

Partie: Réalité Virtuelle

M1 IVA
Pr. Cherif Foudil

Réalité Virtuelle

1- Introduction

2- Périphériques spécifiques

3- Interaction 3D en Environnements
Virtuels

Les rêves de la réalité virtuelle

Fermez les yeux et imaginez-vous sur une plage avec le bruit de l'océan. Les passants se promènent et leurs ombres passent sur vous. Vous entendez les rires des enfants tout en vous faisant dorer au soleil. À la fin de la journée vous regardez le coucher du soleil. Vous y étiez, enfin presque, vous avez peut être même fait un château de sable.

- C'est ce que la réalité virtuelle reproduit :**

Se sentir là-bas, mais vous êtes ici!

Finalité de la réalité virtuelle

- *La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité **sensori-motrice** et **cognitive** dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel.*

une personne équipée d'un visiocasque avec différentes commandes pour interagir (gant de données, manette, volant, etc.) et reliées à un ordinateur



Exemples

Personnel de l'U.S. Navy utilisant un simulateur de parachute.



Personne équipée d'un visiocasque et d'un gant de données de réalité virtuelle.



La Réalité Virtuelle : définition

- Nouveau domaine, donc sa définition évolue rapidement et dépend du champ d'application
- L'impact de la réalité virtuelle sur le grand public par le mass-media a conduit à de nombreuses interprétations, parfois inconsistantes, du terme en question
- La réalité virtuelle est un concept flou, souvent adapté par les industriels pour jouer sur l'effet de mode ou d'innovation technologique.

La Réalité Virtuelle : définition(1)

- Réalité Virtuelle (RV)
 - ***Expérience immersive interactive*** où l'utilisateur ***perçoit à travers des techniques et outils informatiques un environnement de synthèse*** en croyant qu'il est ***réellement présent*** grâce à des ***périphériques*** et des ***interfaces*** qui lui permettent d'***interagir*** avec des ***objets*** et les ***phénomènes simulés comme si il étaient réels***
- Réalité Virtuelle Distribuée (RVD)
 - ***Plusieurs personnes se voient, partagent virtuellement le même monde synthétique et partagent la même expérience en interagissant ensemble***
- Réalité augmentée = réalité + images de synthèse

Réalité augmentée

- La notion de **réalité augmentée** désigne les systèmes (au sens informatique) qui rendent possible la superposition d'un modèle virtuel 3D ou 2D à la perception que nous avons naturellement de la réalité et ceci en temps réel. Ce système peut aussi bien s'appliquer à la perception visuelle (superposition d'image virtuelle aux images réelles).
- Le concept de réalité augmentée vise donc à compléter notre perception du monde réel, en y ajoutant des éléments fictifs, non perceptibles naturellement.
- Ses applications sont multiples et touchent de plus en plus de domaines : jeux vidéo et *education* , cinéma et télévision (studios virtuels, retransmissions sportives...), industries (conception, design, maintenance, assemblage, pilotage, robotique et télérobotique,...), médical, etc.

La Réalité Virtuelle : définition(2)

*La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'**informatique (1)** et des **interfaces comportementales (2)** en vue de simuler dans un **monde virtuel (3)** le comportement d'entités 3D, qui sont en **interaction en temps réel (4)** entre elles et avec un ou des utilisateurs en **immersion pseudo-naturelle (5)** par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs*

L'informatique (1)

- il faut évidemment exploiter les potentialités de **l'informatique**, matérielles et logicielles, pour réaliser techniquement un environnement virtuel interactif qui puisse être interfacé avec l'utilisateur. La simulation est dynamique : les entités (objets, personnages virtuels, etc.) sont animées en temps réel suivant des lois physiques (mécaniques, optiques, acoustiques, etc.) et des lois comportementales (psychologiques, sociales, affectives, etc.) ;

Interfaces comportementales(2)

- nous exploitons des interfaces matérielles de la réalité virtuelle, que nous appelons «**interfaces comportementales**». Elles sont composées «d'interfaces sensorielles», «d'interfaces motrices» et «d'interfaces sensori-motrices». Les interfaces **sensorielles** informent l'utilisateur par ses sens de l'évolution du monde virtuel. Les interfaces **motrices** informent l'ordinateur des actions motrices de l'homme sur le monde virtuel. Les interfaces **sensori-motrices** informent dans les deux sens. Le nombre et le choix de ces interfaces dépendent de l'objectif poursuivi de l'application;

un monde virtuel(3)

- il faut créer **un monde virtuel** interactif et en temps réel. La création d'un monde virtuel est une problématique majeure de la réalité virtuelle : la modélisation, la numérisation et le traitement informatique du monde virtuel. Nous pouvons noter le cas particulier d'associer un monde réel avec un monde virtuel (techniques de la réalité augmentée) ;

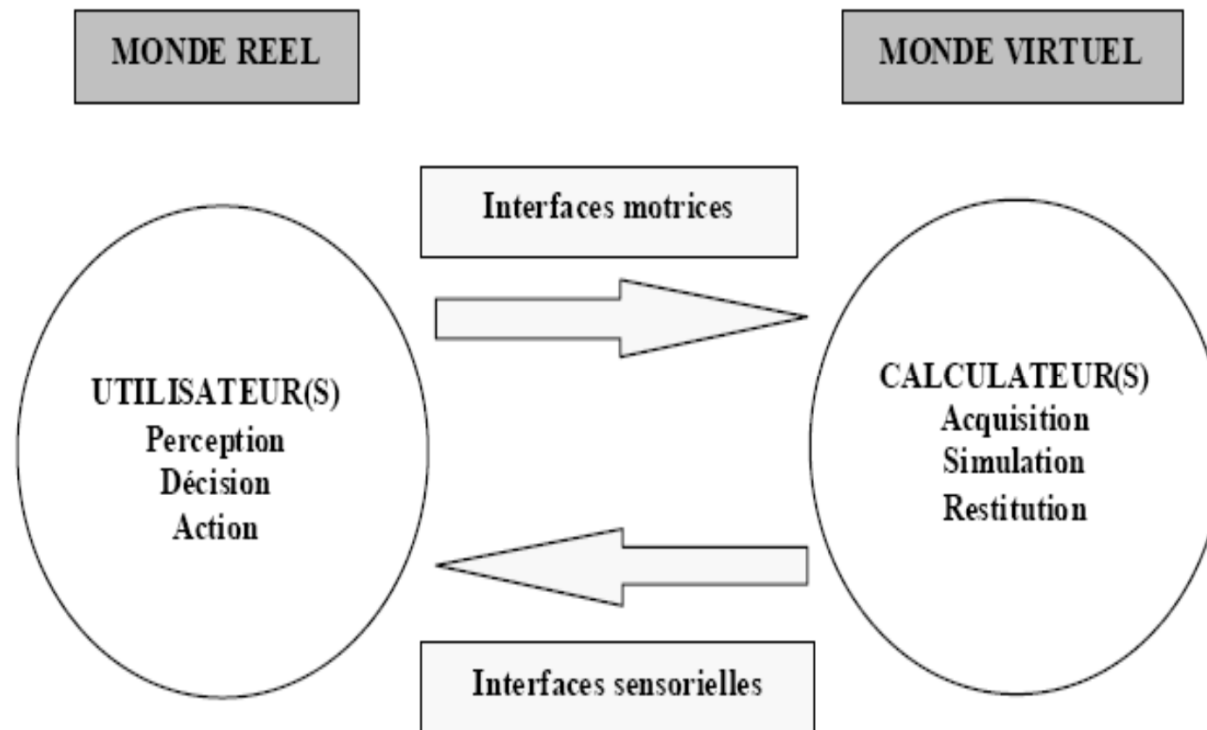
L'interaction en temps réel(4)

- **l'interaction en temps réel** est obtenue si l'utilisateur ne perçoit pas de décalage temporel (latence) entre son action sur l'environnement virtuel et la réponse sensorielle de ce dernier. Cette contrainte est difficile à satisfaire.

la latence et les incohérences sensori-motrices.

