

Systèmes de Réalité Virtuelle et de Réalité Augmentée

ENSIMAG
3ème année – option IRV

Sabine Coquillart
INRIA – LIG
Tél : 04 76 61 52 65
Sabine.Coquillart@inria.fr

- 36 heures (12 séances de 3 heures)
- ~ mi-temps cours, mi-temps projet
- Salle Ensimag Montbonnot
- Liste des étudiants pour comptes
- Mailing-liste ?

Projet - objectifs

Développer un système de réalité virtuelle ou de réalité augmentée afin de se sensibiliser aux possibilités qu'offrent ces approches et aux difficultés de leur mise en oeuvre.

Projet - organisation

- Constitution de groupes
- Choix d'un projet
- Choix/modération avec le prof.
- Définition d'un plan de travail / planning
- Validation du plan par le prof.
- Mise en oeuvre autonome avec consultation du prof
- Soutenance

Projet - organisation

- Définir les “must”, “should”, “may”
- Les “must” sont les fonctions indispensables au système pour qu'il ait un sens
 - Les “should” ajouteraient de l'intérêt au système, mais le système est viable sans ces fonctions
 - Les “may” sont les fonctions moins centrales au système, et plus difficiles à implémenter. On y travaillera « si on a fini le reste ».

Projet - organisation

- Une séance de présentation du matériel et validation des projets le 1er octobre
- 5 dernières séances consacrées aux projets
- Soutenance janvier 2010

Plan

- Qu'est-ce que la réalité virtuelle ?
- Définitions
- Bref historique
- Applications
- Présentation du cours
- Projets

Réalité Virtuelle

⇒ Simulation

▫ Phénomènes (naturels, physiques, chimiques, biologiques, ...)

▫ Systèmes (physiques, financiers, de communication, de santé,...)



Réalité Virtuelle

⇒ Simulation numérique

▫ Phénomènes (naturels, physiques, chimiques, biologiques, ...)

▫ Systèmes (physiques, financiers, de communication, de santé,...)

▫ De tâches



Réalité Virtuelle

Spécificité :

- Personne(s)

Personne

- Système hyper-complexe
- Mal maîtrisé
- Mal modélisé

Réalité Virtuelle

Tâches interactives, spatiales

Tâches réelles/imaginaires

Réalité Virtuelle

Ingénierie / Collaborations



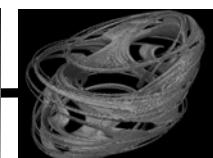
Réalité Virtuelle

Construction/modélisation/conception de produits



Réalité Virtuelle

Visualisation scientifique



Réalité Virtuelle

Geste médical



Réalité Virtuelle

Conduite



Réalité Virtuelle

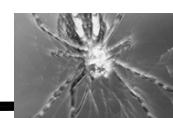
Visites



Réalité Virtuelle

Rééducation

> □ (ex. phobie)



Réalité Virtuelle

Sport

Réalité Virtuelle

Jeux

Réalité Virtuelle

Psychologie/neurosciences

Plan

- Qu'est ce que la Réalité Virtuelle
- Définitions
- Bref historique
- Applications
- Présentation du cours
- Projets

Définitions RV

“The ultimate Display” (Sutherland 1965)

One must look at the display screen as a window through which one beholds a virtual world. The challenge to computer graphics is to make the picture in the window look real, sound real, and the objects act real. Indeed in the ultimate display, one will not look at that world through a window, but will be immersed in it, will change viewpoint by natural motions of head and body, and will interact directly and naturally with the objects in the world, hearing and feeling them, as well as seeing them.

Définitions RV

“L’ultime écran” (Sutherland 1965)

Nous devons considérer l'écran comme une fenêtre à travers laquelle nous percevons un monde virtuel. Le défi de la synthèse d'image EST de faire en sorte que l'image ait l'air vraie, sonne vraie, et que les objets se comportent comme dans la réalité. En fait avec l'écran ultime, nous ne verrons pas ce monde à travers une fenêtre, mais nous y serons immergés, nous changerons le point de vue par des mouvements naturels de la tête et du corps, et nous interagirons directement et naturellement avec les objets du monde, en les entendant et les sentant, en plus de les voir.

Définitions RV

3D User Interface (Bowman & al. 2004)

Virtual Reality VR (Synonymous with Virtual Environment). A synthetic, spatial (usually 3D) world seen from a first-person point of view. The view in VR is under the real-time control of the user.

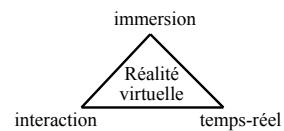
Réalité virtuelle RV (synonyme d'"environnement virtuel"). Un monde synthétique, spatial (souvent 3D) vu à la première personne. En RV, la vue est sous le contrôle temps-réel de l'utilisateur.

Définitions RV

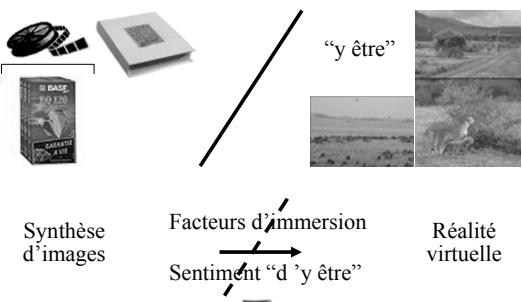
Mots clés :

Interaction, immersion, temps-réel

Certains parlent du "triangle de la réalité virtuelle"



Définitions RV



Exemple

Pause de mastic dans l'industrie automobile



Exemple

Pause de mastic dans l'industrie automobile



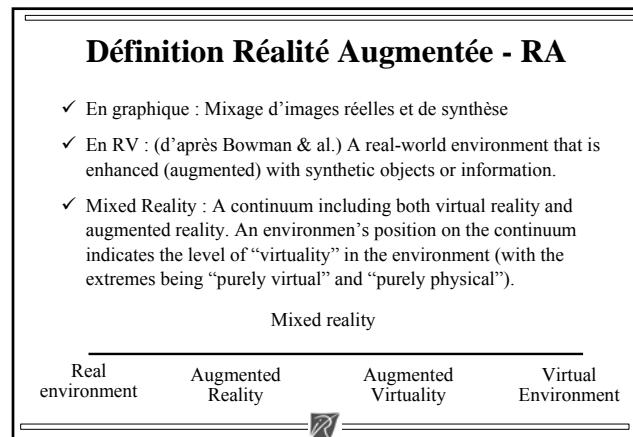
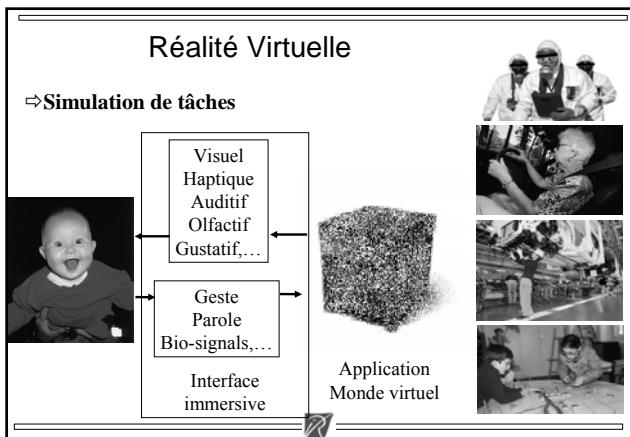
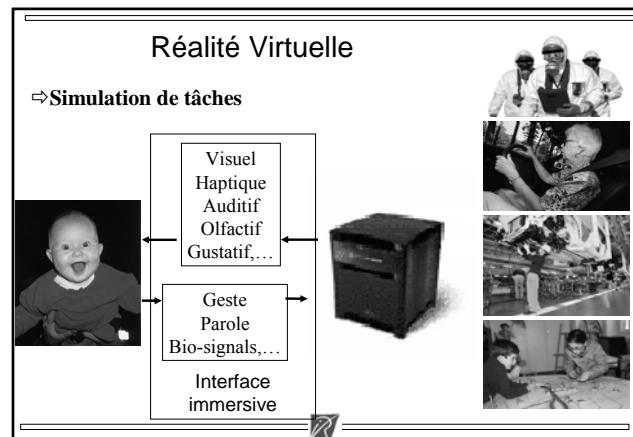
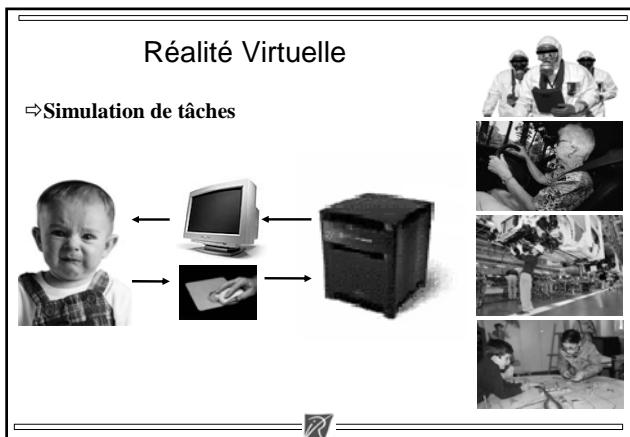
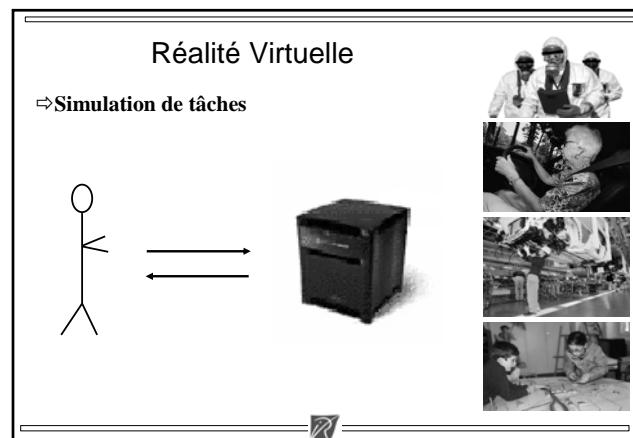
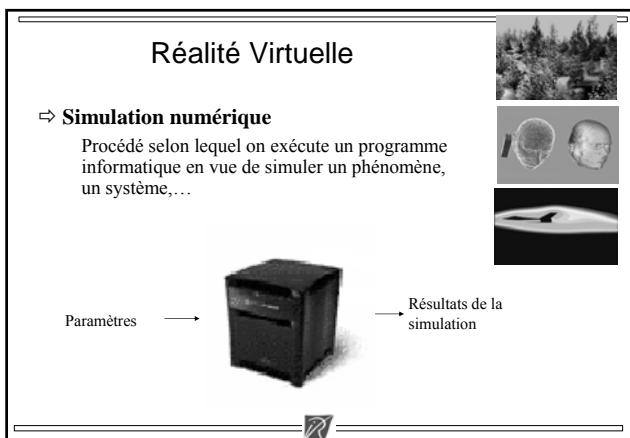
Réalité Virtuelle

Objectifs

➤ Immerger la personne dans un environnement virtuel afin de lui faire vivre une expérience.

Facteurs d'immersion :

- Grand champ de vision,
- Stéréoscopie,
- 1ère personne,
- Interaction à deux mains
- Interaction multi-sensorielle (visuel, sonore, haptique, olfactif)
- ...



