans le domaine. Nous faisons émerger par leurs besoins une liste de fonctionnalités nécessaires, associées à une tâche de modélisation 3D dans un environnement virtuel. Nous définissons alors une taxonomie de ces fonctionnalités qui permet de tester différentes modalités d'interaction. Notre stratégie repose sur un cycle de conception centrée utilisateur. Le matériel proposé par cette démarche est large : des questionnaires, des interviews, des réunions participatives, etc. Dans notre cas nous avons eu la démarche ergonomique suivante : choisir de confirmer notre hypothèse par un questionnaire diffusé à des utilisateurs avertis de logiciels 3D et ensuite affiner et trouver des solutions à partir de réunions participatives avec un petit panel d'utilisateurs mis en situation.

Dans la suite nous allons décrire plus précisément ces différents aspects et résultats.

5.1 Adéquation du gant aux interactions 3D

Une première étape a été la mise en place d'un questionnaire ayant pour but d'évaluer les connaissances des sondés en ce qui concerne leur compétence en manipulation de logiciels ou modeleurs 3D afin d'essayer d'établir quels sont leurs points de vues concernant l'utilisation de gestes et leurs limites. Le questionnaire a été posté sur des forums de graphismes 3D spécialisés tels que Blender ou 3Ds Max. Pour l'analyse statistique des résultats, certains questionnaires ont été écartés (temps de réponse trop rapide pour assurer une véritable réflexion), certaines réponses ont été ignorées lorsqu'il manquait de cohérence sur les questions redondantes.

Cette première étude a mis en évidence qu'a priori notre hypothèse s'avérait partagée : le gant seul, même s'il permettait de faire des contrôles via des gestes, n'est pas suffisant aux vues de la complexité et de la diversité des fonctions nécessaires à un logiciel de modélisation 3D.

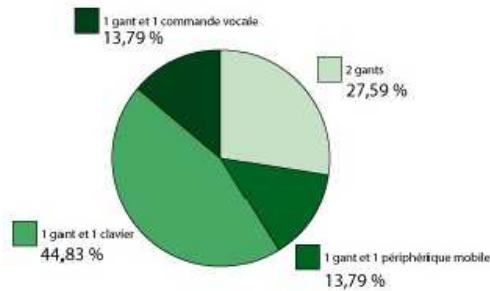


Figure 5: Propositions de modalités d'interaction supplémentaires : 44,83% des utilisateurs sont désireux d'utiliser un périphérique de type clavier, rien d'étonnant puisque c'est justement ce type de périphérique qu'ils utilisent dans leurs tâches de modélisation. Nous noterons quand même que 27,59% des utilisateurs aimeraient avoir deux gants, ces derniers font d'ailleurs référence dans leurs remarques à des cas de modélisation d'objets étroitement liés avec la sculpture ou la poterie.

5.2 Réunion participative et gestes

Afin d'affiner nous avons mis en place une réunion participative avec 4 utilisateurs. Cet échantillon était représentatif de notre population cible, c'est-à-dire que les participants devaient être sensibilisés aux contraintes et spécificités de la modélisation 3D, et avoir déjà eu une expérience dans ce type de tâches. Les objectifs de cette réunion étaient d'analyser les besoins et les attentes des utilisateurs de logiciels de modélisation 3D, de générer des idées innovantes, des suggestions, des propositions, d'identifier les problèmes d'utilisabilité, et d'amener concepteurs, programmeurs et utilisateurs à générer des solutions.

Après la présentation du dispositif, nous avons fait réagir les utilisateurs sur les gestes. L'intérêt pour nous était de connaître leurs impressions et de comprendre en quoi les gestes pouvaient paraître dérangeantes : 54,45% des personnes qui connaissent les gestes les trouvent peu satisfaisantes (voir figure 6). Nous souhaitons également connaître quelle(s) manière(s) elles pouvaient être utilisées dans une tâche de modélisation 3D.

Les idées des utilisateurs étaient assez partagées, mais ils sont tous tombés d'accord sur l'inconvénient de lenteur pour l'exécution d'une gesture, comparé à la vitesse du raccourci clavier associé. Ces commandes étant fréquentes lors d'une tâche de modélisation, la différence de temps d'exécution risque de s'en faire sentir. Il est également à noter qu'une erreur de gesture est plus probable qu'une erreur de touche de clavier.