→ gestes, déplacements, voix, etc

← images, son, efforts, etc.)



immersion pseudo-naturelle(5)

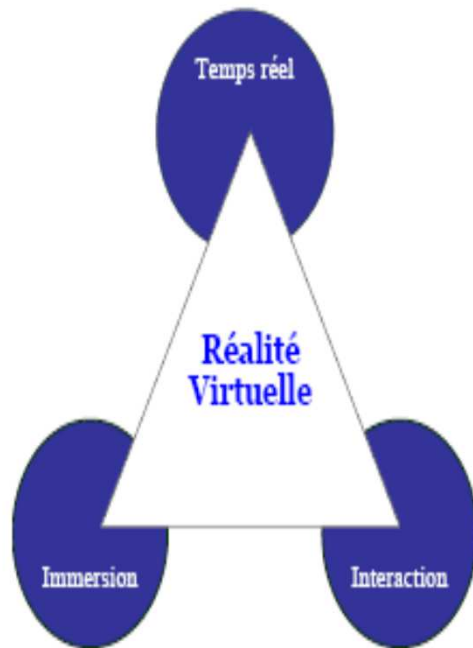
- l'utilisateur doit être en «**immersion pseudo-naturelle**» la plus efficace possible dans le monde virtuel. L'immersion ne peut être naturelle car nous avons appris à agir *naturellement* dans un monde *réel* et non virtuel (des biais sensori-moteurs sont créés, d'où le terme *pseudo*). Cette sensation est une notion en partie subjective qui dépend de l'application et du dispositif utilisé (interfaces, logiciels, etc.).

Remarque

- Les deux conditions, **interaction** et **immersion**, sont rarement réalisables «parfaitement » par rapport à l'application envisagée. Par contre, elles doivent être en partie réalisées, même modestement, pour parler d'un système basé sur les techniques de réalité virtuelle.

Les trois I de la réalité virtuelle

Triangle de la réalité virtuelle



- Immersion :
 - ☐ *Cela pour traduire la sensation d'être dans l'espace virtuel à trois dimensions.*
- Interaction :
 - ☐ *Pour qualifier la possibilité de se déplacer dans cette espace et d'en manipuler les objets*
- Temps réel :(Imagination)
 - ☐ *Grâce auquel le « visiteur » de cet espace perçoit immédiatement, comme dans le réel, les modifications résultant de ses actions.*

Domaines d'applications de la réalité virtuelle

- **Médecine**
- **Video conférence**
- **Architecture et design**
- **Visualisation de données scientifiques**
- **Aérospatiale et aéronautique**
- **Domaine militaire**
- **Éducation et apprentissage**
- **Jeux et Loisirs**
- **Visites et présentations de musées et de sites virtuels**
- **Reconstitution d'objets et de sites détruits ou endommagés**
- Formation par [simulateur](#) (conduite de véhicules, aérospatiale, médecine)
- Applications médicales : traitement des phobies, via la [psychothérapie cognitivo-comportementale](#), simulation de chirurgie, traitement des convalescents (coaching), mise au point de prothèses orthopédiques
- Applications nucléaires : démantèlement d'installations en milieux contaminés ([Commissariat à l'énergie atomique](#)).

Domaines d'application de la réalité virtuelle

- **Médecine**
- ☐ ☐ **La formation des praticiens.** *Des simulateurs anatomiques et chirurgicaux sont mis au point pour l'apprentissage et l'entraînement des futurs praticiens.*
- ☐ ☐ **La télé chirurgie, ou chirurgie à distance..** *À partir de son hôpital, le chirurgien opère sur une copie virtuelle du vrai patient. Il est relié à celui -ci à travers un réseau de télécommunication à haut débit, qui lui fournit les informations nécessaires. Ses gestes sont transmis par l'intermédiaire de ce même réseau à un «robot-chirurgien » qui, lui, se trouve à côté du patient et procède à l'opération. Une caméra filme le champ opératoire et renvoie cette image dans le visiocasque du chirurgien, qui peut ainsi contrôler le bon déroulement de l'opération.*

Domaines d'application de la réalité virtuelle

- **Simulation militaire**: L'armée américaine utilise largement la réalité virtuelle, que ce soit pour la formation de pilotes d'avions de chasse, la simulation de combat naval ou sous-marin, l'entraînement au tir de précision ou l'étude des catastrophes naturelles et des changements climatiques. L'explosion de bombes atomiques peut être simulée en laboratoire et reproduite virtuellement par exemple .



Interfaçage

- Les principales interfaces visuelles sont :
- Workbench: Dispositif de type "table à dessin" constitué de 1 ou 2 écrans permettant un travail de conception simple et à échelle 1 pour des prototypes virtuels de taille inférieure à 1m3, ceci avec une immersion performante
- Salle immersive sphérique ou cubique (CAVE, SASCube , constituées d'écrans de rétroprojection ou de projection directe stéréoscopiques et synchronisés. L'utilisateur est *immergé* dans une pièce où les murs, le sol et/ou le plafond sont des images projetées qui constituent un environnement géométriquement cohérent. Par un système de capture de position du visiteur, la perspective est recalculée en temps réel pour respecter son point de vue.
- Ecran stéréoscopique, avec ou sans la tête traquée de l'observateur : l'utilisateur voit la scène virtuelle en vision stéréoscopique, les deux points des deux images stéréoscopiques doivent correspondre aux points de vue des yeux de l'observateur. Si la tête de l'observateur est traquée, les images sont recalculées en temps réel pour correspondre à son point de vue. L'utilisateur est équipé de lunettes qui cachent alternativement la vision d'un œil puis de l'autre, l'ordinateur s'occupe d'afficher l'image correspondante de manière synchrone.