Plan

- Exercice
- Définitions
- Bref historique
- Applications
- Présentation du cours
- Projets



Bref historique

- 1965 : “The Ultimate Display” (Sutherland)
- 1965 : Visualisation stéréoscopique (Sutherland)
- 1971 : Ombrage de Gouraud
- 1981 : 1er casque de RV (NASA)
- 1989 : Casque de RV commercial (VPL)
- 1992-3 : CAVE™



Plan

- Exercice
- Définitions
- Bref historique
- Applications
- Présentation du cours
- Projets



Systèmes très dépendants de l’application/tâche



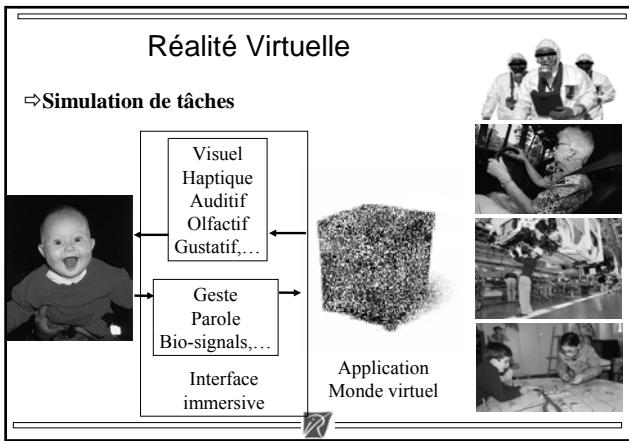
Vidéo



Plan

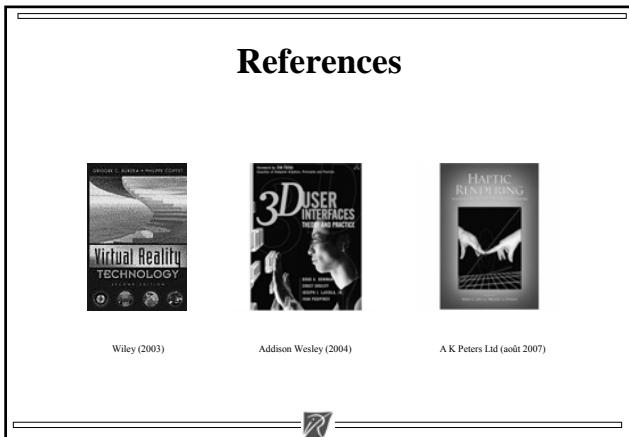
- Exercice
- Définitions
- Bref historique
- Applications
- Présentation du cours
- Projets





Présentation du cours

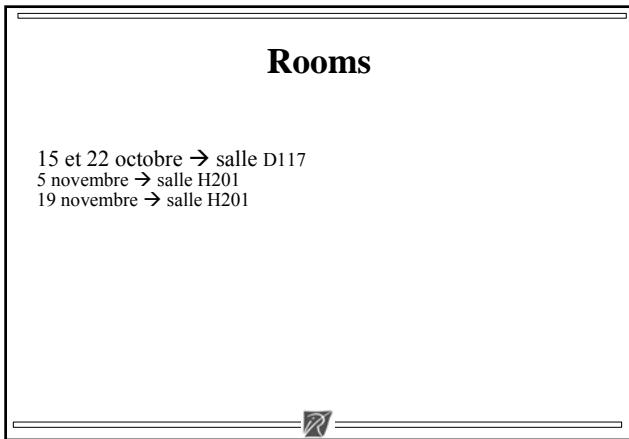
- Configurations/périphériques (visuel, son, geste,...)
- Interaction 3D
- Déplacement
- Haptique
- Réalité augmentée



References

Events

- IEEE Virtual Reality xx
- IEEE Symposium on 3D User Interfaces xx
- IEEE Haptic Symposium xx
- JVRC09 Lyon Dec 7-9, 2009



Présentation du cours

- Configurations/périphériques (visuel, son, geste,...)
- Interaction 3D
- Déplacement
- Haptique
- Réalité augmentée

Configurations de RV

Configurations de réalité virtuelle

- Visiocasques / Boom



- Environnements virtuels à base de projections sur grands écrans

Visiocasques / Boom

- Visiocasques (HMD) / Boom
- Visiocasques "see-through"

Visiocasques / Boom

Visiocasque / HMD

- Virtual Research Systems
- Deux panneaux LCD
 - Résolution par œil: 1280x1024
 - Angle de vue: 60 degrés de diagonale
 - Images stéréoscopiques ou monoscopiques
 - Enregistrement des mouvements de la tête



Virtual Research Systems

Configurations de réalité virtuelle

- Panoramic field of view that delivers full 3D immersion: from 82° to 180° diagonal, depending on model
- High resolution: Up to 4200x2400 pixels per eye (2400x1720 effective)
- Ease of use: weighing less than 1 kg (2 lbs.), piSight HMDs feature an open-frame design that is comfortable and stays cool
- <http://www.sensics.com/>



The "Ultimate Display" Yvan Sutherland - 1965



Visiocasques / Boom

Boom - Arm Mounted Display

Binocular Omni-Orientation Monitor

- Visualisation stéréoscopique
- CRT
- Résolution jusqu'à 1280x1024 par oeil
- Champs de vision de 40 à 110 degrés horizontal
- Tracking mécanique de la tête



Visiocasques / Boom

Boom - Arm Mounted Display

Binocular Omni-Orientation Monitor

Avantages

- meilleure résolution que HMD
- souvent champs de vision plus large que HMD
- très bon tracking avec lag minimum
- bonne qualité stéréo



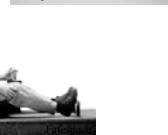
Visiocasques / Boom

Boom - Arm Mounted Display

Binocular Omni-Orientation Monitor

Inconvénients

- mouvements de la personne limités
- pas de vision périphérique
- comme utiliser une loupe binoculaire
- limite les interactions si une main sur le boom



Visiocasques / Boom

- Viseocasques (HMD) / Boom

- Viseocasques "see-through"
 - Optique
 - Vidéo

Visiocasques / Boom

Viseocasque see-through optique

Visette 45 SXGA - Cyberworld

- 1280x1024, 45 degrés
- Généralement LCD polarisé
- Généralement compatible stéréo



Visiocasques / Boom

- Viseocasques (HMD)

- Viseocasques "see-through"
 - Optique
 - Vidéo

Visiocasques / Boom

Visiocasque see-through vidéo



Avantages :

- combinaison virtuel/réel plus souple



Configurations de réalité virtuelle

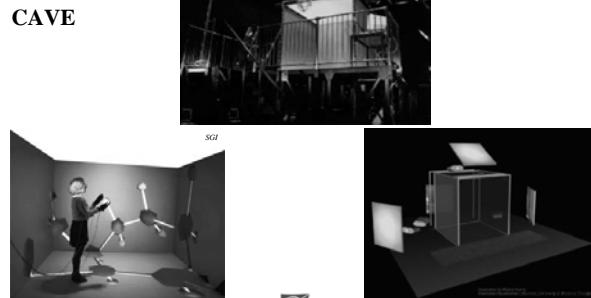
- Viscasques / Boom

- Environnements virtuels à base de projections sur grands écrans (PBVE)



EV à base de projections

CAVE



EV à base de projections

CAVE

- 4 à 6 faces
- Visualisation stéréoscopique
- Enregistrement des mouvements de la tête



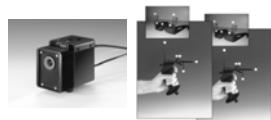
SGI

Polhemus

EV à base de projections

CAVE

- 4 à 6 faces
- Visualisation stéréoscopique
- Enregistrement des mouvements de la tête



Polhemus

EV à base de projections

CAVE

- Gros calculateur graphique ou grappe de PCs
- Vidéo-projecteurs (CRT/DLP/LCD)



SGI

EV à base de projections

CAVE

Applications

- Navigation dans de grands espaces
- Visualisation
- Simulation
- ...

Vidéo



EV à base de projections

Mur

- Mur plat ou cylindrique
- Visualisation mono ou stéréo
- Grappe de PCs
- En général 3 projecteurs CRT ou DLP ou LCD



EV à base de projections

Mur

Applications

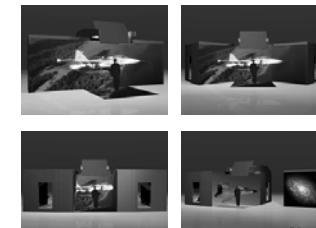
- Plus passif que CAVE
- Revue de project
- Navigation dans de grands espaces
- ...



EV à base de projections

RAVE

- Fakespace
- Configuration reconfigurable



EV à base de projections

Ecran sphérique

- VisionStation
- Elumens
- Station de travail
- Projecteur LCD
- Stéréoscopique en option
- Interaction essentiellement clavier souris



EV à base de projections

Ecran sphérique

- #### Applications
- Navigation
 - Jeux
 - ...



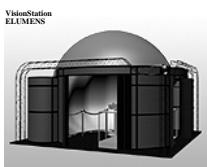
EV à base de projections

Ecran sphérique

- VisionDome
- Elumens
- Plus passif que CAVE



1 – 10 personnes



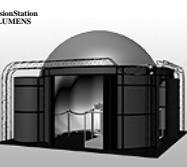
1 – 45 personnes

EV à base de projections

Ecran sphérique

Applications

- Promotion de produits
- Formation
- Simulation pour V5 avec simulateur à l'intérieur



V5 : 1 – 45 personnes

V4 : 1 – 10 personnes

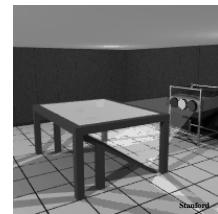
EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”



EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench” Principe (1 écran)



EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench” Principe (2 écrans)



EV à base de projections

- ### Plan de travail virtuel “Workbench”
- Visualisation stéréoscopique
 - Enregistrement des mouvements de la tête

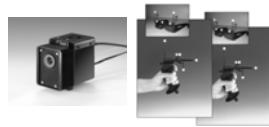


Poliomax

EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”

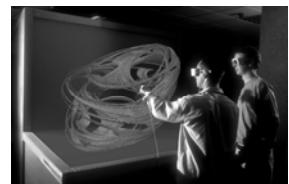
- Visualisation stéréoscopique
- Enregistrement des mouvements de la tête



EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”

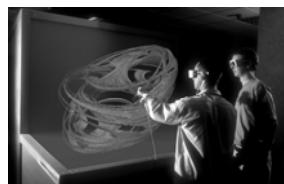
- Grappe de PCs
- Vidéo-projecteurs (CRT/DLP/LCD)



EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”

- Plateau de table
- Interaction en directe
- Immersion du monde virtuel dans le monde réel



EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”

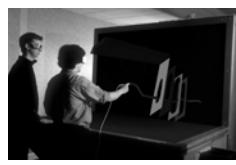
Configuration de l'INRIA
• Installée en décembre 1999
• Onyx2, 4 R10000, 2 pipes - PCs
• Tracker électromagnétique Polhemus Fastrack
• Stéréo active



Vidéo

EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”



Applications

- Visualisation de données complexes
- Prototypage virtuel
- Modélisation
- ...

EV à base de projections

Plan de travail virtuel “Workbench”



Illumination by Alex Clark,
Electronic Visualization Laboratory
at University of Illinois at Chicago



ImmersaDesk M1
Fakespace



I-CARVE Univ. Of
Wisconsin-Madison



ImmersaDesk R2



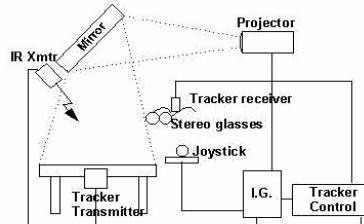
BARCO-BARON

EV à base de projections

Plan de travail virtuel

“Workbench”

Mirage from IST
Institute for Simulation and
Training
University of Central Florida



EV à base de projections

FishTank



EV à base de projections

FishTank

- Moniteur au dessus de la tête
- Miroir
- Stéréo
- Table
- Applications



EV à base de projections

New tendencies

- Mobile
- Multi-users

EV à base de projections

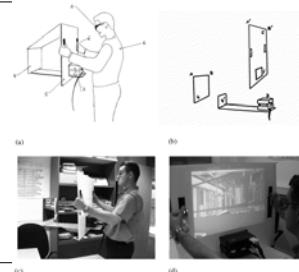
Window VR (5DT)

- Display Options: 15" XGA (1024 x 768), 17" SXGA (1280 x 1024), 21" (1600 x 1200)
- Tracking Options: 3DOF Orientation tracking or 6DOF Orientation and position tracking
- Handgrip navigation buttons emulate keyboard keystrokes, SpaceBall buttons or joystick buttons
- Touch screen
- Counterbalance structure
- Display and position sensor
- Video Input: 15" XGA flat panel display - 1024 x 768 @ up to 75 Hz
- Video Input: 17" SXGA flat panel display - 1280 x 1024 @ up to 75 Hz



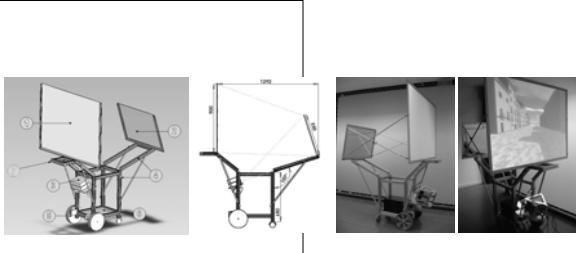
EV à base de projections

Mini VR (UPC, Spain)



EV à base de projections

Wheel-Tracked VR (UPC, Spain)



