

1

Introduction

■ Réalité virtuelle

- « Technologie qui permet à un utilisateur d'interagir avec un environnement simulé par l'ordinateur, qu'il soit réel ou imaginaire »
- But: immerger tous les sens de l'utilisateur pour qu'il ne puisse plus faire la différence entre le réel et le virtuel

2



3

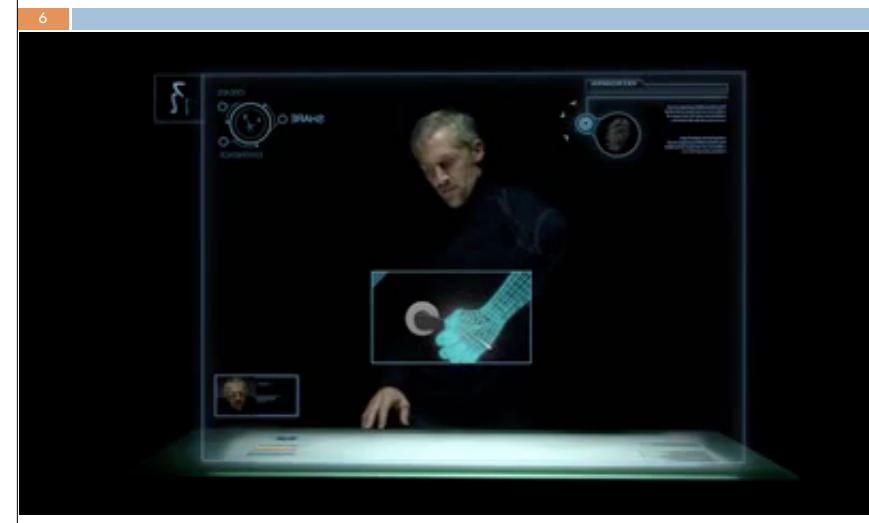


4

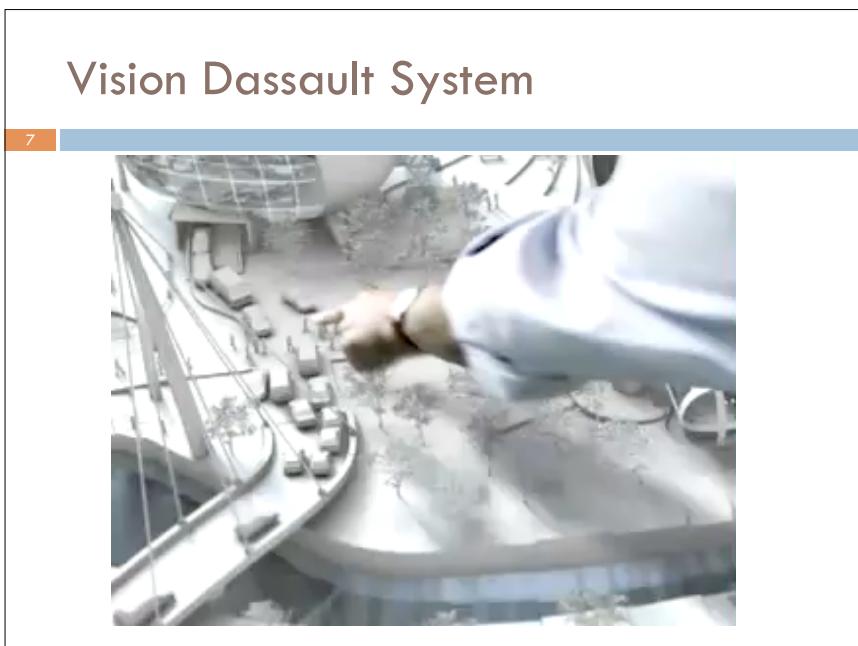


5

Vision Dassault System



6



7

Vision Dassault System



8

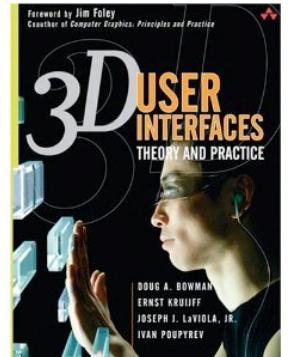
Introduction

- Solliciter les 5 sens + permettre à l'utilisateur d'interagir
- Périphériques de sortie : rendre intelligible des données de l'ordinateur
- Périphérique d'entrée : entrée ou modification des données de l'ordinateur

9

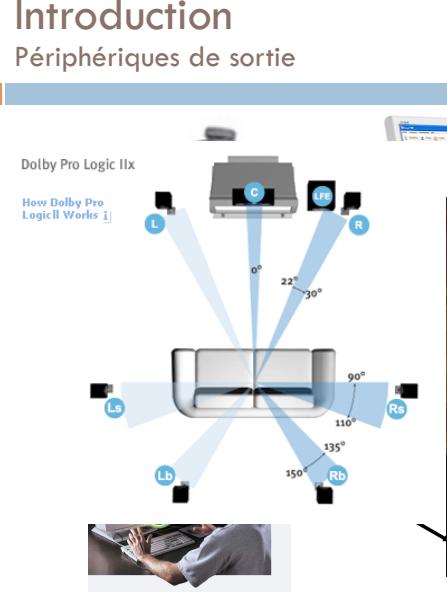
Références bibliographiques

- 3D User Interfaces: Theory and Practice. Doug A. Bowman, Ernst Kruijff, Joseph J. Laviola, JR. Ivan Poupyrev. Addison Wesley (2005)
- Articles de recherche
- IEEE VR <http://ieeevr.org>
- IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) <http://3dui.org/>