Dans une première conclusion, nous avons assigné aux gestes des fonctionnalités servant au paramétrage, à l'affichage et à la visualisation plutôt que pour agir sur des fonctions de type (changer mode de sélection ou changer mode d'action) qui sont utilisées fréquemment :

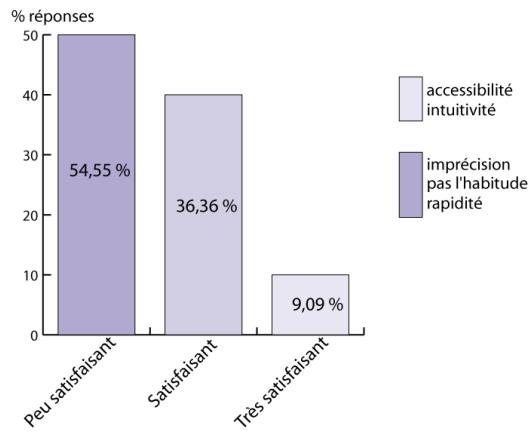


Figure 6: Satisfaction concernant l'utilisation de gestes : 54,55% trouvent les gestes peu satisfaisantes, les 36,36% d'utilisateurs ayant répondu que cette modalité d'interaction est satisfaisante n'ont pas spécifié de remarques particulières, les 9,09% très satisfaits par les gestes ont toujours apporté des précisions dans leurs remarques.

rendu fil de fer	
rendu surfacique	
extrusion	
rendu lissé / non lissé	

5.3 Méthode de tri de cartes et identification des tâches associées aux gestes

Pour affiner ce découpage, nous avons mis en pratique la méthode du tri de cartes. Nous avons ainsi demandé aux participants de procéder à des regroupements de fonctionnalités dans le cadre d'une tâche de modélisation 3D. Cette étude a permis d'identifier la manière dont les utilisateurs perçoivent et utilisent ces fonctionnalités, et de dissocier les fonctions liées à la manipulation de celles servant à l'orientation de l'objet dans la scène. Ce simple exercice a permis aux participants d'avoir une vision globale du système. Il y a eu confirmation des résultats de l'enquête en ligne en regroupant et distinguant des fonctionnalités liées à la modélisation de celles liées aux commandes d'orientations (voir figures 7, 8, 9 et 10).

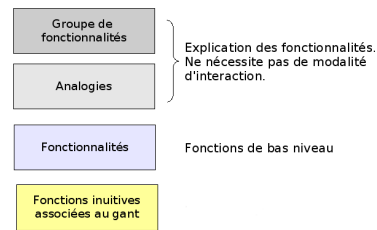


Figure 7: Légendes des couleurs utilisées pour modéliser l'arbre des tâches

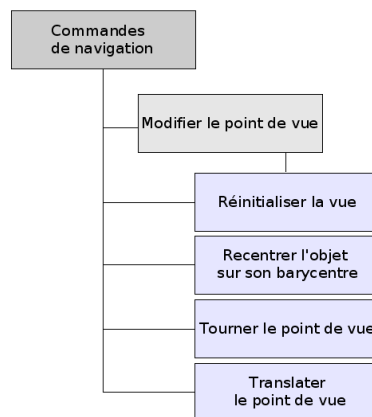


Figure 8: Arbre des commandes de navigation

5.4 Interview et dispositifs d'interactions

Suite aux debriefing du tri de cartes, nous avons convié les participants à nous expliquer comment ils imaginaient interagir avec le système afin de comprendre comment les utilisateurs se représentaient le dispositif final. Nous avons utilisé une technique de simulation de pensée; le *wishful thinking*, qui consiste à mettre le sujet en situation de réalisation d'une tâche métier et de lui demander de nous dire ce qu'il voudrait obtenir idéalement. Les résultats étaient partagés entre, pour deux participants, l'utilisation de deux gants de données et les deux autres qui préféraient avoir un clavier ou un dispositif mobile muni d'une centrale inertielle ou d'accéléromètres. Tous veulent un clavier virtuel, soit informatif servant de HUD² pour montrer à l'utilisateur quelle fonctionnalité il a activé et quelles fonctionnalités il lui reste possible d'effectuer, soit un clavier virtuel (paramétrable) utilisable avec le gant qui conserverait des propriétés informatives pour guider les utilisateurs.