EV à base de projections

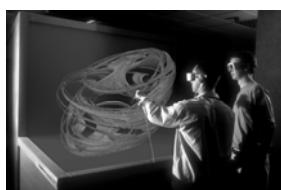
New tendencies

- Mobile
- Multi-users

EV à base de projections

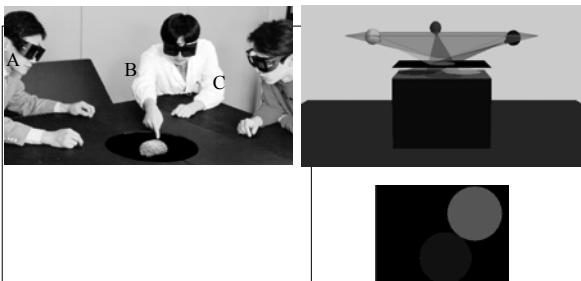
Two users

- Double frequency
- Polarization → 2 projectors



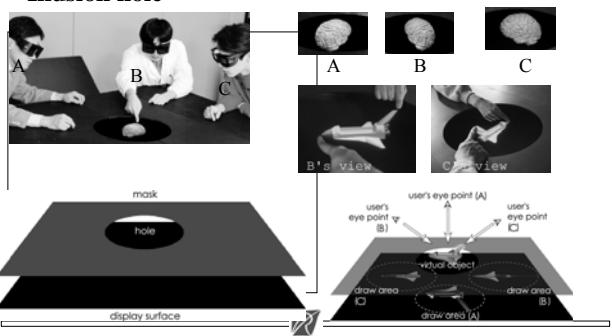
EV à base de projections

Illusion hole



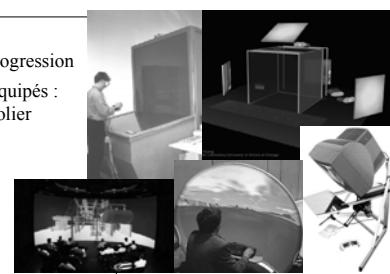
EV à base de projections

Illusion hole



EV à base de projections

- Marché en forte progression
- Secteurs les plus équipés : automobile et pétrolier



Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie CRT (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs) (projecteurs)
 - ✓ Technologie OLED (Ecrans)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC

Technologie LCD

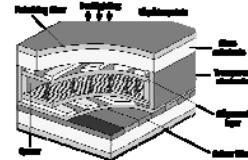
- LCD – Liquid Crystal Display
- Ecrans de visiocasques
- Ecrans ordinateurs
- Projecteurs

Technologie LCD

- Cristaux liquides : matière organique amorphe qui a la propriété de modifier la polarisation/intensité de la lumière quand on lui applique un champ électrique. En appliquant une tension sur les cristaux ils changent leur orientation.
- Matrice de cellules de cristaux liquides qui, pour chaque pixel, laissent passer plus ou moins la lumière en fonction du courant appliqué.
- Une quantité de lumière fixe est projetée au travers des cellules

Technologie LCD

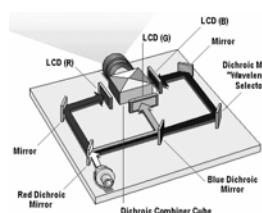
- Ecran
- Les couleurs sont produites par le biais de filtres colorés.
 - Eclairage à base de LED
- Avec l'arrivée des LED « hautes performances », on verra tout doucement la disparition des néons actuellement utilisés pour le backlight des écrans LCD. On gagnera en uniformité de l'éclairage, et en compacté de l'écran, tout en gardant une luminosité identique. Ceci est faisable car les nouvelles LED produisent une lumière puissante, en chauffant moins qu'un néon, et en étant plus compact aussi.



Technologie LCD

Projecteurs

- Source de lumière blanche
- Miroirs dichroïques



Technologie LCD

- + Faible encombrement
- + Faible consommation d'énergie
- + Peu de dégagement de chaleur
- Pas de très hautes fréquences

Diapositive 101

c1 fonctionnement n'est pas trop compliqué à comprendre :

Une source de lumière blanche envoie le rayon qui va rencontrer un miroir dichroïque* (rouge dans l'exemple)

* un miroir dichroïque est un miroir qui ne réfléchit que des longueurs d'onde bien spécifiques, en laissant les autres passer. La couleur nommée avec le miroir dichroïque est celle de la couleur qui la traverse.

Le rayon est scindé en deux : un rayon rouge qui va frapper l'écran LCD rouge et un rayon vert/bleu qui va frapper un miroir dichroïque bleu.

La composante verte du rayon est dirigée vers l'écran LCD vert, tandis que la composante bleue continue sa route vers le LCD bleu, mais en passant par un dernier miroir dichroïque qui va « sélectionner » la longueur d'onde voulue pour le bleu.

Les rayons RVB passent par les écrans LCD qui forment les images à projeter et sont recombiner avant la sortie du projecteur dans un cube de recombinaison dichroïque.

coquilla; 15/10/2008

Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie CRT (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs) (projecteurs)
 - ✓ Technologie OLED (Ecrans)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC

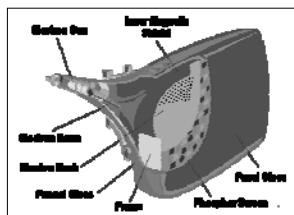
Technologie CRT

- CRT – Cathode Ray Tube
- Ecrans de visiocasques
- Ecrans de TV, ordinateurs
- Projecteurs tri-tubes

Technologie CRT

Ecrans

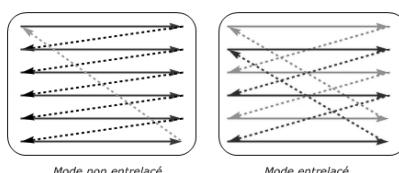
- luminophores, matières phosphorescentes réagissent à des rayonnements énergétiques par une émission de photons.
- Trois canons à électrons
- Champ magnétique pour balayage
- Masque



Technologie CRT

Ecrans

- Balayage



Technologie CRT

Technologie transmissive

Projecteurs

- Un jeu de lentilles permet la projection de l'image sur un écran ou un mur.



Technologie CRT

- L'électronique de commande crée des champs EM forts nuisibles
- Forte consommation électrique
- + Très bonne qualité d'image

Ecrans :

- Ecrans volumineux
- + Technologie émissive, ce qui permet d'avoir une luminosité, des contrastes et des angles de visions sans précédents

Projecteurs :

- Projecteurs volumineux
- Coût élevé
- +/- Réglages fins mais souvent nécessaires
- + Hautes fréquences et hautes résolutions

Projection stéréoscopique

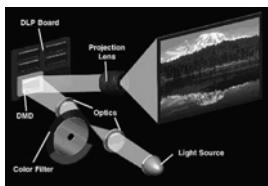
- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie CRT (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs) (projecteurs)
 - ✓ Technologie OLED (Ecrans)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC

Technologie DLP/DMD (projecteurs)

- DMD – Digital Micromirror Device
- Système mis au point par Texas instrument
- Procédé également appelé DLP – Digital Light Processing, qui est le traitement de la lumière du DMD
- Idée récente (1987)
- Début de commercialisation en 1998

Technologie DLP/DMD (projecteurs)

- Des milliers de petits miroirs ($16\mu\text{m}^2$: 1/1000 de la taille d'un cheveu), montés sur des transistors, qui se tournent vers la lumière pour la réfléchir, ou contre la lumière pour la bloquer



Technologie DLP/DMD – principe

- Les micro-miroirs sont arrangés en lignes et colonnes, et montés sur un circuit électrique de la taille d'un timbre poste
- Matrice de micro-miroirs = matrice de pixels

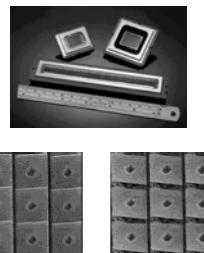
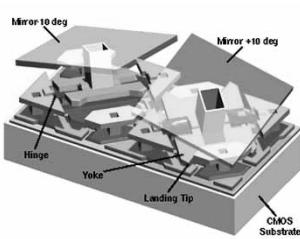


Figure 5. SEM video images of operating DMD

Technologie DLP/DMD - principe

- Les micro-miroirs sont commandés par un signal électrique numérique (converti à partir du signal vidéo) et basculent ainsi sur leur axe pour réfléchir plus ou moins de lumière en direction de l'objectif

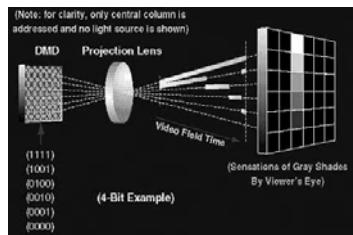


Technologie DLP/DMD - principe

- Blanc à l'écran quand le micro-miroir réfléchit la lumière de la lampe vers l'objectif (vers l'écran)
- Noir à l'écran quand le micro-miroir ne réfléchit pas la lumière de la lampe vers l'objectif (vers l'écran)

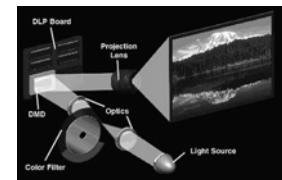
Technologie DLP/DMD - principe

- Variations de luminosité en variant les pourcentages de noir et de blanc dans le temps



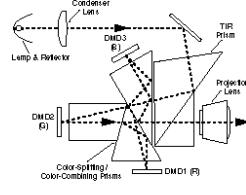
Technologie DLP/DMD - couleur

- Vidéoprojecteurs mono-dmd (les plus répandus) les couleurs sont restituées par une roue RVB dont les 3 images R,V,B sont projetées successivement sur les miroirs (projection suffisamment rapide pour que l'œil ne puisse pas distinguer la succession des 3 images couleur à l'écran. Il peut être possible d'apercevoir les 3 couleurs successives sur les déplacements rapides).



Technologie DLP/DMD - couleur

- Vidéoprojecteurs tri-dmd
 - ✓ 3 matrices de micro-miroirs
 - ✓ Lumière blanche de la lampe divisée en 3 couleurs par un prisme optique, puis envoyé sur chacune des matrices de micro-miroirs



Technologie DLP/DMD - avantages

- Moins d'obstacles entre la lampe et l'écran, donc beaucoup moins de perte de lumière, plus de contraste (permet la projection non totalement sombre)
- A coût égal et puissance de lampe égale, luminosité bien plus importante qu'avec des projecteurs tritubes ou LCD.
- Luminosité peut être ~ 10 fois supérieure qu'avec CRT.

Technologie DLP/DMD - avantages

- Compacité et poids (pour le mono-dmd)
- Qualité d'image, pour les plus récents : meilleure que LCD mais inférieure au tri-tubes
- Pixels quasiment invisibles

Technologie DLP/DMD - avantages

- Bonne uniformité de la lumière sur l'écran (pas d'effet spot)
- Noirs presque noirs (mieux que le LCD)
- Aucun besoin de réglage particulier
- Facilité d'installation
- Prix (pour le mono)

Technologie DLP/DMD - inconvenients

- Noirs presque noirs (moins bien que le tritube/CRT)
- Tendance à des "flashouilli" sur les mouvements rapides sur les mono-dmd
- Bruit et chaleur dégagés par le système de refroidissement (ventilateur)
- Changement de la lampe toutes les 1000 à 2000 heures au mieux (lampe UHP)



Technologie DLP/DMD - inconvenients

- Prix de la lampe (~ 150 euros) et obligation de la faire changer par le SAV. Dans la plupart des cas, la lampe "claqué" d'un coup sans signe d'avertissement préalable
- La taille et la restitution de l'image, comme le LCD, sont dépendantes de la résolution de la matrice ➔ manque de souplesse



Technologie DLP/DMD - inconvenients

- Panneau (ou matrice) à des formats fixes : 4:3, 16:9
- De plus en plus utilisé



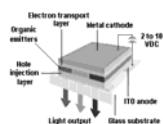
Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie CRT (Ecrans et projecteurs)
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs) (projecteurs)
 - ✓ Technologie OLED (Ecrans)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC



Technologie OLED (Organic LED) Ecrans

- La technologie OLED utilise des matériaux organiques qui émettent de la lumière quand ils sont parcourus par un courant.
- Une tension appliquée sur la matière organique déplace des électrons, qui vont se recombiner avec des trous. À la recombinaison, l'énergie superflue est restituée sous forme de lumière. L'émission de lumière permet aux OLED d'offrir un très grand angle de vision.



Technologie OLED Ecrans

Les plus

- + Compacité
- + Consommation moindre que les LCD
- + Angles de visions extrêmes
- + Bon marché
- + Ne chauffe presque pas
- + Couleurs proches de ce qu'on fait en CRT

Les moins

- Technologie récente



Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD
 - ✓ Technologie CRT
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC

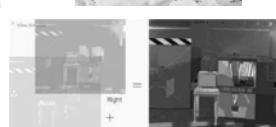
Projection stéréoscopique

- Objectif : créer la situation de la vision binoculaire qui consiste à produire deux images légèrement décalées l'une de l'autre. Chaque image est affectée à un des yeux. Le cerveau interprète celles-ci comme dans le cas de la vision binoculaire traditionnelle.