11

Introduction Périphériques de sortie



Diffuseurs d'odeurs
Nombre d'odeurs : 2, 4 ou 6 odeurs
Durée de vie des odeurs : entre 2 semaines et 3 mois selon le type de matériel
Interface USB ou série
Possibilité d'interface sans fil
Un très large choix d'odeurs
Une restitution fidèle des odeurs



10

Techniques d'interaction

- Technique d'interaction = méthodes utilisées pour accomplir une tâche donnée via une interface
- Interface = ensemble du matériel + logiciel
- Tâches d'interaction 3D
 - Sélection et manipulation
 - Navigation: parties motrice et cognitive
 - Contrôle d'applications

12

Programme des 2 prochains cours

- 1^{er} cours: Techniques de sélection et manipulation 3D
- 2^e cours: Techniques de navigation 3D

13

Caractéristiques des périphériques d'entrée

15

- Discret / continu
- Nombre de degrés de liberté (ddl)
- Intégration des ddl
- Grandeur physique mesurée
- Grandeur absolue ou relative
- Résolution / bruit de mesure
- Fréquence
- Latence
- Espace de travail

15

Sélection et manipulation 3D

- Technique de manipulation 3D = composants matériels et logiciels permettant de définir les position et orientation d'un objet dans un environnement virtuel
- Relation entre propriétés des périphériques d'entrée et les techniques de manipulation

14

Caractéristiques des périphériques d'entrée

16



16

Périphériques de tracking

17

- 6 ddl
- Magnétique (résolution: 3mm en position, 0.1 degré en rotation) - Ascension Technology Corporation
- Acoustique
- Inertiel
- Optique
- Mécanique
- Hybride



17

Tâches canoniques

- Hypothèse de travail: toute tâche de manipulation est composée des mêmes sous-tâches élémentaires
 - Sélection: acquisition ou identification d'un objet particulier dans un ensemble
 - Positionnement: changer la position d'un objet
 - Orientation: changer l'orientation d'un objet
- Paramètres qui influencent la performance et l'utilisabilité des techniques: i.e. objet à portée de main

19

Qu'est ce qu'une tâche de manipulation 3D?

18

- Restriction à la manipulation spatiale d'objets rigides
- Bcq de variations de tâches de manipulation caractérisées par une multitude de variables:
 - Buts de l'application, taille des objets, forme des objets, agencement des objets, distance entre les objets et l'utilisateur, caractéristiques de l'environnement physique, état physique et psychologique de l'utilisateur
- Techniques généralement développées pour un contexte particulier

18

Paramètres influençant les tâches canoniques

19

- Sélection: distance et direction de la cible, taille de la cible, densité des objets autour de la cible, nombre de cibles à sélectionner, occultation de la cible
- Positionnement: distance et direction des positions initiale et finale, distance de déplacement, précision requise au positionnement
- Rotation: orientations initiale et finale, angle de rotation, précision requise

20

Tâches de manipulation spécifiques à une application

□ Exemple

- Positionner une sonde médicale par rapport à des modèles 3D d'organes virtuels pour une application de simulateur médical

21

Contrôle en position vs. Contrôle en vitesse

- Le périphérique mesure la position de la main ou la force qui lui est appliquée
- Le contrôle en position permet d'obtenir de meilleures performances pour les tâches de manipulation
- Contrôle en vitesse est meilleur pour les tâches de navigation

23

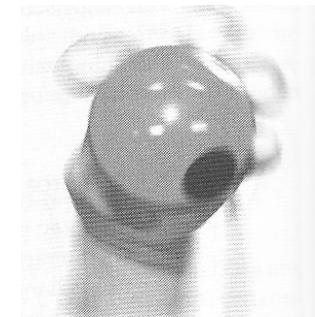
Techniques de manipulation et périphériques d'entrée

- Le choix des périphériques restreint souvent les techniques de manipulation qui peuvent être utilisées
- Deux caractéristiques clés:
 - Nombre de degrés de liberté
 - L'intégration des degrés de liberté
- Privilégier les périphériques qui intègrent un grand nombre de degrés de liberté pour améliorer les performances utilisateurs

22

Critères ergonomiques

- La forme d'un périphérique 3D influence beaucoup le choix de la technique d'interaction
 - Périphériques attachés à la main ou périphérique manipulé par les doigts



24

Classification des techniques de manipulation 3D

- Techniques isomorphiques
 - Plus naturelles mais nombreuses limitations
- Techniques non-isomorphiques
 - Moins naturelles mais outils « magiques », meilleurs que la réalité fournis aux utilisateurs
 - Manipulation différente du monde réel mais en gardant l'utilisabilité et la performance
- La majorité des techniques sont non isomorphiques quand le réalisme strict n'est pas requis

25

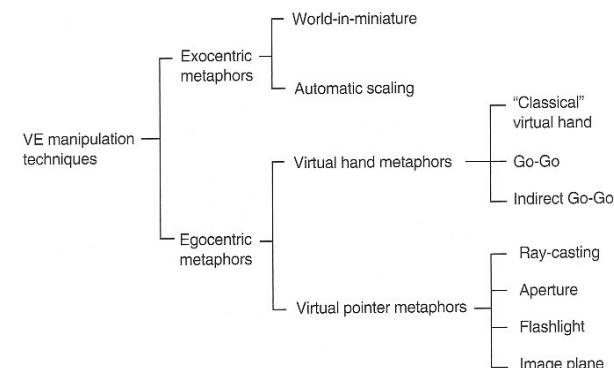
Techniques de pointage

- Interagir avec les objets hors de portée en les pointant
- Quand le vecteur défini par la direction de pointage entre en intersection avec un objet virtuel, l'utilisateur peut le sélectionner en générant un événement discret (bouton ou commande vocale)
- Une fois l'objet sélectionné, il est attaché à l'extrémité du vecteur pour manipulation
- Exemple: put-that-there