Nous noterons aussi les remarques sur la fatigue musculaire qui semblait inquiéter

²Head-Up Display : caractérise les informations qui sont toujours affichées à l'écran.

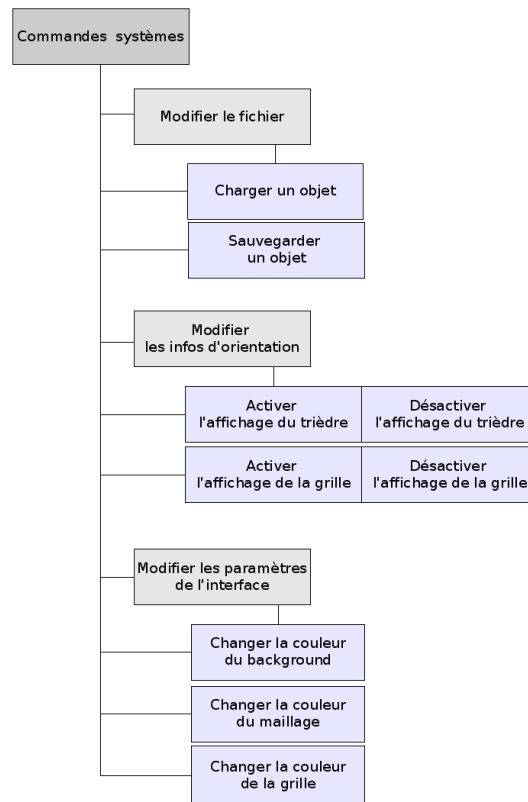


Figure 9: Arbre des commandes systèmes

nos participants. Après le debriefing, tous les participants s'étaient mis d'accord pour dire qu'une modalité interactive avec un clavier mobile ou une télécommande serait certainement la solution à la fatigue musculaire et à l'aspect contraignant d'avoir un deuxième gant. On distingue alors clairement le périphérique destiné à l'acquisition de données 3D (le gant) des périphériques utilisés pour des commandes (clavier numérique sans fil, télécommande).

5.5 Résultat de la démarche et fiabilité des résultats

La mise en place des expériences s'est déroulée en respectant les règles d'ergonomie associées aux démarches appliquées. Les panels d'utilisateurs et le sérieux des résultats a été validé. Nous avons appliqué les méthodes préconisées par exemple par le programme de recherche CAUTIC³ afin d'écartier des usagers interrogés les

³Conception Assistée par l'Usage pour les Technologies, l'Innovation et le Changement

passionnés de nouvelles technologies dont les résultats risquent de ne pas s'avérer fiables dans le temps. Les résultats statistiques nous ont permis d'écarter des résultats non fiables au niveau du questionnaire.

Cette démarche s'est avérée très intéressante dans la mesure où elle nous a permis d'identifier précisément les tâches qui sont adaptées à l'usage du gant. Elle a également permis de mettre en évidence l'intérêt d'associer au gant un second dispositif moins contraignant et complémentaire afin d'accélérer le temps de réalisation des tâches et de diminuer la fatigabilité. Par contre, il est nécessaire à ce stade de poursuivre les expérimentations pour essayer d'identifier le rôle exact et la nature de ce périphérique associé.