Interfaçage

- Les interfaces sensorielles : visuelles, sonores, tactiles, et à simulation de mouvement permettent à l'utilisateur de percevoir le monde virtuel et d'y être immergé. Pour interagir avec l'environnement virtuel l'utilisateur peut employer des interfaces motrices telles que les capteurs de localisation, les interfaces spécifiques de localisation corporelle et les interfaces manuelles motrices. Les interfaces à retour d'effort sont des interfaces sensori-motrices, qui permettent d'interagir avec l'environnement virtuel et qui permettent de le percevoir simultanément,

Périphériques de Réalité Virtuelle

- Visuel
 - Lunettes polarisées
 - Casques d'immersion
 - BOOM, CAVE, wall ...
- Son 3D
 - Cartes spécialisées
- Capture du mouvement : vision, capteurs, gants, combinaisons, ...
 - Suivi de la tête, des mains (doigts), des mouvements du corps
 - Degrés de liberté : casque, main : 6, gants :
 - Systèmes électromagnétiques, acoustiques, mécaniques, optiques, ...
 - Retour d'efforts, de sensations tactiles

Casque de visualisation stéréo

HMD – Head Mounted Display

Avantages

- immersion totale
- Inconvénients
 - couleurs
 - définition
 - champ de vision
 - interface réduite



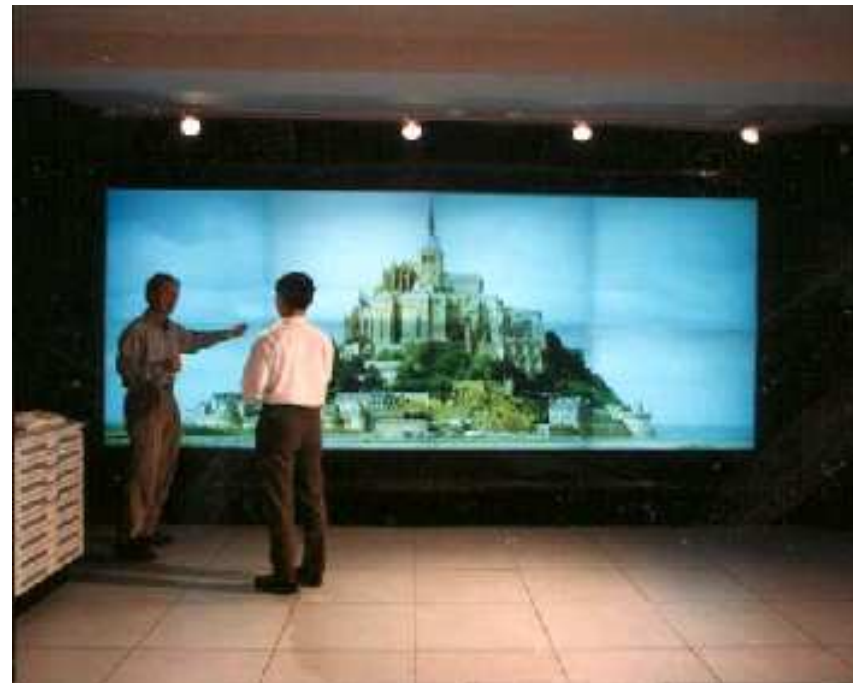
Lunettes de Réalité Augmentée

- Nomad™ Personal Display System ND 1000



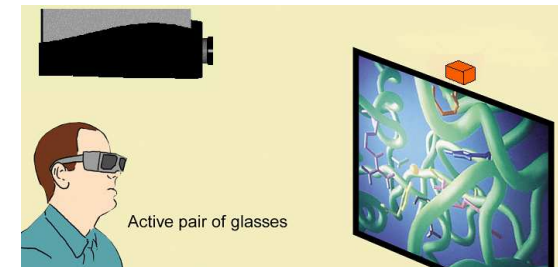
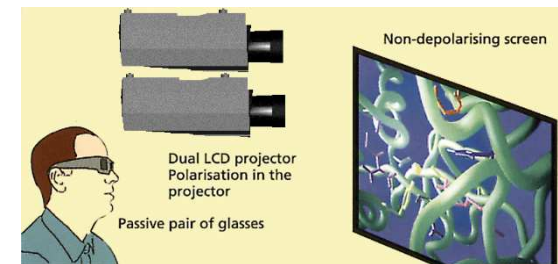
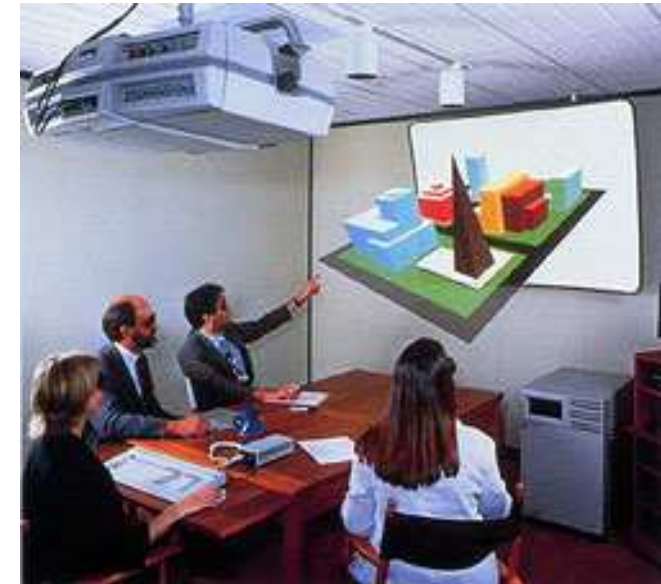
Murs d'images par morceaux (Scalable Display Wall)

- Technologies
 - Ecrans CRT
 - Vidéo projecteurs
 - Dalles TFT
- Spécificités
 - Résolution : 1, n x m
 - Ecart entre dalle



Lunettes pour la vision stéréo

- Immersion partielle
 - écran ou vidéoprojecteurs
 - workbench
 - murs, reality center, cave
- Avantages
 - définition de l'écran
 - couleurs
- Inconvénients
 - faibles déplacements