27

Classification des techniques

- La plupart des techniques sont basées sur quelques métaphores d'interaction



26

Put-that-there



28

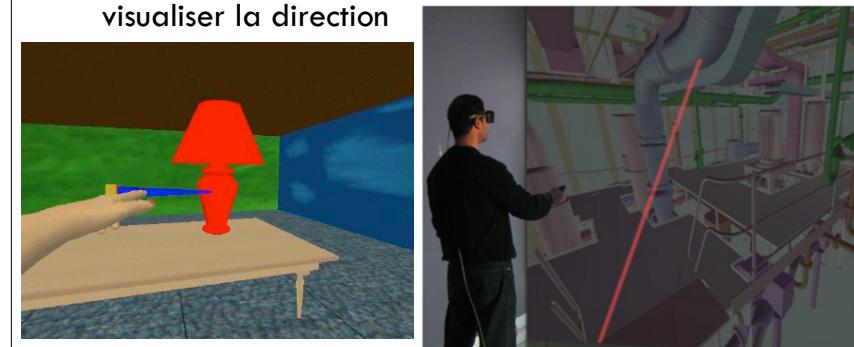
Techniques de pointage

- Technique de sélection puissante qui donne de meilleurs résultats que les techniques basées sur les mains virtuelles
- Technique de positionnement mauvaise

29

Technique Ray-Casting

- L'utilisateur pointe les objets avec un rayon virtuel qui définit la direction de pointage
- Une ligne virtuelle est attachée à la main pour visualiser la direction



30

Technique Ray-Casting

- $p(\alpha) = h + \alpha \vec{p}$
 - h : position de la main virtuelle
 - \vec{p} : direction du rayon attaché à la main
 - $0 < \alpha < +\infty$
- Si plusieurs objets entre en intersection avec la droite , seul le plus proche est sélectionné
- Technique très efficace sauf quand une très grande précision est nécessaire (objets petits ou lointains)
- Utilisation de filtrage
<http://cristal.univ-lille.fr/~casiez/1euro>

31

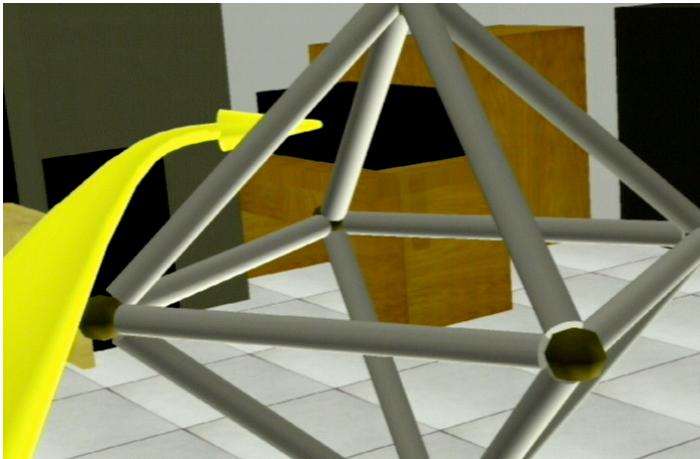
Ray-casting à deux mains

- Utilisation des deux mains pour définir la direction du rayon
 - La main la plus proche de l'utilisateur définit l'origine du rayon alors que l'autre définit la direction dans laquelle pointe le rayon
- $p(\alpha) = h_l + \alpha (h_r - h_l)$
 - h_r et h_l : positions 3D des mains droite et gauche
 - $0 < \alpha < +\infty$
- Inconvénient: suivi des deux mains
- Avantage: Interaction plus riche et efficace

32

Ray-casting à deux mains

33



33

Technique Flashlight (1994)

- 2 règles pour lever l'ambiguïté:
 - L'objet le plus proche de l'axe de symétrie du cône est sélectionnable
 - Si deux objets sont à même distance de l'axe, le plus proche du périphérique est sélectionné
- Il n'est pas nécessaire qu'un objet soit complètement dans le volume du cône
- Difficile de sélectionner des petits objets proches
 - Nécessaire de régler l'angle d'ouverture du cône

35

Technique Flashlight (1994)

- Flashlight illumine un objet à la manière d'une lampe de poche qui éclaire un objet sans le pointer précisément
- Flashlight fonctionne de la même façon que ray-casting en remplaçant le rayon par un cône avec le sommet du cône au niveau du périphérique
- Sélection facile des petits objets lointains
- Problème quand plusieurs objets sont dans le volume du cône

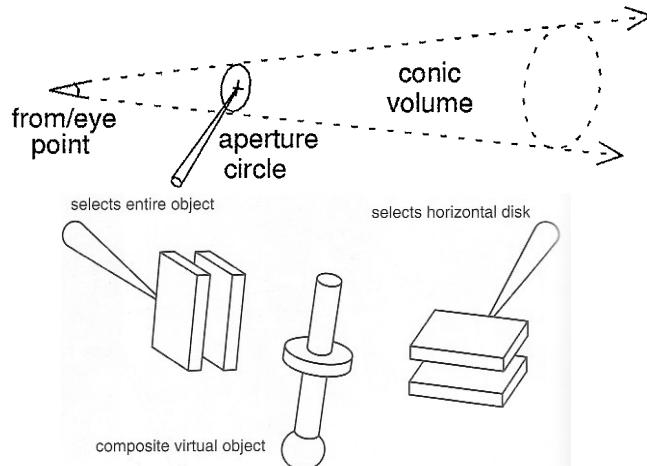
34

Technique Aperture (1996)

- Technique Flashlight avec possibilité de régler l'angle d'ouverture du cône
 - Utilisation de la position de la tête de l'utilisateur pour le sommet du cône
 - La position de la main permet de régler la direction du cône et l'angle d'ouverture
- $p(\alpha) = e + \alpha (h - e)$
 - h et e : positions 3D du point de vue et de la main