Filtres

- Filtres rouge/vert ou rouge/bleu ou rouge/cyan ou anaglyphe
- Image composée de deux monochromes stéréoscopiques dont les couleurs sont complémentaires.
- En général, l'un est rouge et l'autre est vert (ou bleu ou cyan).
- Observation à l'aide de lunettes bicolores



<http://www.anaglyphe.be>



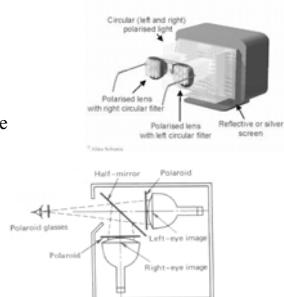
Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD
 - ✓ Technologie CRT
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC



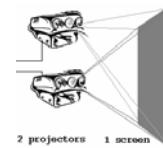
Stéréoscopie passive avec polarisation

- Vue de chaque oeil polarisée différemment
- Polarisation linéaire ou circulaire
- Port de lunettes polarisées



Stéréoscopie passive avec polarisation

- S'applique aux 3 technologies de projecteurs: LCD, CRT ou DLP
- Généralement deux projecteurs



Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD
 - ✓ Technologie CRT
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC



Stéréoscopie active

- Affichage successif des deux images
- Lunettes à cristaux liquides actives
- Opturation successive de chaque oeil
- Synchronisation des lunettes avec l'affichage des images par cable ou infra-rouge
- Ne s'applique pas à la technologie LCD



Comparaison actif/passif

- + Passive plus lumineux car 2 projecteurs
- - Passive avec 2 projecteurs nécessite une superposition parfaite des 2 images
- - La polarisation nécessite un écran spécial qui "retient" la polarisation
- - La polarisation difficilement compatible avec rétro-projection



Comparaison actif/passif

- - Active peut fatiguer à cause du clignotement
- - Active nécessite une fréquence d'affichage double



Comparaison actif/passif

- - Technologie DLP ne supporte pas toujours des fréquences d'affichage suffisamment élevées pour stéréoscopie active
 - ✓ Modèle récent de Christie Digital avec 3 chips DMD
 - ✓ CRT + stereo active : ~ 250 lumens
 - ✓ DLP + stereo active : 10 000 lumens



Projection stéréoscopique

- Technologies de projecteurs / écrans
 - ✓ Technologie LCD
 - ✓ Technologie CRT
 - ✓ Technologie DLP/DMD (micro-miroirs)
- Projection stéréoscopique
 - ✓ Filtres
 - ✓ Stéréo active
 - ✓ Stéréo passive par polarisation
 - ✓ Stéréo passive avec filtre INFITEC



Stéréoscopie passive avec filtre

- Filtre INFITEC
- INFITEC™, différencie les images gauche droite par codage avec des fréquences lumineuses différentes. Il n'y a donc plus ni accessoire actif ni polarisation et le résultat est restitué en vraies couleurs.
- Filtre identique appliqué au projecteur et sur les lunettes
- Conçu récemment par Daimler Chrysler, commercialisé par Tan
- 1 ou 2 projecteurs
- Employé avec projecteurs DLP mais devrait être compatible avec tous type de projecteurs

Avantages / inconvénients

- + Lunettes légères et passives comme avec polarisation
- + Non sensible à l'orientation de la tête ➔ peut être utilisé dans une cave contrairement à polarisation non circulaire
- + Associé avec DLP ➔ système de projection très lumineux et de très bonne qualité

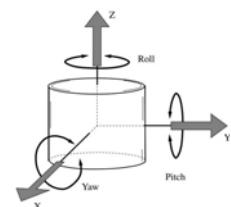
Plan

- Introduction
- Configurations / Périphériques de RV
 - ✓ Configurations de réalité virtuelle / Périphériques de visualisation
 - ✓ Capteurs/Trackers
 - ✓ Périphériques d'entrée
- Interaction

Trackers

Objects have 6 degrees of freedom (6DOFs)

- Three translations
- Three rotations



Trackers

Trackers measure the motion of “objects” such as user’s wrist or his head vs. a fixed system of coordinates

Technologies to perform this task:

- Mechanical trackers (special cases)
- Magnetic trackers (prevalent)
- Inertial/ultrasonic trackers (new)
- Vision-based trackers (new)

Trackers

- Point tracking
 - Mechanical trackers
 - Magnetic trackers
 - Acoustique / inertial trackers
 - Optical trackers
- Movement tracking
 - Hand
 - Body

Mechanical trackers

➤ Definition

A mechanical tracker usually consists of a serial or parallel kinematic structure composed of links interconnected by sensorized joints.



Mechanical trackers

➤ Examples



Mechanical trackers

➤ Strings (Spidar)



Mechanical trackers

Pros (exoskeletons)

- Use sensors imbeded in exoskeletons to measure position
- Have extremely low latencies
- Are immune to interference from magnetic fields and large metal objects

Cons (exoskeletons)

- Limit the user freedom of motion
- Can be heavy if worn on the body

Pros (strings)

- Visually less invasive than exoskeletons (in immersive EV)

Cons (strings)

- Accuracy
- Constraint of the strings



Trackers

➤ Point tracking

- Mechanical trackers
- Magnetic trackers
- Acoustique / inertial trackers
- Optical trackers

➤ Movement tracking

- Hand
- Body



Magnetic Trackers

- A magnetic tracker is a non-contact position measurement device that uses a magnetic field produced by a stationary TRANSMITTER to determine the real-time position of a moving RECEIVER element.



Polhemus Fastrack magnetic tracker system



Magnetic Trackers

- Use low-frequency magnetic fields to measure position;
- Fields are produced by a fixed source;
- Size of source grows with the tracker work envelope;
- The receivers are attached to the tracked object and has three perpendicular antennas;
- Distance is inferred from the voltages induced in the antennas – needs calibration.



Polhemus Long Ranger source for the tracker system

Magnetic Trackers

- Polhemus wireless tracker (Liberty LATUS)
- Use wireless sources, now called “markers”, each with a different frequency;
 - Each source position is measured by a “receptor” within 2.4m, 1 receiver can track 4 markers;
 - The system can have up to 12 markers and up to 16 receptors
 - Sampling rate is 188 Hz up to 8 markers and drops to 94Hz from 9 to 12 markers
 - Markers are battery powered up to 2.5 hours and weigh 50g each;
 - For one marker and one receptor accuracy is 0.04 mm and 0.0012 degree at 30cm range and drops afterwards;
 - Communication from base unit is RS232 or USB
 - Cost up to 100Keuros.



Polhemus Liberty LATUS source for the tracker system

Magnetic Trackers

Polhemus wireless tracker (PATRIOT)

- Tracks up to four wireless sources (“markers”), each with a different frequency
- Sampling rate is 50 Hz
- Each source position is measured by a receiver “receptor” within 1,8 m. One receiver can track up to 2 receptors
- Markers are battery powered up to 2 hours
- Less performance than LATUS, but cheaper (20Keuros).



Polhemus PATRIOT source for the tracker system

Magnetic Trackers



Motion Star wireless tracker (Ascension Technology)

Magnetic Trackers

- Perturbed by metallic parts

Trackers

- Point tracking
 - Mechanical trackers
 - Magnetic trackers
 - Acoustique / inertial trackers
 - Optical trackers
- Movement tracking
 - Hand
 - Body

Ultrasonic / inertial Trackers

- A non-contact position measurement device that uses an ultrasonic signal produced by a stationary transmitter to determine the real-time position/orientation of a moving receiver.



Is-600 Mark2 (Intersense)

Ultrasonic / inertial Trackers

- Use low-frequency ultrasound to measure position;
- Sound produced by a fixed source (speakers)
- Number of sources grows with the tracker work envelope;
- The receiver is triangular and attached



Is-600 Mark2 (Intersense)

Ultrasonic / inertial Trackers

- Distance measured from the propagation time of ultrasounds (sensitive to air temperature).
- Often coupled with Inertial
- Example :
 - Is-600 Mark2 (Intersense)
 - Ultrasonic for position
 - Inertial for orientation



Is-600 Mark2 (Intersense)

Ultrasonic Trackers

- Can be perturbed by systems producing ultrasounds and by reflections of ultrasounds.
- Requires direct light of sight
- Low cost



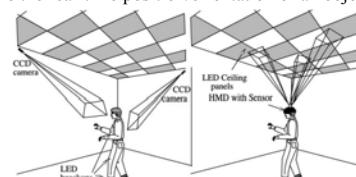
Is-600 Mark2 (Intersense)

Trackers

- Point tracking
 - Mechanical trackers
 - Magnetic trackers
 - Acoustique / inertial trackers
 - Optical trackers
- Movement tracking
 - Hand
 - Body

Optical Trackers

A non-contact position measurement device that uses optical sensing to determine the real-time position/orientation of an object.

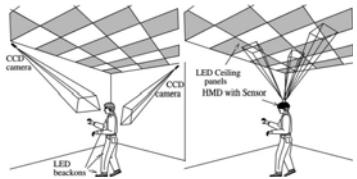


Optical trackers: a) outside-looking-in; b) inside-looking-out

Optical Trackers

Advantages of inside-out trackers

- The best accuracy is close to the work envelope
- Very large tracking surface and resistance to visual occlusions (line of sight)



Optical trackers: a) outside-looking-in; b) inside-looking-out

Trackers

Outside-in (Vicom MX example)

- Uses 4 Mpixel cameras with own 120 LED array (infrared, or visible red). Accuracy 0.02 of a pixel
- Camera has real-time onboard image processing (masking and thresholding)
- Resolution 2352x1728 at 160fps
- 8 cameras are connected to a MX net unit which then communicates with the PC



Optical Trackers

Outside-in

- Camera
- Markers



Optical Trackers

Inside-out (HiBall example)

- Optical sensor
- Sensor advantage:
- High sampling rate (2000Hz, 1000 for 2 sensors)
- High accuracy (0.4 mm, 0.02 degrees)
- High resolution (0.2 mm, 0.03 degrees)
- Impervious to metallic or ultrasonic interferences
- Very large tracking area (up to 10mx10m), small weight (~20g)
- Resolution 2352x1728 at 160fps
- 8 cameras are connected to a MX net unit which then communicates with the PC



Trackers

- Mechanic more accurate
- Mechanic usually combined with haptic or other purposes
- Magnetic good but expensive
- Ultrasound, low accuracy, sensitive to temperature and humidity and perturbed by ultrasound noise but low cost and not sensitive to metallic parts.
- Optical increasingly used.

Trackers

- Point tracking
 - Mechanical trackers
 - Magnetic trackers
 - Acoustique / inertial trackers
 - Optical trackers
- Body tracking
 - Hand
 - Body

Capteurs / trackers

- Capteurs de position (ponctuel)
 - Capteurs mécaniques
 - Capteurs électromagnétiques
 - Capteurs acoustiques / inertIELS
 - Capteurs optiques
- Capteurs de localisation corporelle
 - Main
 - Marche / déplacements



Gants

Le CyberGlove est un gant qui permet, à l'aide de capteurs flexibles de mesurer de manière précise la position et le mouvement des doigts et du poignet.

18 ou 22 capteurs



Gants

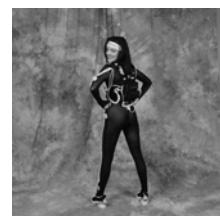
Pinch Glove



Body

Wireless suit (Ascension Technology)
Magnetic technology

100 updates/sec
3 meters range
Resolution < 2mm and < 2 degrees
2 hours autonomy



Plan

- Introduction
- Configurations / Périphériques de RV
 - ✓ Configurations de réalité virtuelle / Périphériques de visualisation
 - ✓ Capteurs
 - ✓ Périphériques d'entrée
- Interaction



Périphériques d'entrée

Souris deux degrés de liberté



Périphériques d'entrée

Souris à retour d'effort



Wingman Force Feedback

Logitec

Périphériques d'entrée

Stylo à retour d'effort



PenCAT/Pro3D

PenCAT/Pro

Périphériques d'entrée

SpaceBall 6 degrés de liberté



Labtec

Périphériques d'entrée

Tablette graphique

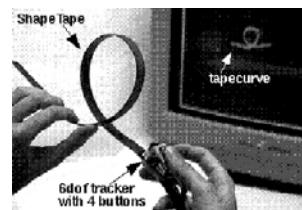


Acecat

Périphériques d'entrée

ShapeTape

2 fibres optiques



Périphériques d'entrée

Ring Mouse

- Tacking par ultrasons
- 2 boutons
- Pas encombrant
- Bon marché



Périphériques d'entrée

Gant à retour tactile

Le CyberTouch est gant à retour tactile. Il est constitué de petits stimulateurs vibrotactiles disposés sur chaque doigt du CyberGlove.