Lunettes stéréoscopiques

Actives/polarisantes

10/03/2020 09:51

Réalité virtuelle

Workbench



TAN Holobench



Panoram Technologies

10/03/2020 09:51



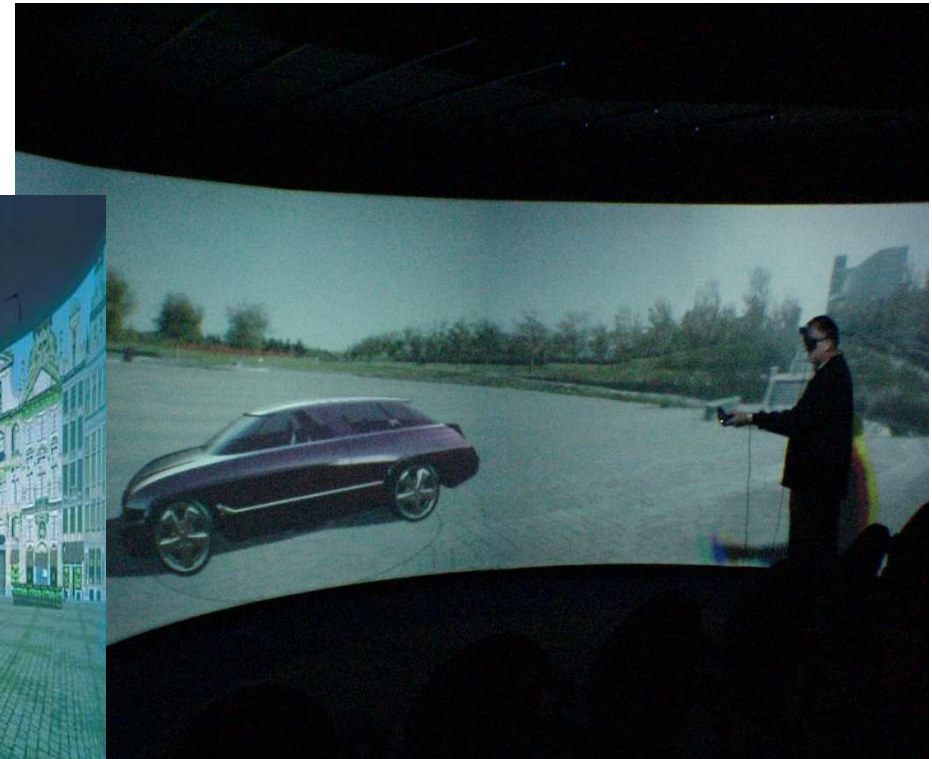
BARCO Baron

Réalité virtuelle



BARCO Consul

Reality Center



Barco - SGI



Hémisphère de projection VisionStation

elumens

- Model VS
- Individual 3D display for the mainstream market
- Connects to workstation's monitor port
- Designed for typical office environment
- 1024 x 768 resolution
- TruTheta imaging technology
- TruView software
- Options
 - Audio system
 - 3D navigation device
 - Ergonomic chair
 - Rugged travel case



VisionStation

- Model VS-3
- 3D display for 1-5 people-3 meter screen
- Content-Compatible with VisionStation Model VS
- Designed for typical office environment-8' height
- 1024 x 768 resolution, 1000 Lumens
- TruTheta imaging technology
- TruView software
- Standard 2-channel audio system
- Options
 - LightShell for minimizing bright ambient light
 - Stereoscopic viewing
 - Air Conditioner
 - Projector upgrades-1289x1024 & 1500 lumens

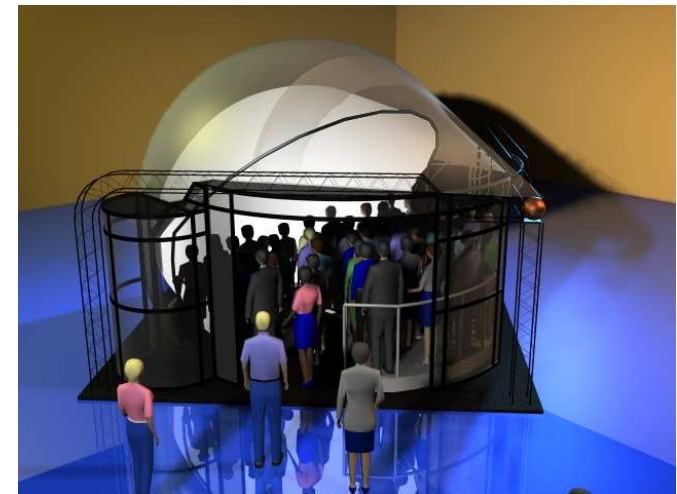
elumens



VisionDome Series

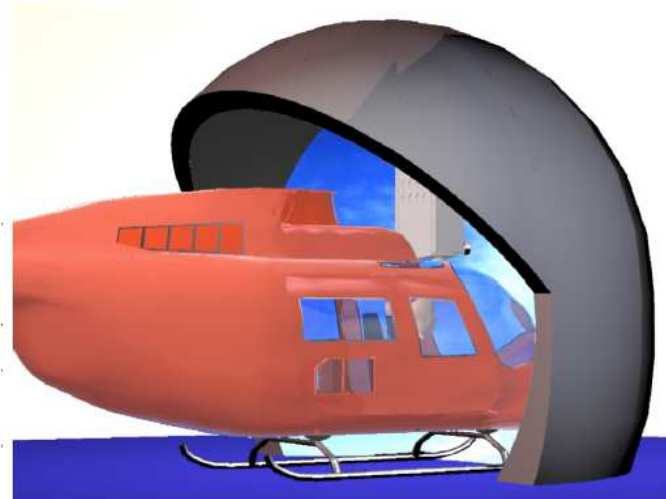
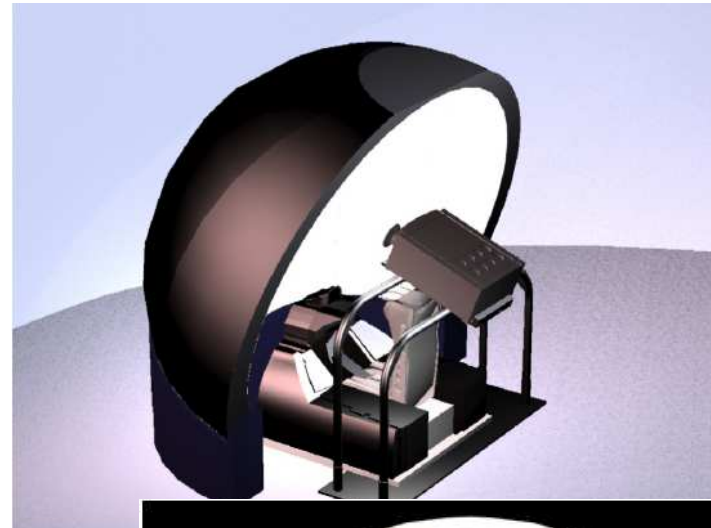
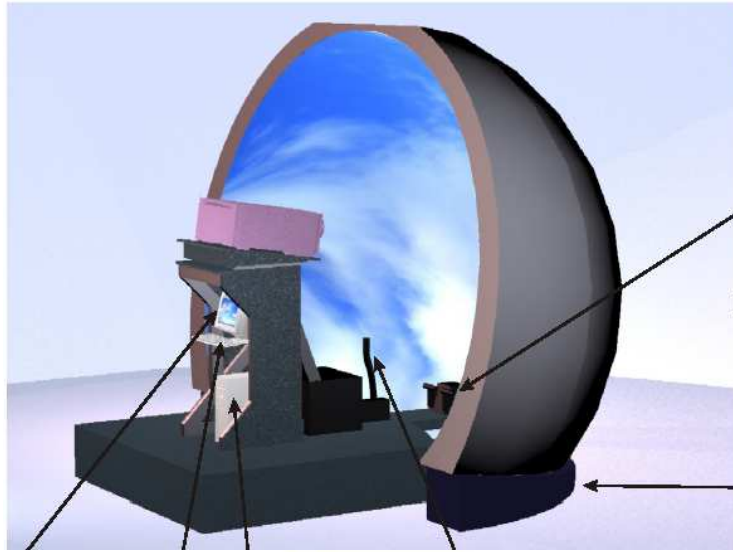
elumens

- Model V4
 - 4-meter hemispherical screen
 - 1 - 10 people
 - Designed for offices and customer events
 - 10' height
 - 1280 x 1024 resolution
- Model V5
 - 5-meter hemispherical screen
 - 1 – 45 people
 - Designed for Simulation, Trade Shows, Customer Events, Large Viewing Centers
 - 1280 x 1024 resolution