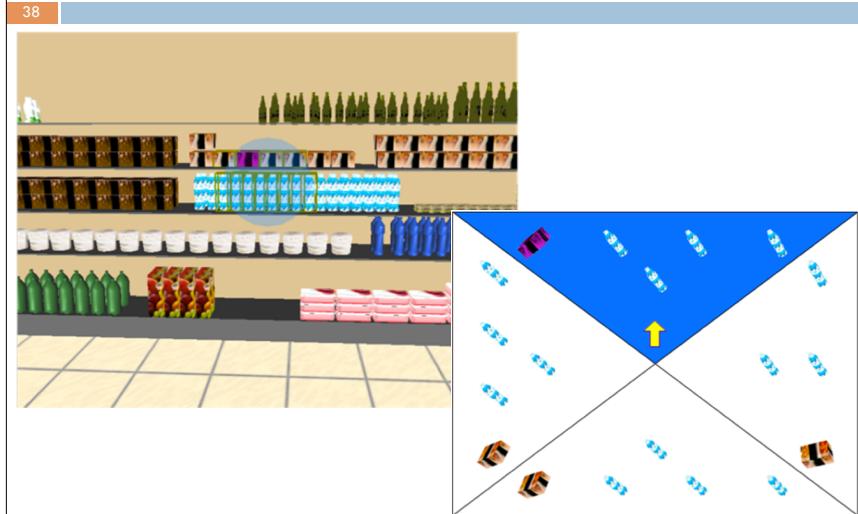
36

Technique Aperture (1996)



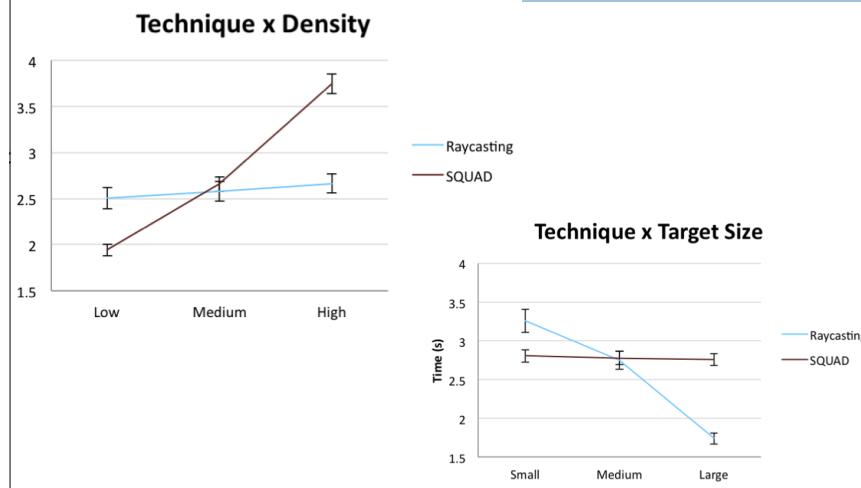
37

SQUAD [Kopper et al. 2011]



38

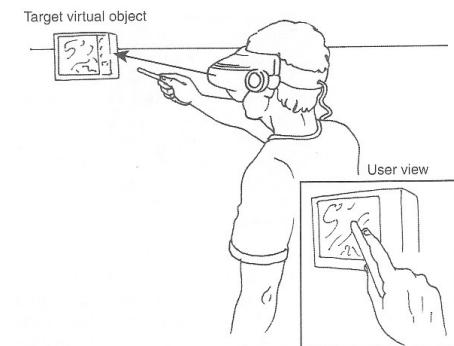
SQUAD



39

Techniques basées plan image (1997)

- Sélection et manipulation d'objets 3D en touchant et manipulant leur projection 2D
- Sélection simplifiée à un contrôle de deux degrés de liberté
- Plusieurs variations



40

Technique Fishing-Reel

- Utilisation d'un périphérique supplémentaire pour contrôler la longueur du rayon virtuel
- Utilisation d'une technique de ray-casting puis le rayon est allongé ou raccourci à l'aide d'une molette ou d'une paire de boutons
- Séparation des degrés de liberté qui peut affecter les performances

41

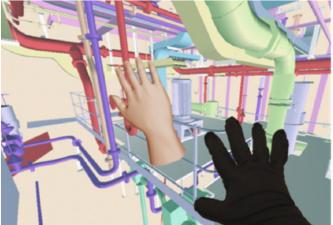
Mains virtuelles

- L'utilisateur peut sélectionner et manipuler directement des objets avec ses mains
- Utilisation d'un pointeur 3D (modèle 3D de main ou sphère)
 - Utilisation de versions semi-transparentes
- La position et l'orientation de la main virtuelle correspondent à celles de la main réelle
- Pour sélectionner, l'utilisateur met en correspondance la main virtuelle avec l'objet et utilise une technique produisant un événement discret (appui bouton, commande vocale, geste)

42

Main virtuelle simple

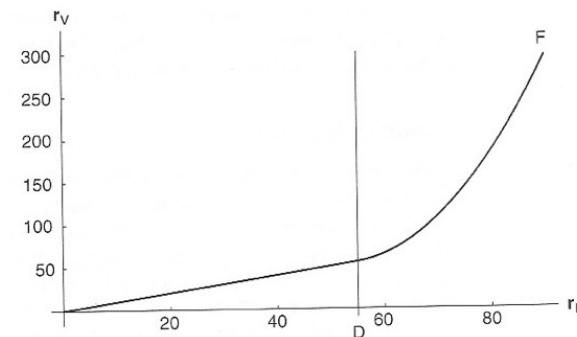
- Relation directe entre les déplacements des mains réelle et virtuelle: application d'un facteur d'échelle entre les systèmes de coordonnées réels et virtuels
 - $p_v = \alpha p_r, R_v = R_r$
 - p_r, R_r , position et orientation de la main réelle, v pour virtuelle
- Technique isomorphe intuitive
- Seuls les objets à portée de main peuvent être manipulés
 - Utilisation d'une technique de navigation pour se rapprocher de l'objet
 - Utilisation de la technique Go-go