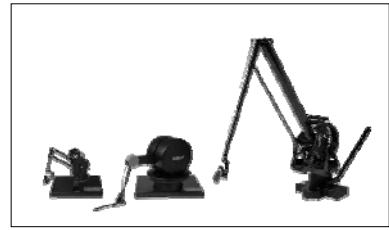
Virtual Technologies



Périphériques d'entrée

Bras à retour d'effort

Le Phantom
Sensible Technologies

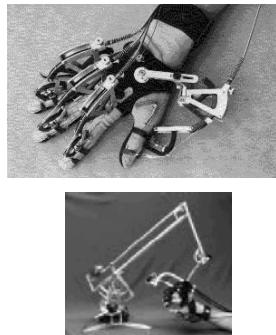


Périphériques d'entrée

Gant à retour d'effort

Le CyberGrasp est un exosquelette léger qui s'adapte sur un CyberGlove pour ajouter un retour d'effort sur chacun des doigts de la main.

Virtual Technologies



Présentation du cours

- Demos
- Configurations/périphériques
- Interaction 3D
- Déplacement
- Haptique
- Réalité augmentée

Choix d'une technique d'interaction

Le choix de la technique d'interaction doit :

- ✓ dépendre des périphériques d'entrée et de sortie
- ✓ dépendre des tâches à réaliser (distance des objets,...)
- ✓ favoriser le confort et les performances de l'utilisateur
- ✓ être facile à apprendre
- ✓ satisfaire des contraintes extérieures (prix, place dont dispose la personne pour se déplacer,...)

Tâches

On distinguerá :

- ✓ les tâches canoniques
- ✓ les tâches spécifiques

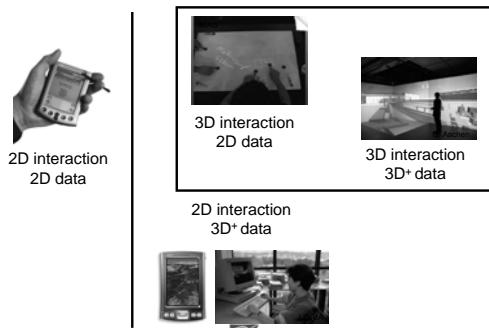
Plan

- ✓ Quelques difficultés
- ✓ Manipulation
- ✓ Contrôle de systèmes
- ✓ Quelques approches prometteuses

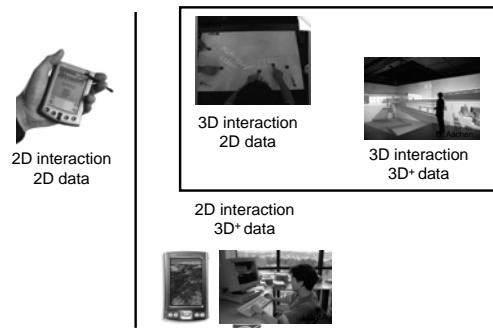
Quelques difficultés de l'interaction 3D

- ✓ Exemple de difficulté liée aux périphériques :
 - Raccourcit clavier
- ✓ Exemple de difficulté liée à l'interaction spatiale :
 - Où positionner un menu ?
 - Doit-on utiliser des menus ?
- ✓ Difficulté liée à la référence au monde 2D
- ✓ Difficulté liée à la référence au monde réel
- ✓ Certains retours sensoriels difficiles à restituer
- ✓ ...

Contours de l'interaction 3D



Contours de l'interaction 3D



Importance de l'interaction 3D

- ✓ Mondes virtuels 3D de plus en plus omniprésents
- ✓ Ingénierie, sciences, culture, médecine, transports, ...
 - ==> utilisation par un public hétérogène
 - ==> comportement de chauffeur plutôt que de mécanicien
- ✓ Interaction homme-application premier critère d'acceptabilité d'un système

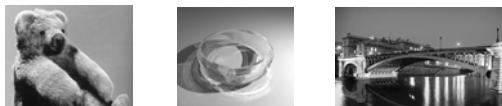
Immaturité de l'interaction 3D

Graphique domaine mature



EG '2000 - Peter Neugebauer & al.

Graphique domaine mature



Kajya & al. Siggraph '89

EMSE 1999



Dobashi
Siggraph '2000



Amap Genesis

Interaction 3D domaine immature

- ✓ Sentiment de malaise ou de maladresse
- ✓ Processus d'interaction avec les mondes virtuels très pauvres
- ✓ Configurations souvent 2D
- ✓ Interface souvent inspirée du 2D (WIMP...)
- ✓ Tâches apparemment aussi simples que contrôle d'application, saisie / positionnement d'objets, navigation,... sont des problèmes ouverts
- ✓ Interaction avec le monde réel très riche

Situation de l'interaction 3D

- ✓ **Un réel besoin** : utilisateurs de plus en plus exigeants et foisonnement d'applications. 1er défi de la réalité virtuelle
- ✓ **Une situation non satisfaisante** : interfaces pauvres : essentiellement 2D avec une forte sous utilisation de la bande passante
- ✓ **De fortes potentialités** : des configurations et des approches très prometteuses

Interaction Homme/Machine Interaction Homme/Application

Objectif : cacher la machine (périphérique et calculateur)

- ➔ Interaction Homme/Application et non
- ➔ Interaction Homme/Machine

Interaction 3D : domaine de recherche

Contribuer à rendre l'interaction avec des objets ou scènes virtuels au moins aussi simple et intuitive que l'interaction avec le monde réel.

Objectifs

✓ Performance

- ✓ efficacité
 - ✓ précision
 - ✓ productivité
- ✓ « Utilisabilité »
- ✓ facilité d'utilisation
 - ✓ facilité d'apprentissage
 - ✓ confort de l'utilisateur

✓ Utilité

- ✓ l'interaction aide à atteindre les objectifs du système
- ✓ interface suffisamment transparente pour que l'utilisateur porte toute son attention sur la tâche

Définitions

✓ L'interface est composée de trois composants

- ✓ Périphérique(s) d'entrée
- ✓ Fonction de transfert ou "control-display mapping" ou technique d'interaction
- ✓ Périphérique(s) de sortie



Plan

✓ Quelques difficultés

✓ Manipulation

✓ Contrôle de systèmes

✓ Quelques approches prometteuses



Quelques difficultés de l'interaction 3D

✓ Exemple de difficulté liée aux périphériques :

- Raccourcit clavier

✓ Exemple de difficulté liée à l'interaction spatiale :

- Où positionner un menu ?
- Doit-on utiliser des menus ?

✓ Difficulté liée à la référence au monde 2D

✓ Difficulté liée à la référence au monde réel



Plan

✓ Quelques de difficultés

✓ Manipulation

✓ Déplacement

✓ Control de système

✓ Quelques approches prometteuses

“Simple” virtual hand

✓ Une main virtuelle est fournie au manipulateur (un curseur 3D, souvent avec la forme d'une main)

✓ La personne à la main trackée ou à un tracker en main

✓ Pour sélectionner un objet, la personne doit superposer la main virtuelle et l'objet puis cliquer sur un bouton

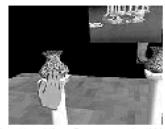
✓ L'objet est alors “attaché” à la main et suit tous les mouvements (translation, rotation) de la main de la personne



Virtual hand (from Poupyrev et al., 1996)



“Simple” virtual hand



Virtual hand (from Poupyrev et al., 1996)

✓ Avantages

- La plus naturelle

✓ Inconvénients

- Espace de manipulation limité

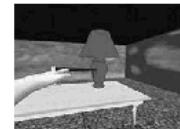
Virtual pointer / Ray casting (Bolt 80)

- ✓ Objectif : permettre de manipuler des objets qui ne sont pas à portée de main

- ✓ Utilisation d'un rayon pour sélectionner l'objet

✓ Inconvénients

- La sélection de petits objets ou d'objets éloignés peut être difficile
- Manipulation limitée à la surface de la sphère centrée sur la main
- Rotations limitées aux rotations autour de l'axe du rayon



Virtual pointer (from Bowman et al., 1987)

Spotlight or Flashlight (Liang 1994)

- ✓ Remplace le rayon par un cône

✓ Avantage

- Sélection de petits objets et d'objets éloignés facilitée

✓ Inconvénients

- Risque de sélectionner plusieurs objets, surtout si les objets sont éloignés de la personne
- Même limitations des mouvements que pour virtual pointer

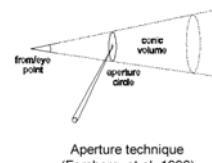
Aperture (Forsberg 1996)

- ✓ Modification de la technique du Spotlight

- ✓ L'utilisateur contrôle interactivement le volume de sélection

- ✓ Cône défini dont le sommet est défini par la position de l'œil et la direction et l'ouverture par la position de la main (aperture)

- ✓ La personne contrôle l'ouverture en rapprochant ou éloignant sa main

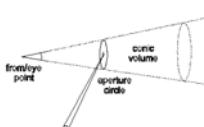


Aperture technique (Forsberg, et al. 1996)

Aperture (Forsberg 1996)

✓ Avantages

- Interactive et intuitive
- La sélection est 2D



Aperture technique (Forsberg, et al. 1996)

✓ Inconvénients

- Même limitations des mouvements que pour virtual pointer et spotlight

Image plane (Pierce 1997)

- ✓ Sélection dans le plan image (projection 2D des objets)

- ✓ L'objet situé derrière le doigt est sélectionné en lançant un rayon à partir de l'œil de la personne et traversant son doigt

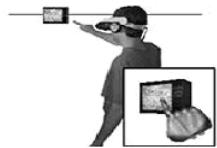
- ✓ Possibilité d'utiliser 2 doigts pour sélectionner un objet



Sticky finger (Pierce, et al. 1997)

Image plane (Pierce 1997)

- ✓ Après sélection, la personne manipule la “projection de l’objet”



Sticky finger (Pierce, et al. 1997)

- ✓ Inconvénient

- Impossible de contrôler la distance de l’objet
- Peut être perturbant en mode stéréo



Ray-casting avec “fishing reel” (Bowman 1997)

- ✓ Contrôle de la distance à l’aide d’un périphérique séparé (moulinet de canne à pêche).

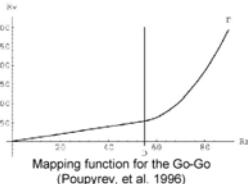
- ✓ Inconvénient

- séparation des degrés de liberté de la manipulation
- périphérique supplémentaire



Go-Go (Poupyrev et al. 1996)

- ✓ Extension de la méthode “Virtual hand”
- ✓ Utilisation d’une fonction de mapping de la distance de la main non linéaire
- ✓ Fonction linéaire si main proche du corps, non linéaire si plus loin

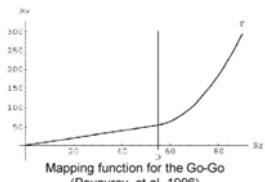


Mapping function for the Go-Go (Poupyrev, et al. 1996)



Go-Go (Poupyrev et al. 1996)

- ✓ Avantage
 - Si 6dof manipulation aussi bien près que loin
- ✓ Inconvénient
 - Si objets éloignés, les mouvements de la main (en distance) sont transformés en mouvements amples de la main virtuelle rendant la manipulation difficile et peu précise



Mapping function for the Go-Go (Poupyrev, et al. 1996)



World in Miniature

(Stoakley et al. 1995)

- ✓ Deuxième représentation du monde virtuel sous forme de maquette à portée de main
- ✓ Avantage
 - Valable aussi pour navigation
- ✓ Inconvénient
 - Si scène très large, les objets du WIM peuvent être petits et difficile à manipuler avec précision



World-in-Miniature (Stoakley, et al. 1995)



Techniques hybrides

- ✓ Aucune technique totalement satisfaisante
 - techniques hybrides
 - soit par passage automatique et transparent d'une solution à l'autre en fonction du contexte
 - soit de façon contrôlée par la personne



HOMER (Bowman et al. 1997)

- ✓ Hand-Centered Object Manipulation (HOMER)
- ✓ Changement de technique entre sélection et manipulation
- ✓ Sélection avec la méthode “Virtual Pointer”
- ✓ Manipulation en amplifiant les mouvements de la main d'un facteur égal au rapport entre distance de l'objet et distance de la main
- ✓ Sélection avec un rayon

HOMER (Bowman et al. 1997)

- ✓ Avantages
 - résoud en partie les contraintes de manipulation de la technique “Virtual pointer”
- ✓ Inconvénients
 - si objet très loin, petits déplacements de la main réelle correspondent à de grands déplacements de la main virtuelle d'où peu de précision
 - éloignement de l'objet par rapport à sa position initiale limité
 - mapping inconsistent de la main virtuelle sur la réelle entre deux manipulation

World-scale grab (Mine et al. 1997)