VisionDome Series

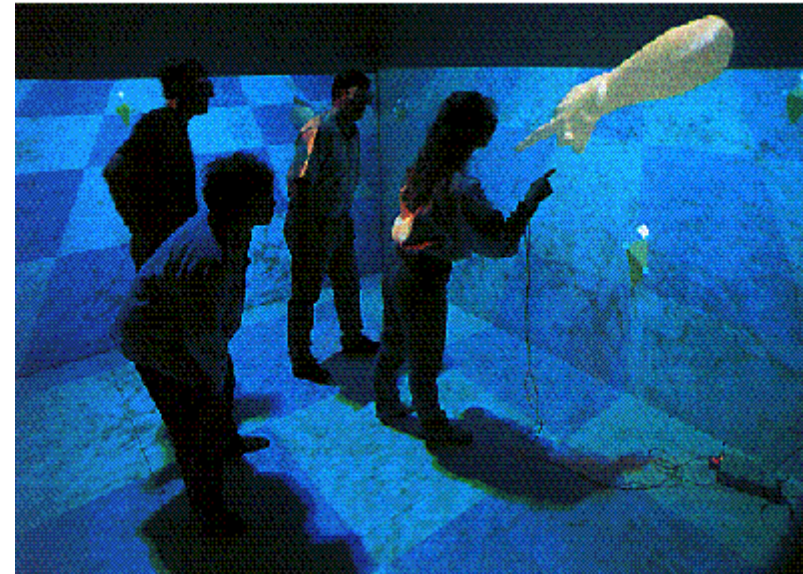
elumens



10/03/2020 09:51

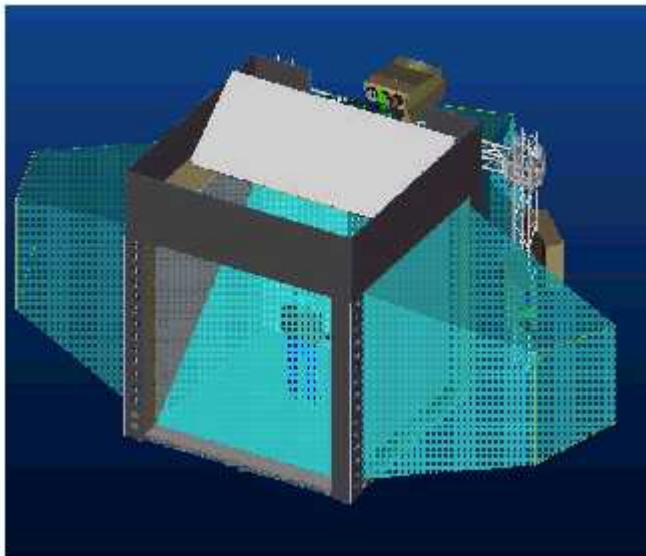
Réalité virtuelle

CAVE



CAVE

- SAS 3 : salle immersive cubique de 3 mètres d'arête dont les panneaux sont des écrans
- CLARTE, BARCO, IRISA, Z-A production



Dispositifs d'affichage mobile

- PDA - Pocket PC
 - Ecran couleur mais
 - Faible résolution
 - Faible puissance
 - CPU
 - GPU



- Tablettes



(a)



(b)



(c)

Manipulation et navigation 3D

- SpaceMouse :
 - SaceMouse Classic®
 - SpaceMouse Plus®
 - Spacemouse Plus XT®
- SpaceBall®
 - SpaceBall® 4000
- CadMan®
- ScreenMan®
- Wanda®
- Spécifications :
 - 6 DOF
 - Interface série /USB
 - Drivers



Space Mouse (Magellan)



La main

- Gant
 - fibre optique, substra
 - 18 ou 22 DDL
 - +capteurs 6 DDL
- Manipulation
- Navigation (commandes gestuelles)
- Animation
- Retour haptique : forces et/ou sensations



Réalité virtuelle



Gants de données

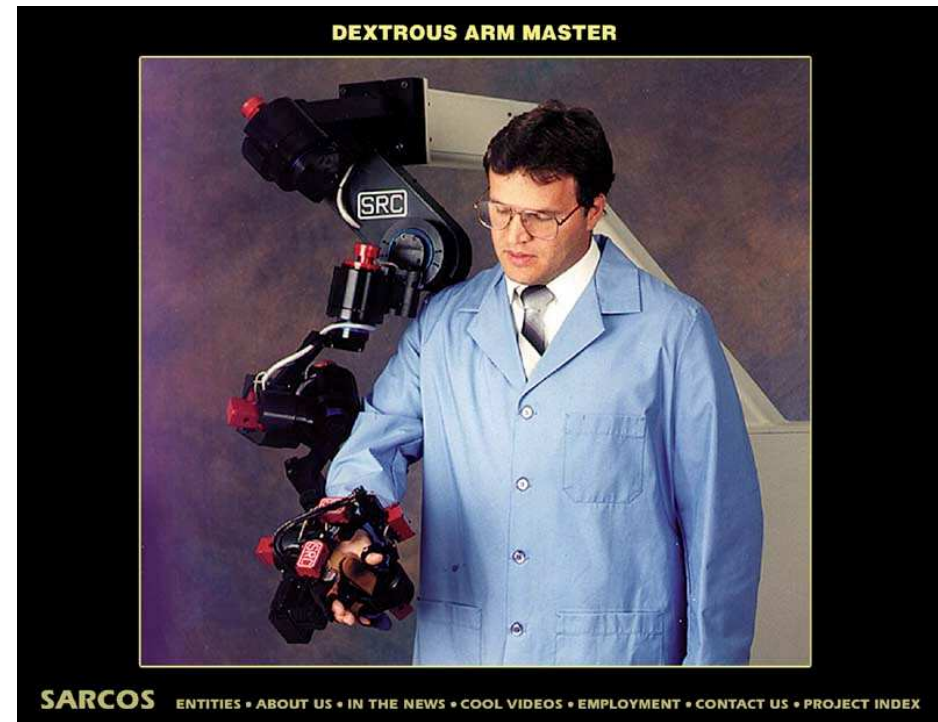
- 5DT Glove™
 - Wireless option
 - Right/left-handed
 - VR program drivers
 - 5/14 sensors
- CyberGlove™ Immersion Corp.
 - Interface: RS-232
- CyberGlove 18/22 sensors
- 10' or 25' cable
- VirtualHand™ : Irix/Windows



Capteurs / effecteurs haptiques

- Mesurer et afficher les forces de / vers l'utilisateur
 - Joysticks à retour de force (d'effort)
 - Bras à retour de force (d'effort)
 - Exosquelette à retour de force (d'effort) avec main, bras, ou autre

La Main : Retour d'efforts



La Main : Retour d'efforts



Retour d'effort : dispositifs portés

CyberTouch et CyberGrasp (Virtual Technologies / Immersion)

- CyberTouch
 - 6 Vibro Stimulators
 - Frequency: 0-125 Hz
 - Vibrational Amplitude: 1.2 N peak-to-peak @ 125 Hz
 - Interface: RS-232
- CyberGrasp
 - Force: 12 N per finger
 - Force resolution: 12-bit
 - Workspace: 1 meter radius hemisphere
 - Host Interface: RS-232 Ethernet



Capteurs de position / orientation (mouvement)

- Magnétique : le champ magnétique d'un émetteur induit du courant dans un récepteur en fonction de la distance et l'orientation.
- Optique ou lumineux d'une source ou d'un objet vu d'une caméra ; plusieurs sources et détecteurs sont utilisés.
- Mécanique : la mesure de la position / orientation via une connexion physique à l'objet par des liaisons. Les angles des jointures servent à déduire le mouvement de l'objet.