43

Technique Go-go (1996)

- Amélioration de la technique de main virtuelle simple
 - Modification interactive de la longueur du bras



44

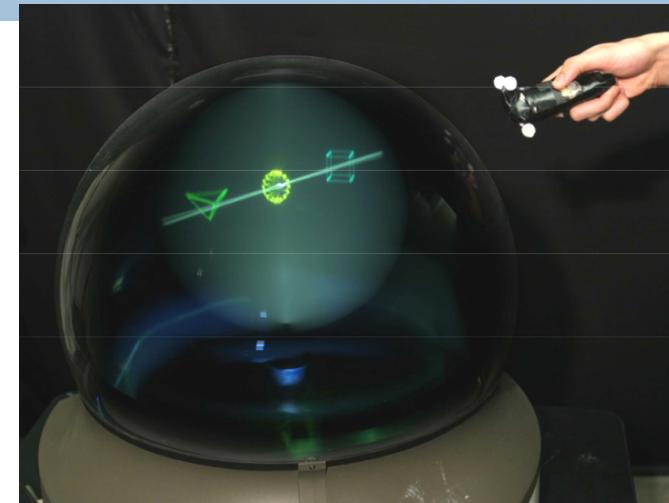
Technique Go-go (1996)

- Interaction fluide (courte et longue distance)
- Problème de précision à longue distance

45

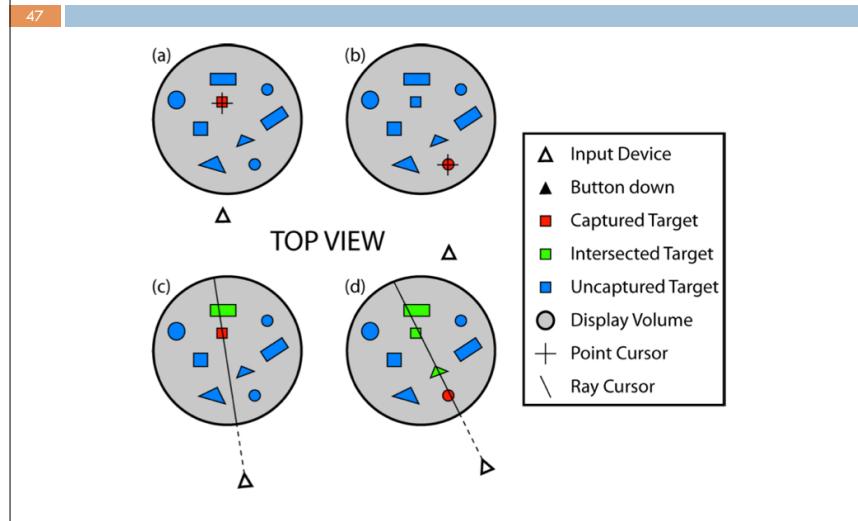
3D volumetric display [Grossman et al 2006]