6 Un gant associé à un autre dispositif : une solution plus attendue ?

Suite aux rencontres avec les utilisateurs, la plate-forme a été modifiée afin de prendre en compte d'autres périphériques que le gant pour les commandes. Trois possibilités sont maintenant disponibles :

- le gant seul. Les commandes sont déclenchées par des gestes, elles-mêmes activées par le toucher du pouce et du majeur.
- le gant et un pavé numérique sans fil (19 touches). Les flèches sont utilisées pour la navigation, + et - pour le zoom, "enter" pour la sélection et "backspace" pour tout désélectionner (voir figure 11).
- le gant et la wiimote (7 boutons + 4 directions-boutons + 3 orientations + 3 directions d'accélération). Toutes les fonctionnalités de la wiimote n'ont pas été utilisées. Cependant, outre les boutons, l'orientation de la wiimote est utilisée pour les mouvements de caméra tandis que deux gestes simples utilisant les capteurs d'accélération sont utilisées pour réinitialiser la vue (on secoue de haut en bas) et centrer l'objet dans la scène (on secoue de gauche à droite). Voir figure 12.

Il est à noter que l'introduction de la wiimote (introduite sur le marché en décembre 2006) a quelque peu modifié le découpage des actions puisque des interactions 3D sont également disponibles avec ce périphérique (3 orientations, 3 directions d'accélération).

Nous avons pu réappliquer la même procédure de tests (excepté le questionnaire qui n'est plus utile lors de ce second cycle d'évaluation) que pour les gants avec les nouveaux périphériques : les scénarios et les prises de notes étant au préalable préparés. Nous avons fait une première expérimentation sur le même panel d'utilisateurs. Les résultats sont partagés et il n'est pas possible de tirer de conclusion. Nous pensons que cela provient du petit nombre d'utilisateurs.

7 Conclusion

La démarche que nous avons suivie s'est avérée utile à plusieurs niveaux. Elle nous a permis d'obtenir un prototype léger, modulaire et adapté aux applications 3D ciblées. De plus, on peut facilement connecter de nouveaux périphériques. Elle nous a permis d'obtenir un premier résultat sur l'usage des gants et de leur intérêt dans des tâches spécifiques de manipulation précises mais de leur insuffisance sur d'autres tâches plus générales. Un point important également est la mise en place d'une méthodologie de tests utilisateurs fiable et réutilisable. Les scénarios de tests et les procédures d'analyses ont déjà été en partie réutilisés et le seront à l'avenir afin de mieux associer les tâches et les périphériques associés aux gants.

Nous envisageons pour la poursuite de ces travaux de refaire l'étude sur une population d'utilisateurs plus vaste afin de pouvoir obtenir des validations sur les usages des périphériques secondaires. Ensuite, nous élargirons notre réflexion à d'autres usages de la 3D en changeant l'application visée et les interactions s'y référant. Dans ce contexte, nous ciblerons les applications médicales en nous adressant à des praticiens utilisant des algorithmes de segmentation d'images médicales 3D et cherchant un résultat précis. Nous mettrons en place la même méthodologie de tests afin de déterminer si il peut y avoir des consensus quant aux périphériques adaptés.

8 Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont encouragé ce travail à l'Université de Nice-Sophia Antipolis, au laboratoire I3S et au CSTB Sophia Antipolis.

References

- [1] F. Bérard. The Magic Table: Computer-Vision Based Augmentation of a Whiteboard for Creative Meetings. In *IEEE Workshop on Projector-Camera Systems, in conj. with ICCV (PROCAM)*, 2003.
- [2] D. A. Bowman, E. Kruijff, J. J. LaVIOLA, and I. Poupyrev. *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley, 2004.
- [3] X. Cao and R. Balakrishnan. VisionWand: Interaction Techniques for Large Displays Using a Passive Wand Tracked in 3D. In *Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*, pages 173–182, Vancouver, Canada, 2003. ACM Press.
- [4] A. Celentano and P. Mussio, editors. *Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, Venezia, Italy, May 2006. ACM-SIGCHI, ACM-SIGMM, SIGCHI Italy, ACM Press.
- [5] K. G. Derpanis. A Review of Vision-Based Hand Gestures. internal report, Centre for Vision Research, York University, Canada, 2004.