Capteurs (électromagnétiques) : caractéristiques

- Rafrâichissement : nombre de mesures par seconde
- Latence : temps entre le mouvement et sa perception par le système
- Précision : erreur de mesure minimale
- Résolution : plus petit déplacement détecté
- Interférence / distorsion : lié à l'environnement
- Absolu vs. relatif : position / déplacement
- Portée (émission, longueur des fils)
- Taille / poids : le tracker est-il facile à porter ?
- Avec ou sans fils
- Robustesse : le tracker est-il sujet à des erreurs grossières dans un environnement dégradé ?
- Nombre de DDL mesurés
- Risque pour l'utilisateur ?

Capteurs électromagnétiques (Polhemus)

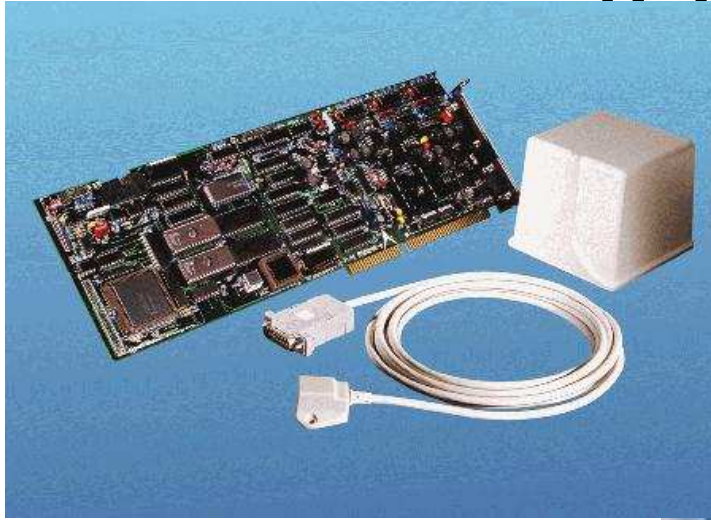


Startrack



Fastrack

Capteurs électromagnétiques (Ascension)



Flock of Bird



Réalité virtuelle

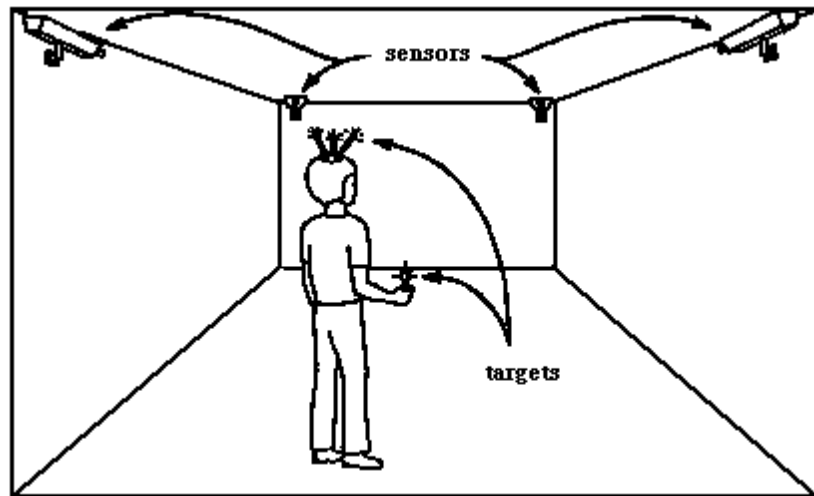


MotionStar

Capteurs optiques

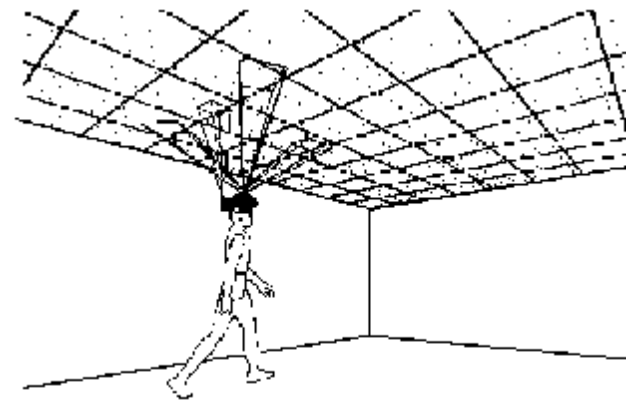
- Des caméras fixes filment la cible et le système déduit le mouvement de l'objet (vision par ordinateur)
 - Outside-In
 - Des caméras fixes prennent des images de motifs balises de géométrie connue sur la cible, la position et l'orientation de l'objet sont obtenues à partir de ces images
 - Inside-Out
 - Des caméras sont montées sur l'objet à suivre, d'où elle filment des balises dans la scène. La position et l'orientation de l'objet sont obtenues à partir de ces images
- Environnement naturel
 - Il n'y a pas de balises, des caméras sont montées sur l'objet à suivre et le système déduit les 6DDL des différences successives sur les images (pas de réalisation connues).

Capteurs optiques



Reproduced from [Bishop 84]