46



46

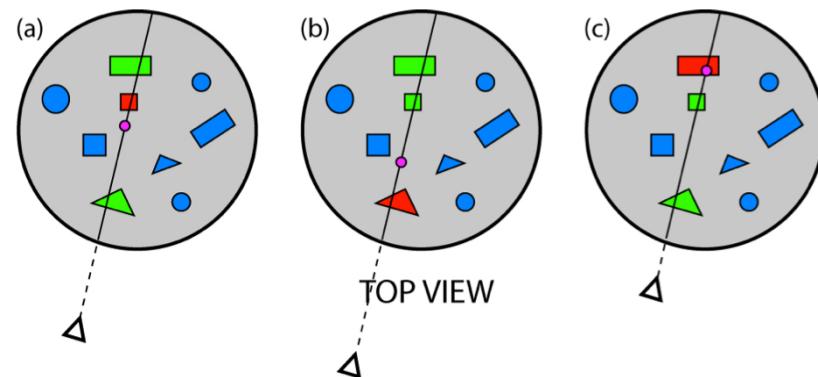
3D volumetric display



47

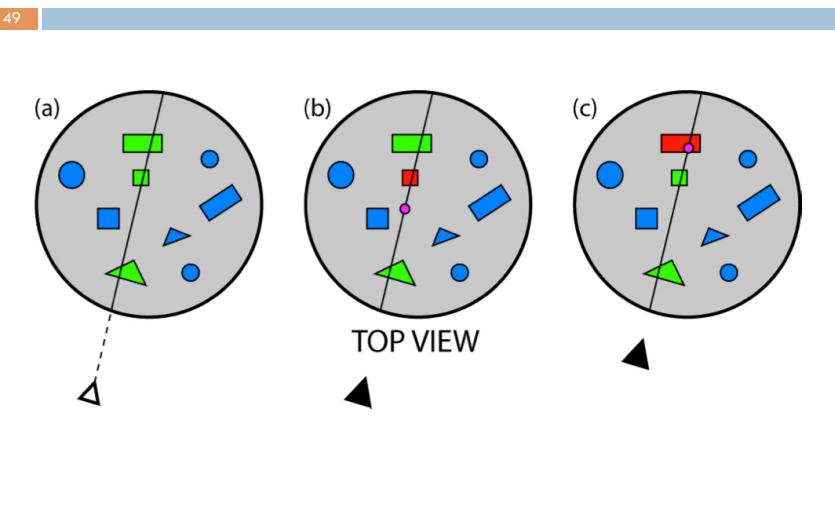
Depth Ray

48



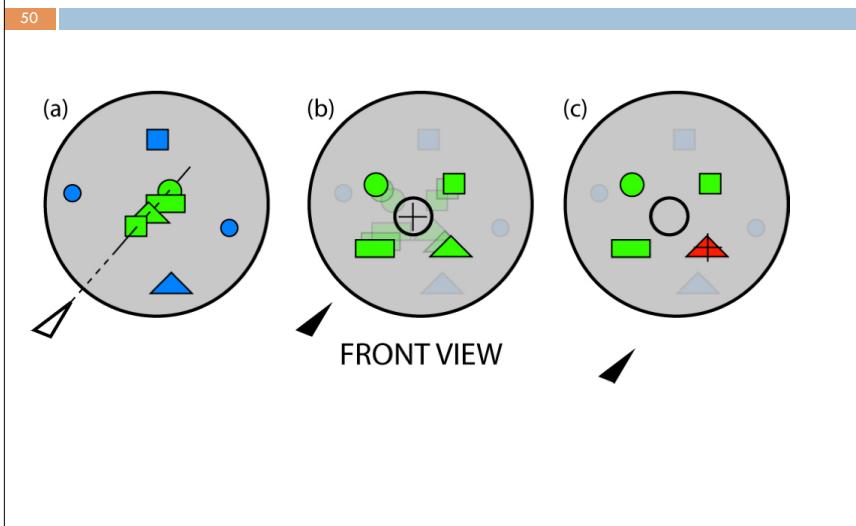
48

Lock Ray



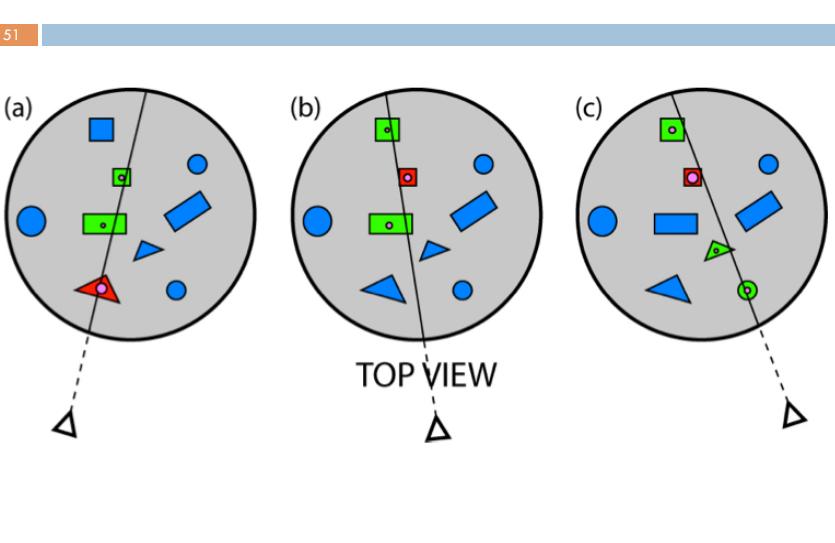
49

Flower Ray



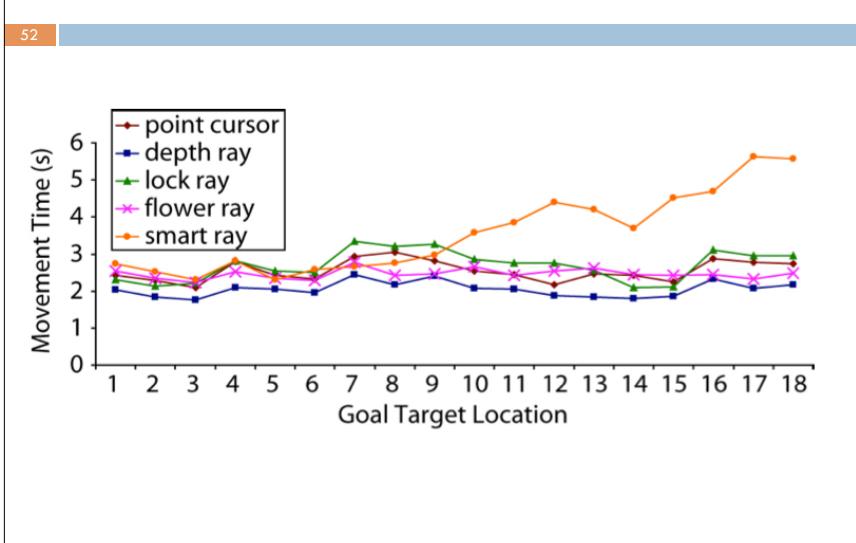
50

Smart Ray



51

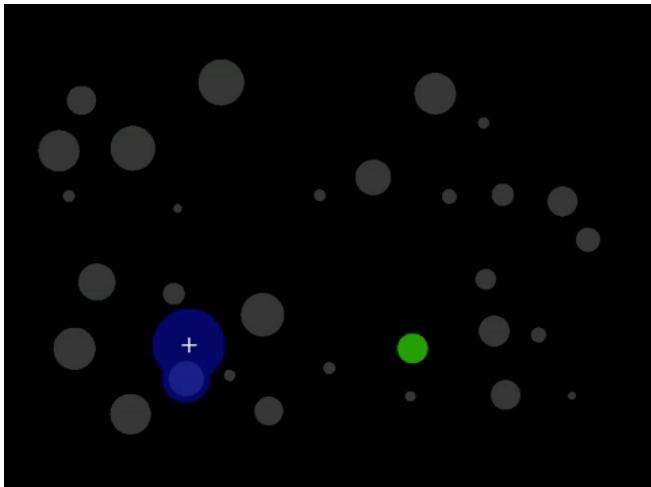
Comparaison



52

3D Bubble

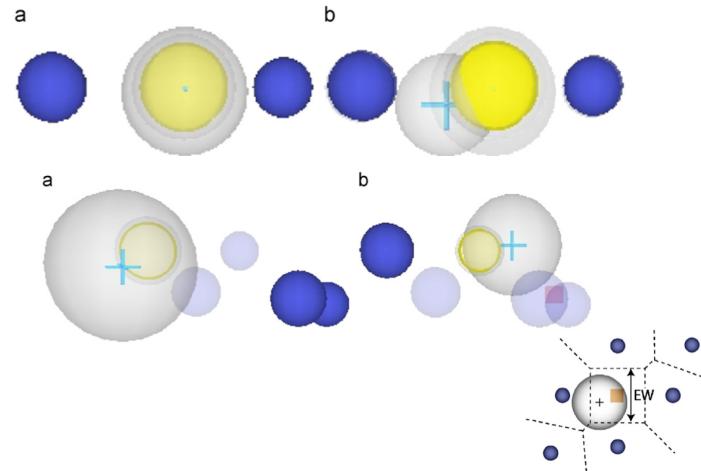
53



53

3D Bubble

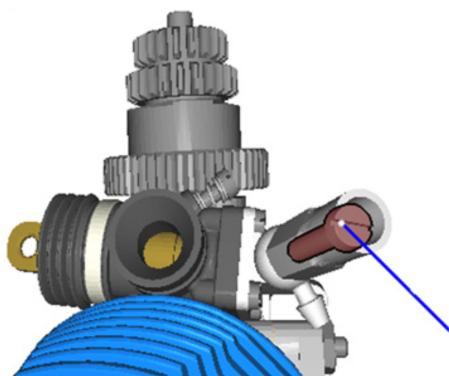
54



54

3D Bubble

55



55

Technique World-in-Miniature (1995)

- Réduire l'échelle du monde pour le rendre à portée de main
 - L'utilisateur interagit de manière indirecte avec les objets du monde en interagissant avec les copies du WIM



56

Technique World-in-Miniature (1995)

- Manipulation facile des objets qui sont à portée ou hors de portée de l'utilisateur
- Combinée avec des techniques de navigation en manipulant une représentation de l'utilisateur
- Problèmes quand l'environnement est très grand
- Utilisée avec succès pour les interfaces 3D en réalité augmentée et les interfaces de bureau
- Généralisation des cartes d'orientation dans les jeux 3D

57

Combinaisons de techniques

- Difficile de concevoir une seule technique qui réponde à tous les scénarios
- Techniques d'agrégation
- Techniques d'intégration

58

HOMER

- Hand-centered Object Manipulation Extending Ray-casting
- L'utilisateur sélectionne un objet en utilisant une technique de ray-casting
- Au lieu d'attacher l'objet au rayon, la main virtuelle de l'utilisateur bouge instantanément à l'objet et s'y attache
- La technique bascule alors en mode manipulation, permettant à l'utilisateur de positionner et orienter l'objet virtuel

59

Scale-World Grab (1997)

- L'utilisateur commence par sélectionner un objet en utilisant une technique de sélection (ici technique basée plan image)