- [6] K. G. Derpanis, R. P. Wildes, and J. K. Tsotsos. Hand Gesture Recognition within a Linguistics-Based Framework. In T. Pajdla and J. Matas, editors, *European Conference on Computer Vision*, volume LNCS 3021, pages 282–296, Prague (Czech Republic), May 2004. Springer.
- [7] A. Fabri, G.-J. Giezeman, L. Kettner, S. Schirra, and S. Schönherr. On the Design of CGAL a Computational Geometry Algorithms Library. *Software - Practice and Experience*, 11(30):1167–1202, 2000.
- [8] O. Faugeras. *Three-Dimensional Computer Vision*. MIT Press, 1993.
- [9] T. Grossman and R. Balakrishnan. An Evaluation of Depth Perception on Volumetric Displays. In Celentano and Mussio [4], pages 193–200.
- [10] A. Jaimes and N. Sebe. Multimodal Human Computer Interaction: A Survey. In *IEEE International Workshop on Human Computer Interaction in conjunction with ICCV*, Beijing, China, Oct. 2005.
- [11] S. Kallio, J. Kela, J. Mäntyjärvi, and J. Plomp. Visualization of Hand Gestures for Pervasive Computing Environments. In Celentano and Mussio [4], pages 480–483.
- [12] D. Lingrand, S. Meunier, P. Renevier, A.-M. Pinna-Déry, M. Riveill, and J. Soula. Towards better interactions with a 3D deformable model with your hands. In *Symposium of 3D User Interfaces (3DUI)*, Charlotte, North Carolina, Mar. 2007. IEEE.
- [13] D. Lingrand, P. Renevier, A.-M. Pinna-Déry, X. Cremaschi, S. Lion, J.-G. Rouel, D. Jeanne, P. Cuisinaud, and J. Soula. Gestaction3D: a platform for studying displacements and deformation of 3D objects using hands. In *International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces (CADUI)*, pages 105 – 114, Bucharest, Romania, June 2006. Springer-Kluwer.
- [14] T. B. Moeslund and L. Nørgaard. A Brief Overview of Hand Gestures used in Wearable Human Computer Interfaces. Technical Report CVMT 03-02, Laboratory of Computer Vision and Media Technology, Aalborg, Denmark, 2003.
- [15] T. B. Moeslund, M. Storing, and E. Granum. A Natural Interface to a Virtual Environment through Computer Vision-estimated Pointing Gestures. In *Int. Workshop on Gesture and Sign Language based Human-Computer Interaction (GW 2001)*, pages 59–63, London, UK, Apr. 2001.
- [16] J. Segen and S. Kumar. Gesture VR: Vision-Based 3D Hand Interface for Spatial Interaction. In *International Conference on Multimedia (ACM Multimedia)*, pages 455–464, Bristol, UK, Sept. 1998. ACM Press.
- [17] G. Smith, T. Salzman, and W. Stürzlinger. 3D Scene Manipulation with 2D Devices and Constraints. In *Graphics Interface*, pages 135–142, Ottawa, Ontario, Canada, June 2001.

- [18] T. Starner, B. Leibe, D. Minnen, T. Westyn, A. Hurst, and J. Weeks. The perceptive workbench: Computer-vision-based gesture tracking, object tracking, and 3D reconstruction for augmented desks. *Machine Graphics and Vision (MGV)*, 14:59–71, 2003.
- [19] R. M. Taylor, T. Hudson, A. Seeger, H. Weber, J. Juliano, and A. Helser. VRPN: A Device-Independent, Network-Transparent VR Peripheral System. In *ACM Symposium on Virtual Reality Software & Technology (VRST)*, Banff, Canada, Nov. 2001. ACM, SIGGRAPH, and SIG-CHI, ACM Press.
- [20] G. Ye, J. J. Corso, and G. D. Hager. Gesture Recognition Using 3D Appearance and Motion Features. In *Workshop on Real-Time Vision for Human-Computer Interaction (in conj. with CVPR)*, Washington DC, USA, June 2004. IEEE Computer Society.