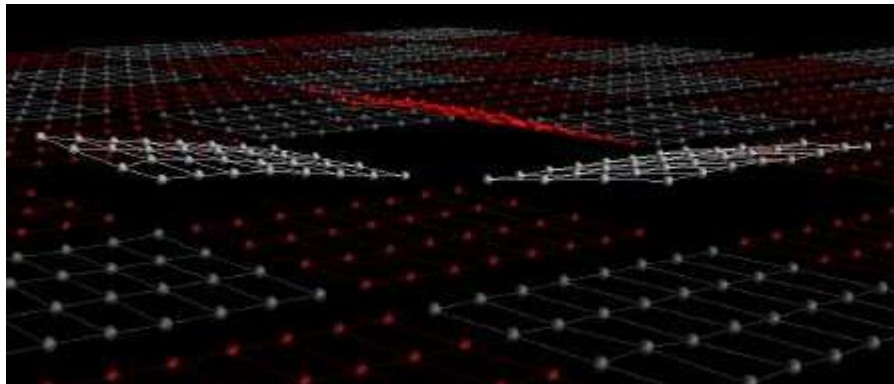
Outside-In



Drawing: Mark Ward

Inside-out

Capteurs optiques



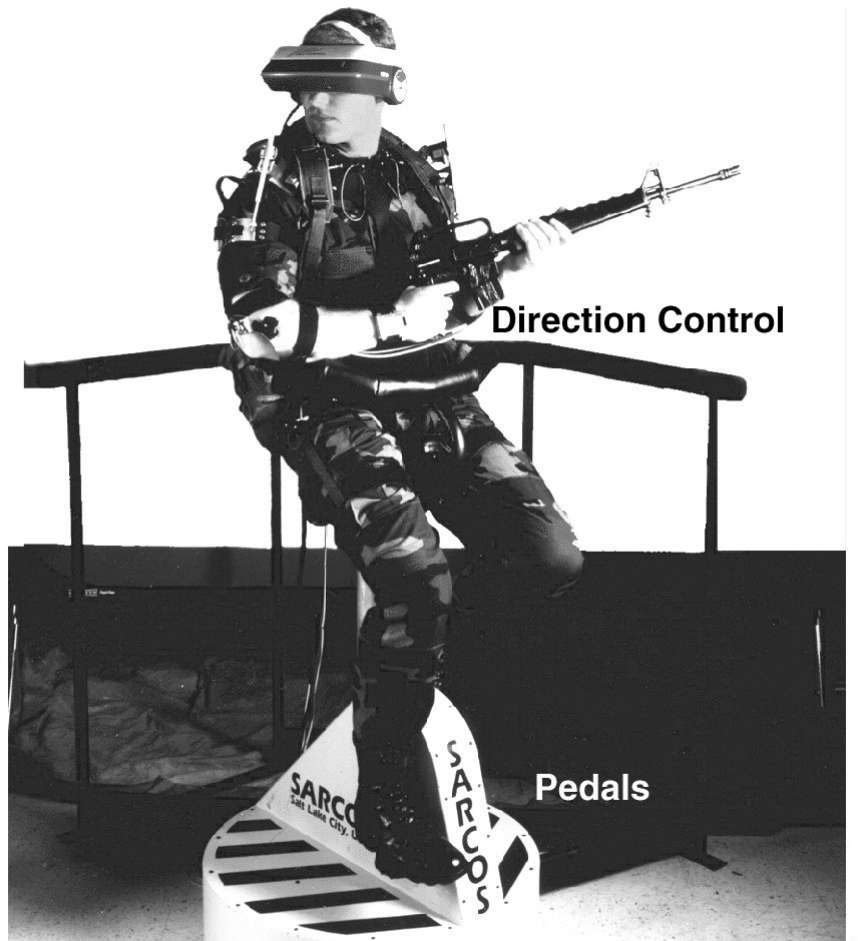
Capteurs optiques

- Avantages :
 - Peuvent être très rapides
 - Précis dans un volume restreint
 - Insensibles aux perturbations magnétiques, acoustiques
- Désavantages :
 - Champ angulaire souvent réduit
 - Interférence due aux autres sources, reflets
 - Difficulté de suivre plusieurs objets dans le même volume

Capteurs optiques



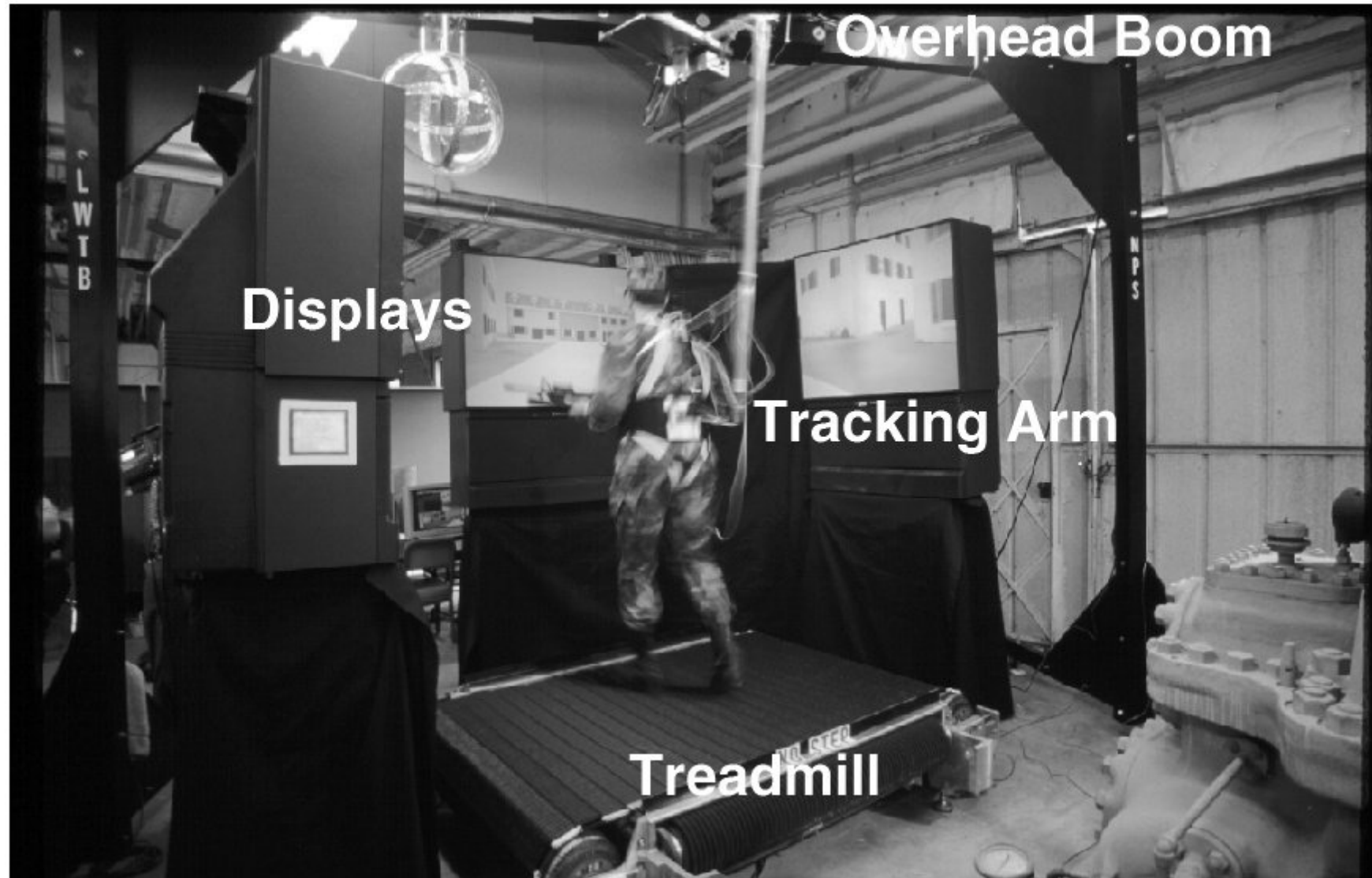
Capteurs mécaniques et électromagnétiques



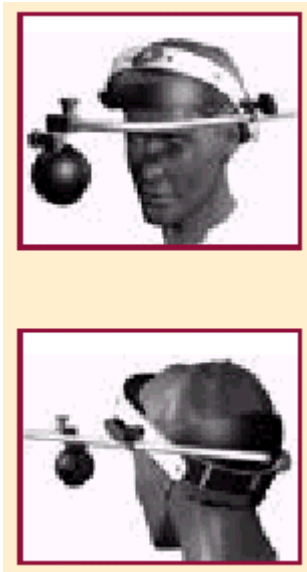
10/03/2020 09:51

Réalité virtuelle

Capteurs mécaniques



Capture du mouvement du visage



Systèmes de suivi du regard



Eyegaze (LC Technologies)
iView (SensoMotoric Instruments)
Eye Tracker Model 501 (Applied Science Laboratories)

Autres capteurs ...

- Signaux bioélectriques des nerfs de l'avant-bras: se substituer au gant...