- ✓ Même concept que HOMER
- ✓ Sélection par méthode du plan image
- ✓ Manipulation en rapprochant la scène de l'utilisateur de façon à ce que la visualisation ne change pas (si visualisation monoscopique). La scène devient à portée de main

World-scale grab (Mine et al. 1997)

- ✓ Avantages
 - résoud en partie les contraintes de manipulation de la technique “Virtual pointer”
- ✓ Inconvénients
 - si objet très loin, petits déplacements de la main réelle correspondent à de grands déplacements de la main virtuelle d'où peu de précision
 - éloignement de l'objet par rapport à sa position initiale limité
 - mapping inconsistent de la main virtuelle sur la réelle entre deux manipulation

Voodoo Dolls (Pierce et al. 1999)

- ✓ Interaction à deux mains
- ✓ Sélection par la méthode du plan image
- ✓ Les objets sont manipulés à l'aide de ‘Dolls’ qui les représentent, en miniature
- ✓ La main non dominante manipule un “Doll” qui définit l'espace de référence par rapport auquel l'objet de la main dominante est manipulé



Voodoo Dolls (Pierce et al. 1999)

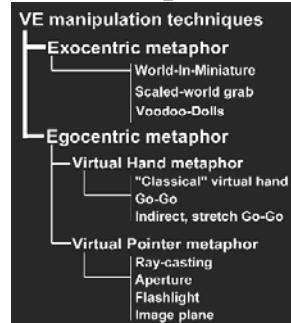
- ✓ Exemple : la main non dominante tient un “Doll” représentant une table et la main dominante manipule le “Doll” d'un objet qui sera posé sur la table



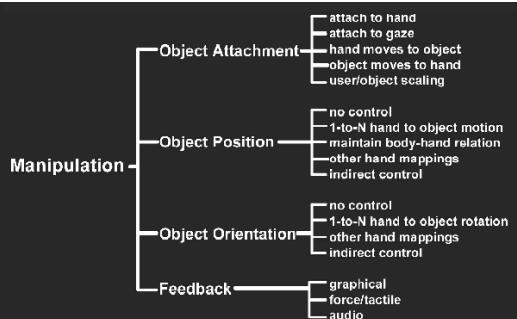
Voodoo Dolls (Pierce et al. 1999)

- ✓ Avantages
 - manipulation à distance
 - manipulation d'éléments d'un objet par rapport à l'objet global
- ✓ Inconvénients
 - technique plus complexe donc apprentissage plus long
 - utilisation de Pinch gloves

Classification par métaphore



Classification par composants



Plan

- ✓ Quelques difficultés
- ✓ Manipulation
- ✓ Déplacement
- ✓ Control de système
- ✓ Quelques approches prometteuses

9-10-09

Marche / déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile, ...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

Marche / enregistrement des mouvements dans de grands espaces

- ✓ Caméra (UNC : caméra-based tracking)
- ✓ Système d'enregistrement des mouvements (electro-magnétiques, ...)

Marche/déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile,...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

Marche/marche sur place

- ✓ Projet GAITER, Naval Research Labs
 - la personne marche sur place
 - analyse de ses mouvements pour déterminer la direction/vitesse,...
- ✓ Autre modes de locomotion sans déplacement physique (Iwata & Fujii, 1996) :
 - skateboard
 - chaussures glissantes sur sol glissant
 - ...

Marche/déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile,...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

Marche/tapis roulant uni-directionnel

Tapis roulant ressemblant aux systèmes d'entraînement

- ✓ Tapis roulant avec système pour donner la direction (type guidon de vélo) (Brooks & al. UNC)
- ✓ Tapis roulant tournant dont l'orientation change quand la direction change (Noma & al. ATR International, IEEE VR 2000)



Marche/tapis roulant uni-directionnel (suite)

- ✓ Treadport (Univ. Of Utah)
 - tapis roulant / basculant dans une direction
 - + retour d'effort via un bras de robot qui pousse ou tire la personne pour simuler les forces de gravité dans les pentes, ou des forces d'inertie

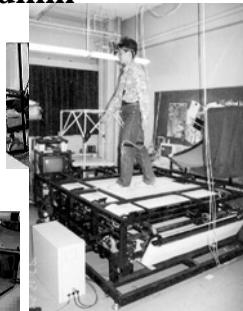


Marche/déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile,...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

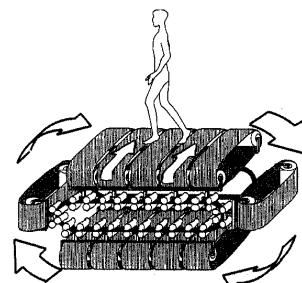
Torus treadmill

- ✓ Iwata Lab., Univ. Of Tsukuba
- ✓ IEEE VR 1999
- ✓ Position du marcheur fixe dans monde réel
- ✓ Direction de marche quelconque



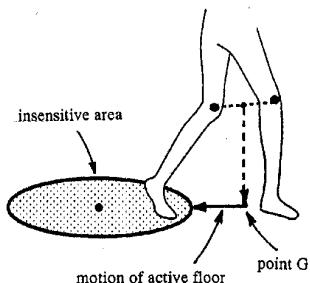
Torus treadmill

- ✓ Surface infinie
- ✓ Ensemble de 12 tapis roulants adjacents
- ✓ Le sol se déplace dans la direction opposée au mouvement du marcheur



Torus treadmill

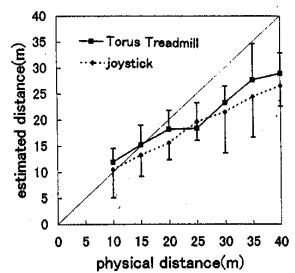
- ✓ Mouvement des pieds mesuré grâce à des trackers magnétiques sur les genoux
- ✓ Actionnement des tapis roulants lorsque le marcheur sort de la zone centrale



Taille de la surface limitée risque de sortir



Torus treadmill

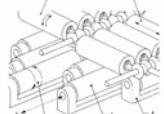
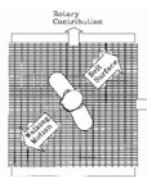


Difficultés si changements brusques de direction à haute vitesse

Tests d'estimation de distance

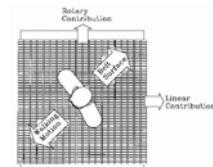
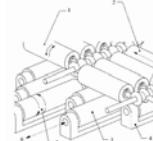
Omni-directional treadmill

- ✓ Virtual Space Design Inc.
- ✓ Darken & al. UIST '97



Omni-directional treadmill

- ✓ Chaque tapis composé de ~ 3400 rouleaux
- ✓ Contrôle en translation de chaque tapis
- ✓ Pour le tapis supérieur, c'est identique à un tapis roulant
- ✓ La translation des rouleaux du tapis inférieur font tourner les rouleaux du tapis supérieur
- ✓ Vitesse < 3m/s
- ✓ Difficultés si changements de direction brusques et à forte vitesse



Marche/déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile,...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

Postes de conduite



Marche/déplacement physique

- ✓ Marche
 - tracking dans de grands espaces
 - marche sur place et analyse des mouvements
- ✓ Tapis roulants
 - monodirectionnels
 - omnidirectionnels
- ✓ Postes de conduite
 - bicyclette
 - automobile,...
- ✓ Autres
 - Virtual Motion Controller VMC (Hit Lab Univ. Washington)
 - Magic Carpet (Georgia Tech)

Virtual Motion Controller - VMC

- ✓ Hit Lab. Univ. Washington
- ✓ Mesure de la position du corps avec 4 capteurs de poids
- ✓ Surface bombée pour que l'utilisateur sente où il est positionné sur la plateforme



Virtual Motion Controller - VMC

- ✓ Direction de déplacement définie par un pas dans cette direction
- ✓ Vitesse de déplacement donnée par distance du pied au centre
- ✓ Magic carpet (Georgia Tech), même principe avec 8 directions au lieu de 4



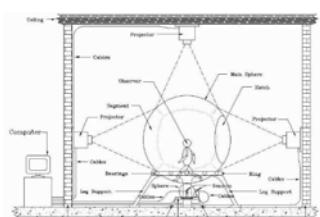
CirculaFloor

Hiroo Iwata & al. U. Tsukuba



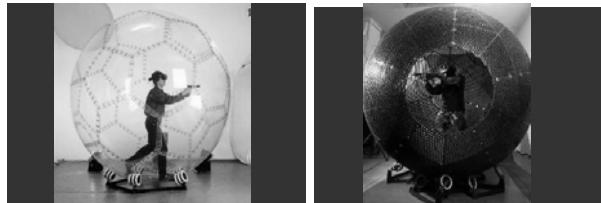
CyberSphere

✓ Univ. Of Warwick, UK



VirtuSphere

HIT Lab.
University of Washington



VirtuSphere

HIT Lab.
University of Washington



Redirected walking

- ✓ See video **Compelling User
Redirection in Virtual
Environments (CURVE).mp4**
 - ✓ ds photos/video/coursEnsimag

CabBoots

- ✓ See video CabBoots - Martin Frey.mp4
 - ✓ In photos/videos/coursEnsimag

Plan

- ✓ Quelques de difficultés
 - ✓ Manipulation
 - ✓ Déplacement
 - ✓ Control de système
 - ✓ Quelques approches prometteuses

Contrôle de système

Application d'une commande pour changer le mode d'interaction ou l'état du système

Menus graphiques

Adaptation de menus 2D

✓ Placement

- par référence au monde
- par référence à un objet
- par référence à la tête
- par référence au corps
- par référence à un périphérique

✓ Sélection

- degrés de liberté, contraintes (contraindre les degrés de liberté aide)

Menus graphiques

✓ Représentation

- forme, taille, espace entre items
- Hierarchy : regroupement fonctionnel, sémantique, dépendant du contexte
- Fixe / pop up / toolbars

Menus graphiques

Adaptation de menus 2D

- Exemple 1 : Palette Virtuelle

Palette Virtuelle

- Responsive Workbench
- “Prop-based” interaction
- Interaction à deux mains

Palette Virtuelle

Responsive Workbench :

Interaction inspirée de
interaction sur station de
travail



Palette Virtuelle

“Prop-based” interaction et Workbench:

- Le workbench permet au “prop” d’être positionné physiquement à la bonne place
- L’utilisateur voit le “prop” et non un avatar

Palette Virtuelle

Définition :

- Plaque de verre ou plastic transparente
- Poignée
- Senseur attaché à la poignée



GMD-INRIA

Palette Virtuelle

Fonctionnalités :

- Affichage sur la palette
- Fenêtre sur le monde virtuel



GMD-INRIA

Palette Virtuelle

Nouvelles techniques

d’interaction :

- Loupe, plan de coupe, filtre, 3D Magic lens, contrôle d’applications



GMD-INRIA

Palette Virtuelle

Virtual Remote Control Panel

- Palette virtuelle
- Stylo 3D
- Affichage sur la palette
- Interaction à deux mains