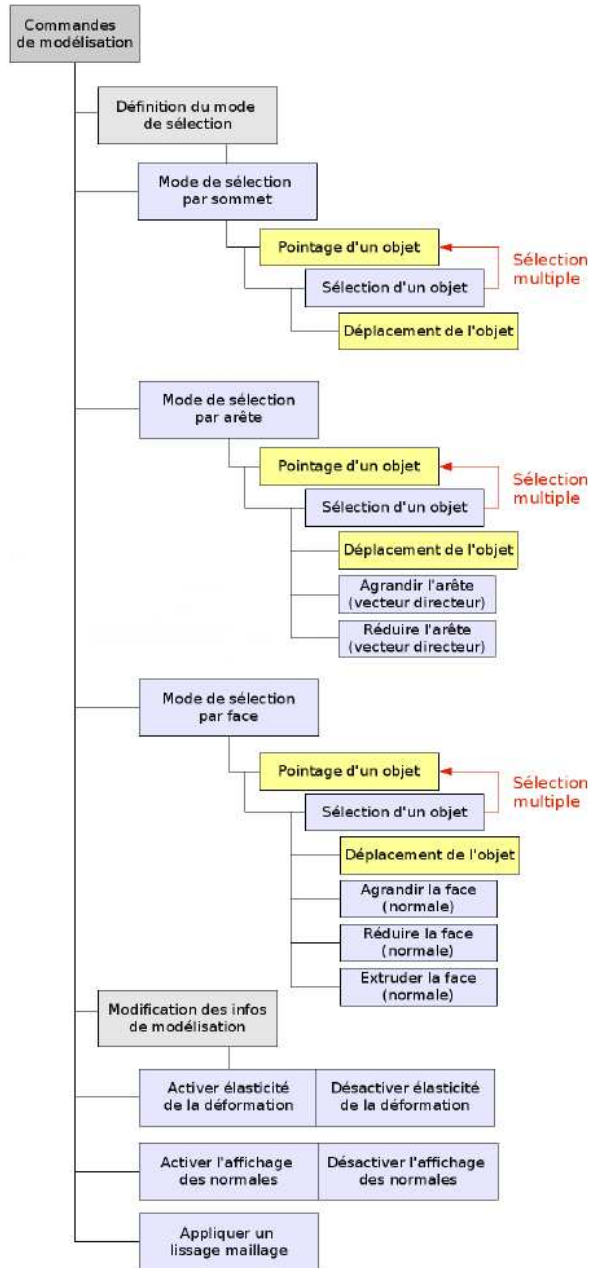


Figure 10: Arbre des commandes de modélisation

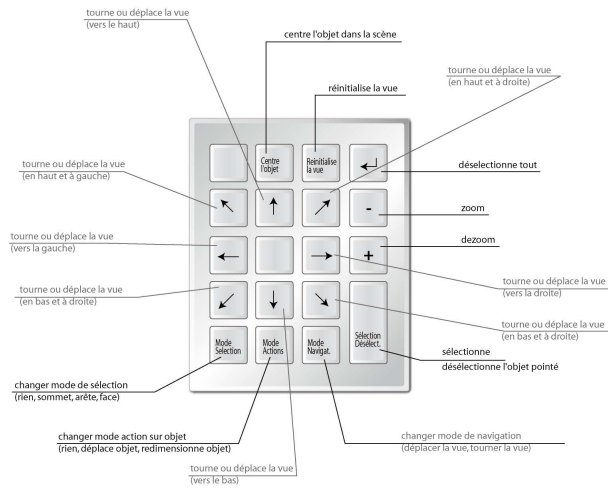


Figure 11: Affectation des commandes au pavé numérique

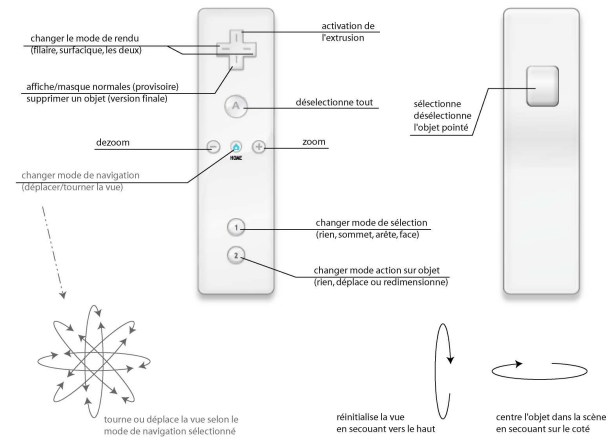


Figure 12: Affectation des commandes à la wiimote