- Après sélection, l'interface passe en mode manipulation et l'utilisateur peut positionner et orienter les objets virtuels dans l'espace
- Au lieu de mettre à l'échelle les déplacements de la main, la technique rétrécit l'environnement complet autour du point de vue de l'utilisateur

60

Rotation 3D non isomorphiques

- Objectif: amplifier la rotation de l'objet virtuel
 - Utilisation plus efficace de périphériques avec amplitude limitée
 - Diminuer le débrayage
- Réduire la rotation de l'objet virtuel
 - Contrôle précis en rotation

61

Rotation 3D non isomorphiques

- Utilisation des quaternions
$$q_d = q_c^k$$

q_c : quaternion représentant l'orientation du périphérique
 q_d : orientation de l'objet réel
- Rotation absolue
$$q_d = (q_c q_0^{-1})^k q_0$$
- Rotation relative
$$q_{d_i} = \left(q_{c_i} q_{c_{i-1}}^{-1} \right)^k q_{d_{i-1}}$$

62

Utilisabilité des techniques

- 63
- Les rotations absolues ne préservent pas toujours la direction de la rotation 3D
 - Mais elles garantissent la même origine pour les deux rotations
 - Importance variable suivant les indices tactiles présents sur le périphérique

63

Manipulation 3D pour le bureau

- 64
- Comment faire quand on ne dispose pas de périphérique 6 ddl mais d'un clavier et d'une souris?
 - Séparation des degrés de liberté

64

Interfaces 2D

65

- Utilisation du clavier pour rentrer les coordonnées de position et d'orientation de l'objet
- Utile quand une grande précision est nécessaire
- Difficulté de faire les calculs mentaux

65

Interfaces 2D

67

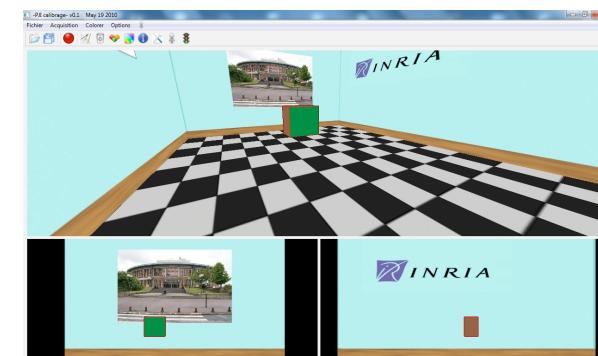
- Utilisation de potentiomètres
 - Chaque potentiomètre contrôle 1 ddl

67

Interfaces 2D

66

- Utilisation de plusieurs vues orthographiques sur la scène
 - L'utilisateur manipule 2 ddl sur chaque vue