GMD-INRIA

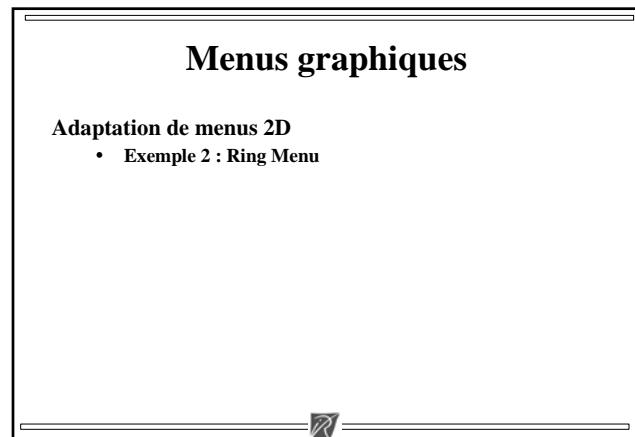
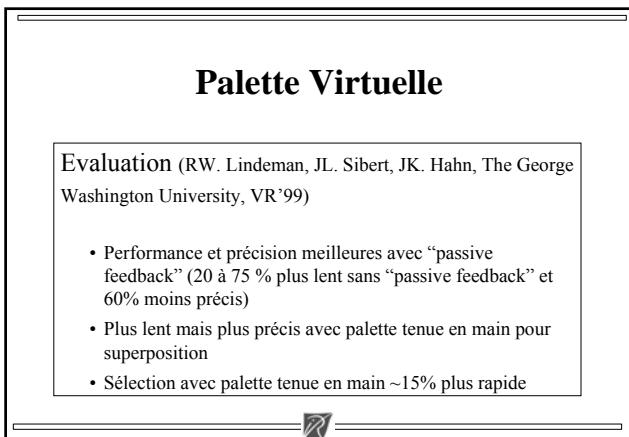
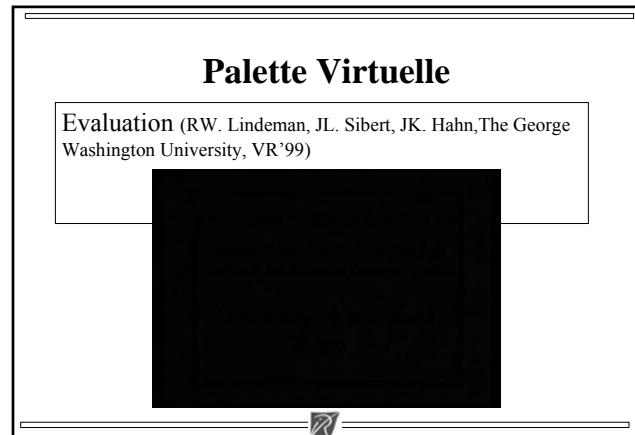
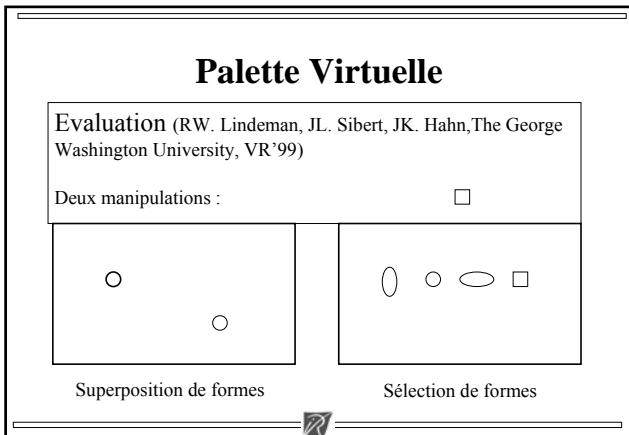
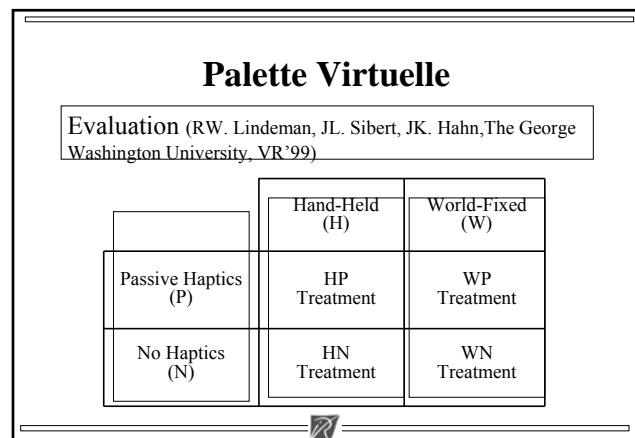
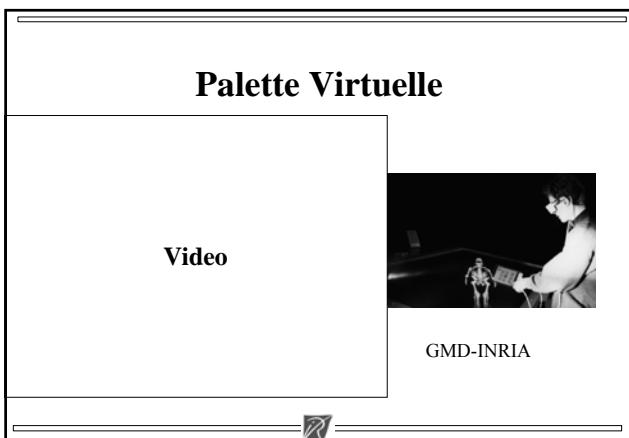
Palette Virtuelle

Fonctionnalités :

- Le menu suit les mouvements de la palette (les mouvements absolu nécessitent une concentration supérieure)
- Ramène l'espace d'interaction proche de l'utilisateur



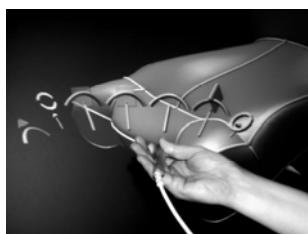
GMD-INRIA



Menus graphiques

Hand oriented

- ✓ Ring menu



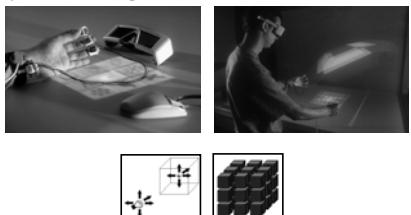
Menus graphiques

Adaptation de menus 2D

- Exemple 3 : Command and Control Cube

Command and Control Cube

(J. Grosjean and S. Coquillart)



QuickWriteVR



i3D-INRIA Photos/Videos/Inventor/Incrustovf..

Menus graphiques

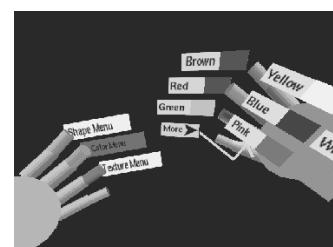
Autres approches

Menus graphiques

Hand oriented

- ✓ Tulip Menu

Bowman & al.

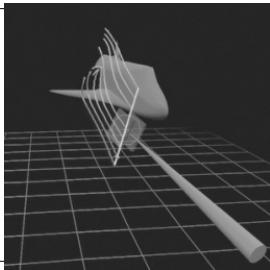


Menus graphiques

3D widgets

Virtual Tunnel

Brown Univ.



Gestural command

Pinch Gloves

Multigen application



Virtual tools

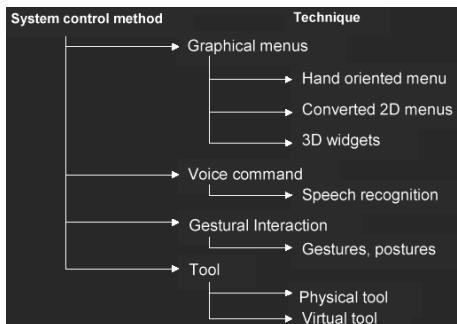


Physical tools

PDA



Classification



D'après Bowman & al.

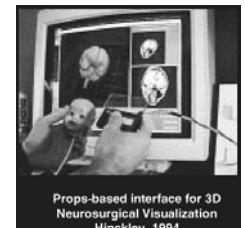
Approches prometteuses

- ✓ Interaction à deux mains
- ✓ Props
- ✓ Interaction multi-sensorielle
- ✓ ...

Plan

- ✓ Quelques de difficultés
- ✓ Manipulation
- ✓ Déplacement
- ✓ Control de système
- ✓ Tâches spécifiques

14-10-10 Déplacements pas faits

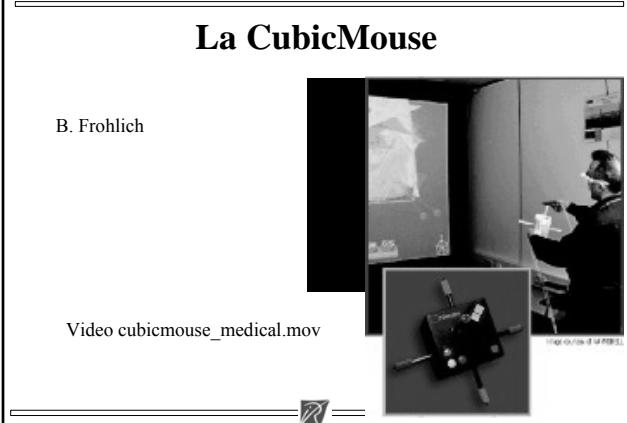


Neurochirurgie

- ✓ Interaction à deux mains
- ✓ Props

Le CAT

Video TheCAT.mov



La CubicMouse

Video cubicmouse_medical.mov

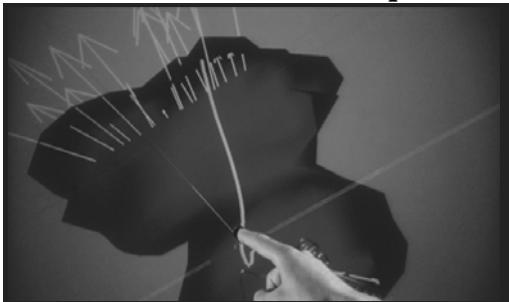
Visualisation Scientifique

i3D-INRIA – Geobench - BRGM



Visualisation Scientifique

Visualisation Scientifique



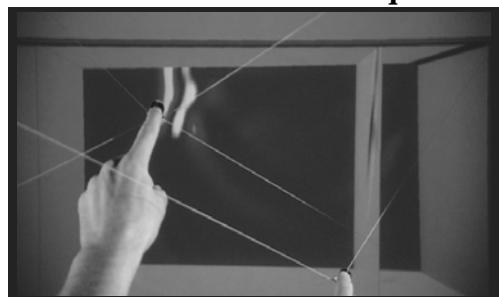
i3D-INRIA – Geobench - BRGM

Visualisation Scientifique



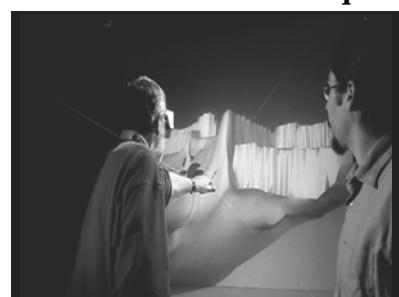
i3D-INRIA – Geobench - BRGM

Visualisation Scientifique



i3D-INRIA – Geobench - BRGM

Visualisation Scientifique



i3D-INRIA – Geobench - BRGM

PDA bi-manual interaction from video tracking



I3d-hachet-xvid

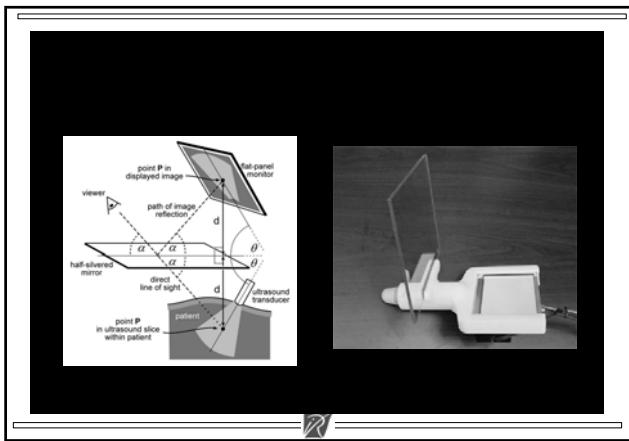
LaBRI - IMMERSION

NON PDA-based Augmented Reality



Univ. Graz





NON AR – See-through HMD

Construct 3D
An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education

Univ. Graz

ARNON Tank

CieMed

ReachIn

This block displays two images related to AR NON Tank. On the left is a photograph of a surgeon performing surgery in a tank-like environment. On the right is a photograph of a ReachIn system, which appears to be a specialized HMD or display setup.

Contours de l'interaction 3D

2D interaction
2D data

3D interaction
2D data

3D interaction
3D* data

2D interaction
3D* data

This block illustrates various forms of 3D interaction. It includes images of a handheld device, a smartphone, and a person interacting with a computer screen, each labeled with a specific interaction type and data type.

Interaction 3D et données 2D

This block is mostly blank, containing only the title "Interaction 3D et données 2D".

3D interaction for 2D data

3D visualization on a screen

Task gallery
Microsoft
Research

This block shows a large-scale 3D visualization on a screen, likely a Microsoft Research exhibit. It features a virtual environment with multiple screens displaying data and a physical interactive station in the foreground.

Magic board

Magic board

Magic table

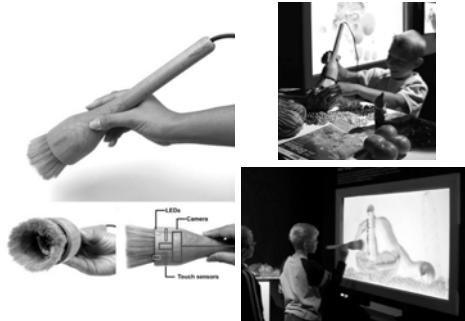
CLIPS-iMAG
The Media Lab
The MagicBoard
François Bérard
Yann Laurillau
Sandy Pentland
Joëlle Coutaz

Vidéo DiamondTouch

3D interaction for 2D data

3D input

IO Brush
MIT Media
Lab.



3D interaction for 2D data

3D input

IO Brush
MIT Media
Lab.