Travail coopératif

concepts, méthodes et outils

Action de travailler ensemble pour atteindre un but commun tout en partageant des outils et des connaissances.

Concepts de l'ingénierie concourante et du travail coopératif

- CSCW : Computer Supported Cooperative Work
(Travail coopératif assisté par ordinateur)
- Toutes les activités humaines faisant intervenir plusieurs personnes simultanément ou pas :
 - Conception de produits industriels,
 - Enseignement,
 - Relations commerciales...

Concepts de l'ingénierie concourante et du travail coopératif

- Collecticiels (groupware) :
 - Systèmes permettant la collaboration
 - de plusieurs utilisateurs
 - dans des espaces partagés,
 - à partir de leurs postes de travail respectifs
 - ou depuis des installations spécialisées (salles de vidéoconférence, mobiles...)

Concepts de l'ingénierie concourante et du travail coopératif

- Sessions de travail coopératives :
 - Réunions organisées entre équipes de travail
- Une session coopérative peut être caractérisée par deux axes fondamentaux :
 - Mode de collaboration : **synchrone ou asynchrone.**
 - Distribution géographique :

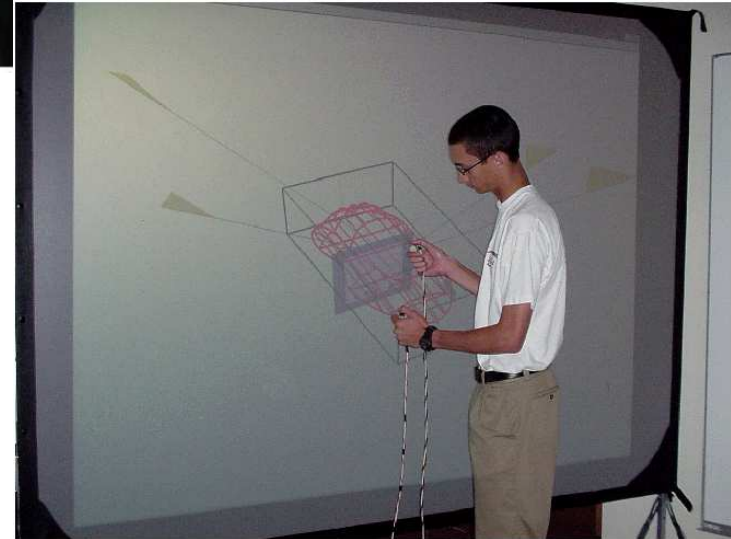
Prototypage virtuel interactif et collaboratif distant

- réduire les coûts et les temps de conception
 - améliorer le travail collaboratif en phase de conception
 - prendre les bonnes décisions (corriger les erreurs) le plus tôt possible

Salle de décision collaborative

- La grande surface d'affichage peut être utilisée pour travailler simultanément avec de grandes quantités de matériel
- L'interaction peut se faire directement sur l'écran par des périphériques de type stylo ou toucher plutôt que d'utiliser le clavier
- Les gens travaillent souvent en groupe sur le mur

Salle de décision collaborative Interaction

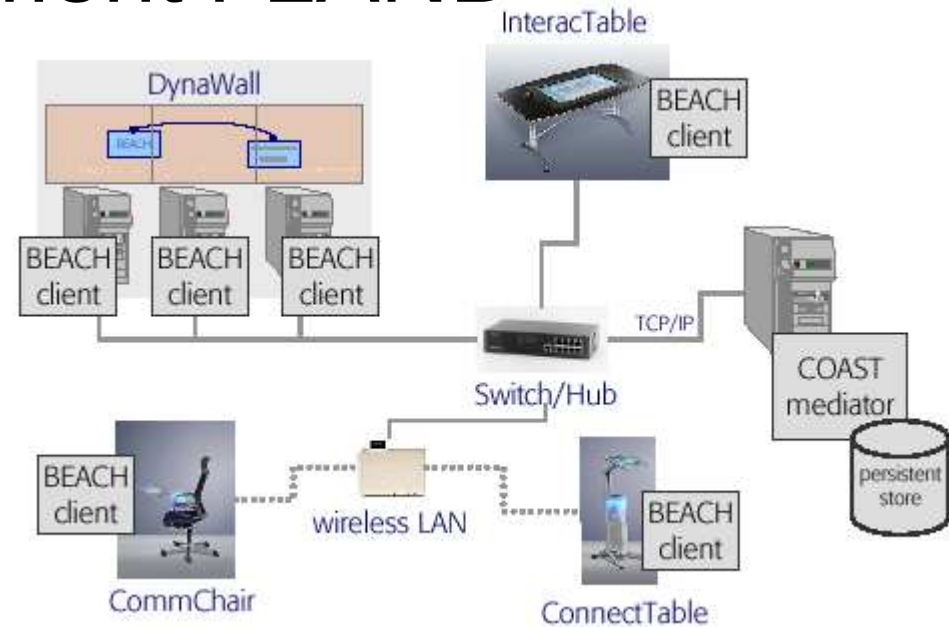


Espace de travail collaboratif environnement i-LAND



Roomware
infrastructure BEACH

un tableau électronique interactif, le *DynaWall*,
une table électronique interactive, l'*InteracTable*,
les chaises et bureaux électroniques *CommChairs* et *ConnectTables*



Perspectives : le bureau du futur

- La télé-présence
selon H. Fuchs :



Quelques systèmes de réalité virtuelle

- ***Minimal Reality : but primaire intégration de plusieurs périphériques dans un environnement distribué.***
- ***World Toolkit : bibliothèque commerciale d'outils pour la création d'applications d'environnements virtuels.***
- ***Reality Built for Two : système commercial pour le prototypage rapide d'applications d'environnements virtuels à l'aide d'une interface de programmation visuelle.***
- ***dVS : système commercial développé par DIVISION LTD.***
- ***À l'EPFL : VB2 puis VLNET, W-VLNET et VHD++***

Réalité distribuée

- En couplant les possibilités des réseaux et les techniques de réalité virtuelle. Il est possible :
 - *D'immerger un opérateur d'un monde virtuel éloigné.*
 - *De faire cohabiter plusieurs opérateurs disposés aux quatre coins du monde dans un même monde virtuel.*
- *Il est même envisageable de faire interagir plusieurs opérateurs à distance sur le même objet virtuel.*



Réalité distribuée :Cybertennis

Conclusion et perspectives

- **Malgré ces trente années d'existence la réalité virtuelle n'est qu'à ses débuts.**
- **Des nouveaux dispositifs de plus en plus performants et légers.**
- **La reconnaissance et la synthèse des sons, plus particulièrement de la parole renforce la symbiose entre l'humain et la machine.**

Conclusion et perspectives

- **De plus en plus, les ordinateurs sont capables de reconnaître les gestes de personnes en face de lui.**
- **L'arrivée sur le marché d'exosquelettes pour la simulation complexe du retour de force.**
- **Amélioration de la simulation du toucher grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux lors de la fabrication des gants tactiles.**
- **Utilisation de nez artificiels et de générateurs d'odeurs pour simuler dans les mondes virtuels l'odorat.**
- **L'arrivée sur le marché de systèmes de réalité virtuelle bon marché pour le monde des jeux vidéo.**