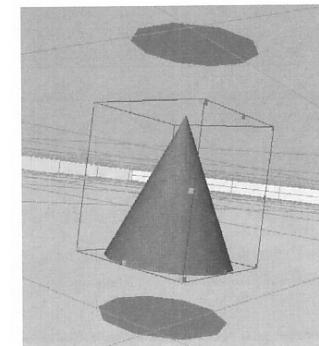


66

Widgets 3D

68

- Utilisation de widgets et de poignées
- Sélection d'un widget et déplacement: manipulation visuelle de contraintes



68

Trackball virtuelle

69

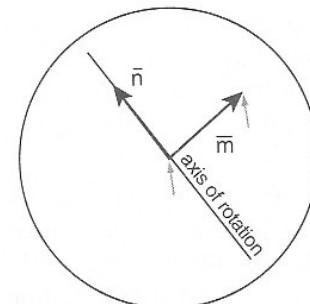
- L'objet est enfermé à l'intérieur d'une sphère transparente qui peut tourner autour du centre de l'objet
- On considère que le pointeur de la souris est sur la sphère et la fait tourner autour de l'axe perpendiculaire à la direction de déplacement
- Visualisation d'un cercle ou d'une sphère
- Rotation autour de «l'axe z» en déplaçant la souris le long du cercle ou en dehors

69

Trackball virtuelle

70

- 1) détermination de l'axe de rotation
 - Appartient au plan de l'écran et est orthogonal à un incrément de déplacement de la souris
- 2) détermination de l'angle de rotation



$$\begin{aligned}\vec{m} &= (m_x, m_y) \\ \vec{n} &= \left(-\frac{m_x}{d}, \frac{m_y}{d}, 0\right) \\ d &= \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \\ \theta &= \arctan\left(\frac{d}{R}\right)\end{aligned}$$

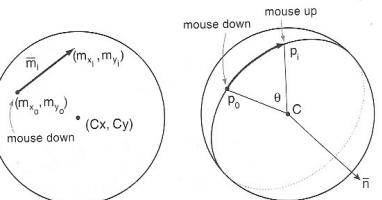
70

Trackball virtuelle

71

Quaternions

$$\begin{aligned}p_{x_i} &= (m_{x_i} - C_x)/R \\ p_{y_i} &= (m_{y_i} - C_y)/R \\ p_i &= (p_{x_i}, p_{y_i}, \sqrt{1 - p_{x_i}^2 - p_{y_i}^2}) \\ q(\vec{v}, w) &= p_i \text{ conj}(p_0)\end{aligned}$$



p_i : point 3D sur la sphère

(C_x, C_y) : coordonnées du centre du cercle

(mx_i, my_i) : position courante de la souris

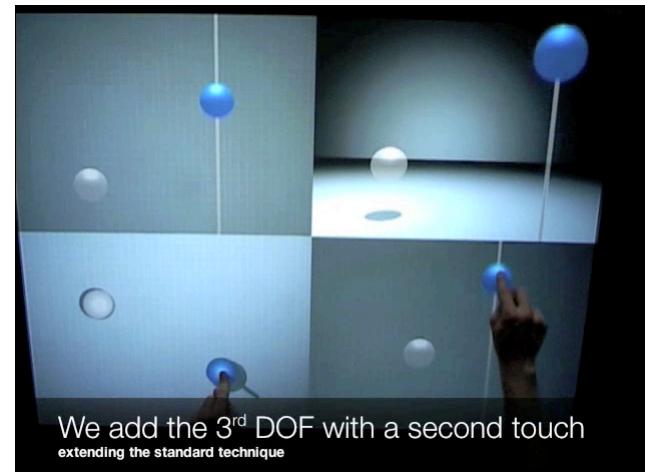
R : rayon de la sphère

p_0 : point initial sur la sphère quand l'utilisateur clique sur la souris

71

Manipulation multitouch

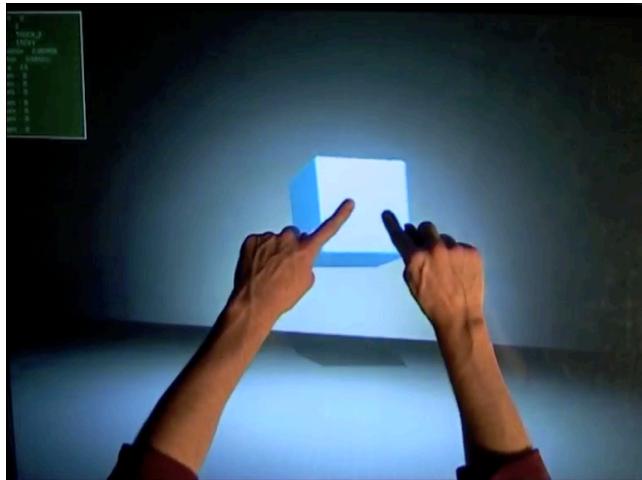
72



72

Manipulation multitouch

73



73

Guide de conception

74

- Analyser la tâche pour trouver la technique adaptée
 - Quelle précision pour la manipulation?
 - Sélection seulement, positionnement et sélection?
 - Distance de déplacement des objets virtuels?
 - Taille des objets virtuels manipulés?
- Faire correspondre la technique d'interaction et le périphérique
 - Périphériques 6 ddl -> techniques favorisant un contrôle intégré des ddl
- Utiliser des techniques qui réduisent le débrayage

74

Guide de conception

75

- Les techniques non-isomorphiques sont utiles et intuitives
- Utiliser des techniques de pointage pour la sélection et des techniques de mains virtuelles pour la manipulation
- Faire un compris entre les techniques et l'environnement
- Combiner les techniques: il n'y a pas une seule bonne technique

75