I/O Brush
Ryokai & Marti
MIT Media Laboratory (C) 2005

3D interaction for 2D data

3D input
Interfaces
perceptives

VisionWand
Univ. Toronto



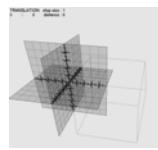
NON Augmented reality

MagicBook
HIT Lab. NZ



Metric Cursor

Vidéo



Retour pseudo-haptique

Vidéo



Facteurs d'immersion

- ✓ IHA et non IHM
- ✓ Grand écran
- ✓ Stéréo
- ✓ Enregistrement des mouvements de la tête
- ✓ Interaction à deux mains
- ✓ Interaction en directe
- ✓ Interaction multi-sensorielle (visuel, sonore, haptique, olfactif)
- ✓ ...

Présentation du cours

- Demos
- Configurations/périphériques (visuel, son, geste,...)
- Interaction 3D
- Déplacement
- Haptique
- Réalité augmentée

16-10-09
Pseudo-haptique pas fait

Retour haptique - définition

- Haptique vient du grec *haptethai* (= sentir par le toucher)
- D'après Webster 1985, synonyme de retour tactile
- Sens le plus courant aujourd'hui :
retour tactile et retour d'effort

Périphériques haptique

- Retour d'effort
 - Periphériques généraux
 - Desktop (souris, doigt, stylo, joystick)
 - 3D et plus
 - Pérophériques spécifiques
 - Médical
 - Conduite
 - Marche
- Retour tactile

Desktop - souris

Souris à retour d'effort

- Souris fixée sur le socle
- ➔ Limitée en rotations



Wingman Force Feedback

Logitec

Desktop - doigt

Pentograph

- 2 degrés de liberté
- Peu de frottements
- Faible inertie
- Forte rigidité



Desktop - stylo

Stylo à retour d'effort

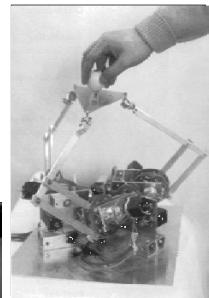
PenCAT/Pro3D
Haptic Technologies Inc. (CA)



Desktop - joystick

Haptic Master

- Conçu à l'univ. de Tsukuba, Japon
- Commercialisé par Nissho electronics Corp.
- 6ddl
- 3 liaisons en parallélogramme (pantographe) avec 3 moteurs chacun
- Sphère de travail de ~ 40cm de diamètre
- Bande passante 50Hz
- Force max. 2.5kg
- Grand espace de travail



Desktop - joystick

Magnetic Levitation Haptic Interface (CMU)

- 6ddl
- Lorentz force magnetic levitation
- 1 flotor avec bobines et photodiodes et 1 stator avec aimants
- Petit espace de travail
- Pas de contacte donc pas de frottements
- Très bonne précision
- Bande passante élevée



Desktop - joystick

Joystick à retour d'effort

- Side Winder Force Feedback Pro
Microsoft
- Souvent 2 ou 3 ddl



Plan

- Retour d'effort

- Periphériques généraux
 - Desktop (souris, doigt, stylo, joystick)
 - 3D et plus
- Periphériques spécifiques
 - Médical
 - Conduite
 - Marche

- Retour tactile

Péphériques 3D et plus

PHANTOM

- *Sensible Technologies*
- 6ddl en entrée
- 3 ou 6 ddl en sortie
- force maximum : 8.5N pour les 2 plus petits, 22N pour le + grand
- frottement : 0.03 à 0.08N (1% force retournée)
- résolution spatiale : 0.07 mm
- Bande passante : 1000Hz



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

- LRP
- Dispositif à cables
- 19 ddl dont 5 passifs
- Poids : 350g



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

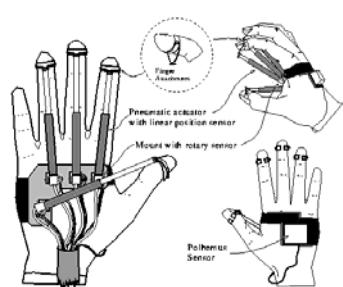
- Rutgers Masters II
- 4 doigts
- Intérieur de la main
- Actionneurs pneumatiques
- 4 ddl
- Poids 100g
- Force max. 16 N



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

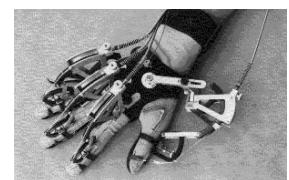
- Rutgers Masters II
- 4 doigts
- Intérieur de la main
- Actionneurs pneumatiques
- 4 ddl
- Poids 100g
- Force max. 16 N



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

- CyberGrasp
- Virtual Technologies
- 4 ddl
- Avec gant CyberGlove
- 350g
- Force max. 12N



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

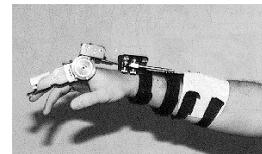
- CyberForce
- Virtual Technologies
- CyberGrasp à base fixe



Péphériques 3D et plus

Main exosquelette

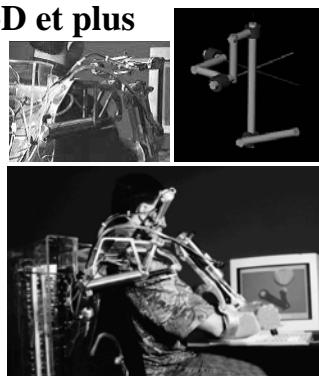
- SAFIRE
- EXOS
- 2, 5, 8 ou 11 ddl suivant nombre de doigts
- 8ddl → 3 pouce, 3 index, 2 majeur
- Actionneurs : moteurs à courant continu
- amplitude des flexions : 90 degrés
- 30 Hz



Péphériques 3D et plus

Bras exosquelette

- MasterArm
- Southern Methodist University (USA)
- Actionneurs pneumatique
- Bras en aluminium
- 4 articulations cylindriques
- 3 pour épaule → articulation sphérique
- 1 pour coude



Péphériques 3D et plus

Bras exosquelette

- Force ArmMaster
- NASA – EXOS
- Poids : 15kg
- 5 ddl : 3 épaule, 1 coude, 1 avant-bras
- Actionneurs : moteurs à courant continu (même technologie que SAFIRE)



Péphériques 3D et plus

Système à entraînement par cables

- Système SPIDAR - Space Interface Device for Artificial Reality
- Univ. Tokyo
- 4 cables par doigt (pour 3ddl)
- Système de cables et pulies
- Plusieurs versions



Péphériques 3D et plus

Poignée à retour d'effort

- CEA - LRP
- Plateforme actionnée par un système de cables



Plan

- Retour d'effort

- Periphériques généraux

- Desktop (souris, doigt, stylo, joystick)
 - 3D et plus

- Périphériques spécifiques

- Médical
 - Conduite
 - Marche

- Retour tactile



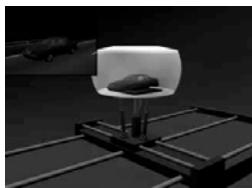
Applications médicales

Laparoscopic Impulse Engine

- Immersion Corporation
- Simulation de chirurgie endoscopique
- 5 ddl en entrée : 3 rotations (par rapport au point d'insertion) + 1 translation (insertion) + 1 ouverture / fermeture de la pince
- 3 ddl en sortie : 2 rotations + insertion
- Force maximum : 8.0 N
- Frottement 0.14 N
- Bande passante : 650Hz translation, 120Hz rotation
- Utilisation possible de 2 laparoscopes (un pour chaque main)



Simulateurs de conduite



Plan

- Retour d'effort

- Periphériques généraux

- Desktop (souris, doigt, stylo, joystick)
 - 3D et plus

- Périphériques spécifiques

- Médical
 - Conduite
 - Marche

- Retour tactile



Retour tactile

Principales approches :

- **électro-tactiles** : envoyer des impulsions électriques sur la peau (en faisant varier la largeur et la fréquence). Peut être dangereux.
- **stimulation neuromusculaire** : envoyer le signal directement aux muscles ou au cortex primaire de l'utilisateur. Très invasif, peut être dangereux
- **pneumatiques**
- **vibro-tactiles**
- **matriciels**
- **thermiques**



Dispositifs pneumatiques

- Jets d'air

- Poches d'air

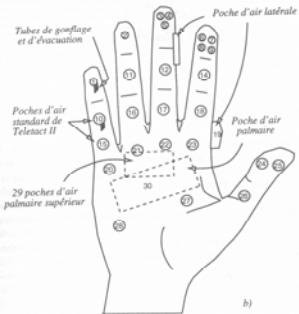
- Cf. aussi dispositifs matriciels



Dispositifs pneumatiques

Gant Teletact (ARRL)

Advanced Robotics Research Ltd. (UK), R. Stone 1993

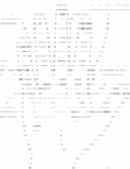
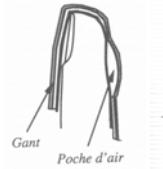


Dispositifs pneumatiques

Gant Teletact (ARRL)

Advanced Robotics Research Ltd. (UK), R. Stone 1993

- 30 poches d'air
- Contrôle du gonflement et du dégonflement des poches par 30 vannes électro-pneumatiques
- Chacune comporte deux vannes à solénoïde qui contrôlent le flux de l'air rentrant ou sortant
- Deux tubes micro-capillaires pour chaque poche : 1 pour l'aspiration, 1 pour l'expiration
- Air fournit par un petit compresseur placé dans l'interface de contrôle
- Il existe aussi des bagues ou poignées pneumatiques



Dispositifs vibro-tactiles

CyberTouch (VTI)

- Vibreur audio
- Commercialisé par Virtual Technologies Inc.
- 6 simulateurs vibro-tactiles
- Modulation en fréquence et en amplitude
- Fréquence de vibration :

0 – 125 Hz



Dispositifs vibro-tactiles

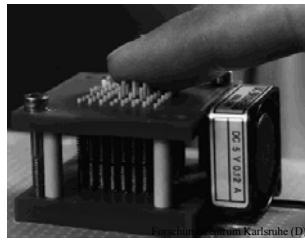
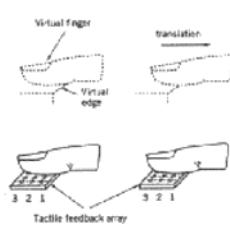
TouchMaster (1993)

- Commercialisé par EXOS
- Doigt
- 6 à 10 bobines audio excitées à une fréquence de 210Hz
- Modulation du signal de retour en fréquence et en amplitude



Dispositifs matriciels

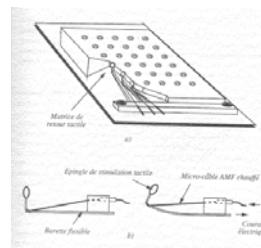
Principe



Dispositifs matriciels

Actionneur à mémoire de forme

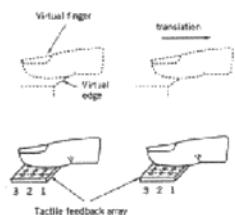
- Johnson 1992
- Système matriciel à actionneurs en métal à mémoire de forme
- 1er système matriciel presque portable.
- Une poutre mince courbée vers le haut est actionnée par un fil mince en alliage à mémoire de forme en nickel-titane
- Le fil chauffe par effet Joule lorsqu'il est traversé par un courant
- L'alliage se contracte et plie la poutre vers le haut
- Inversement, quand le courant est coupé, le fil se rétracte et la poutre reprend sa forme initiale
- Courant de 0.2A contraction de ~0.508 mm



Dispositifs matriciels

Actionneur à mémoire de forme (suite)

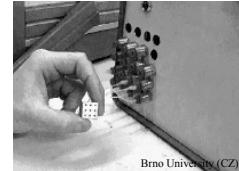
- Impression de vibration en activant les actionneurs périodiquement dans le temps
- Impression de forme en activant certains actionneurs



Dispositifs matriciels

Dispositif pneumatiques

- Brno University (CZ)
- Peut se glisser dans un gant (15 x 15 x 10 mm)
- Matrice de 4x4 tiges
- Distance entre éléments : 1.75 mm (sensation de surface continue si distance < 2mm)



Brno University (CZ)

Dispositifs thermiques

Displaced Temperature Sensing System (DTSS)



- Système commercialisé par CM Research (USA)
- Bagu sur le doigt, thermode
- Peut être adapté à d'autres applications
- Pour le doigt : 10-45 degrés

Plan

- Introduction
- Configurations / Périphériques de RV
 - ✓ Configurations de réalité virtuelle / Périphériques de visualisation
 - ✓ Capteurs
 - ✓ Périphériques haptiques
- Interaction
- Activité de recherche et développement i3D

Présentation du cours

- Demos
- Configurations/périphériques (visuel, son, geste,...)
- Interaction 3D
- Déplacement
- Haptique
- Réalité augmentée

EV à base de projections

New tendencies

- Mobile
- Multi-users