

Interaction Homme-Machine

Jean-Yves Antoine

<http://www.info.univ-tours.fr/~antoine/>

Interaction Homme-Machine

Chapitre 8 – Dispositifs d'entrée / sortie et interfaces post-WIMP

Où nous allons voir qu'il n'y a pas que la souris dans la vie...

INTRODUCTION - Objectifs

8.1. Notions

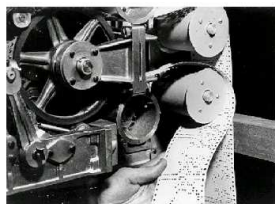
- 8.1.1. Connaître les différents dispositifs d'E/S à la disposition du concepteur
- 8.1.2. Connaître les possibilités de saisie de texte sur interface limitée

8.2. Pratiques

- 8.2.1. Connaître les points forts et défauts de chaque type de dispositif d'E/S
- 8.2.2. Appliquer les recommandations ergonomiques en matière d'interaction gestuelle

DISPOSITIFS D'ENTRÉE: RAPPEL HISTORIQUE

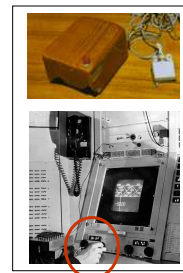
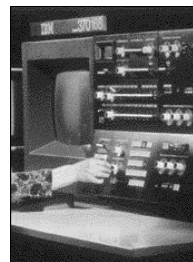
1950



1960



1970



DISPOSITIFS D'ENTRÉE: RAPPEL HISTORIQUE

1980



1990



2000



2010 : mobilité
/ubiquité



DISPOSITIFS D'ENTREE

Choisir le bon dispositif pour un système donné

- Multiples dispositifs d'entrée envisageables a priori
- Compromis entre contraintes contradictoires et ne concernant pas que l'ergonomie: pas de dispositif idéal
- Utilisation conjointe de plusieurs dispositifs: complémentarité

Exemple souris + clavier

- Importance du feedback associé au dispositif: à ne pas négliger dans le choix du dispositif

Exemples déplacement du curseur à l'écran
touches clavier versus écran tactile
joystick à retour d'effort

DISPOSITIFS D'ENTRÉE: TYPOLOGIE

Type d'entrée

- Discrète clavier...
- Continue trackball, joystick, stylo optique...

Localisation

- Directe stylo optique, écran tactile
 - Indirecte souris, trackball, joystick, tablette graphique...
-
- Absolue stylo optique, écran tactile, tablette graphique
 - Relative souris, joystick, trackball ...

DISPOSITIFS D'ENTRÉE: CLAVIERS

Touches: type d'appui

- Electromécanique bon feedback
 peu résistant (problème salissures)
- Membranaire résistant, peu encombrant
 feedback médiocre



Touches: disposition

- facteur ergonomique essentiel : rapidité de saisie, fatigue des articulations et des muscles...
- Pourtant, une solution sous optimale : claviers AZERTY / QWERTY

Remarque: moins de 15 jours pour s'adapter à un nouveau clavier

DISPOSITIFS D'ENTRÉE: CLAVIERS (DISPOSITION)

QWERTY / AZERTY

- **1874 machine à écrire:** coincement marteaux
- **non ergonomique** : couples de touches écartées
touches les plus fréquentes à gauche

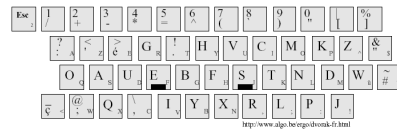


DVORAK

- **1932** voyelles et consonnes fréquentes sur 2^{ème} ligne
répartition équilibrée sur les deux mains
- **Résultats** déplacements réduits de 90%



DVORAK anglais



DVORAK français

DISPOSITIFS D'ENTRÉE: CLAVIERS (DISPOSITION)

Natural Keyboards

- disposition Dvorak
- courbure clavier, claviers sculptés limitant les tensions articulaires



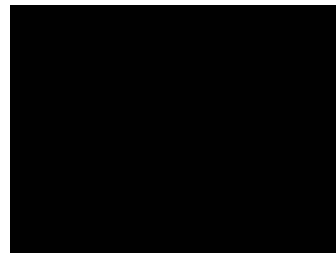
Microsoft



Kinesis



Maltron



Chord keyboard

- combinaison de touches pour saisir un caractère: réduction nombre de touches
- Industrie: saisie main libre unique
- Utilisée pour les transcriptions des débats dans certains parlements ou tribunaux



DISPOSITIFS D'ENTRÉE : POINTAGE SOURIS

Souris vs. trackball, touchpad

- Indication d'une localisation
- Indication d'un déplacement



Microsoft trackball +
souris optique (2007)

La souris passe au tactile



Apple MicroMouse multi-touch (2011)

- Limitations proches de celles du touchpad tactile + multi-touch

DISPOSITIFS D'ENTRE : TACTILE

Une technologie ancienne...

1972 IBM Plato IV

écran plasma
reconnaissance du toucher par infrarouge.

1984 Bell Labs

écran CRT
surface tactile capacitive adaptée au multitouch



... Une nouvelle modalité d'entrée : geste

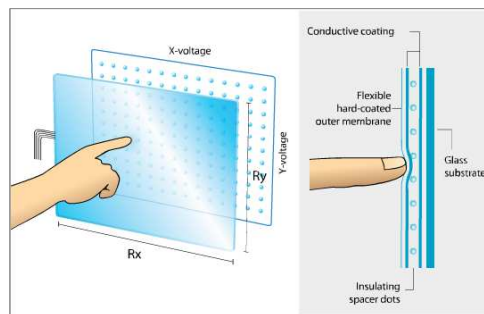
DISPOSITIFS D'ENTRE : TACTILE

Technologies actuelles

Ecrans Résistifs

- Ecran CRT ou LCD recouvert d'une surface tactile constituée de 2 couches conductrices séparées : détection par appui
- Très bon marché
- Pression : utilisable au doigt ou au stylet
- Facilement adaptable au multi-touch
- Précision assez correcte
- Luminosité assez faible
- Pas de survol

⇒ PDA, ordiphones, consoles de jeu...



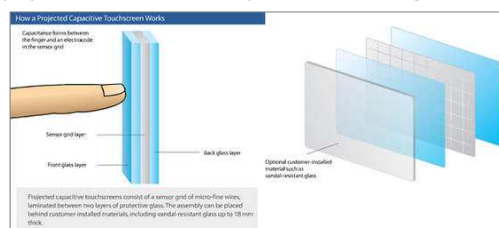
DISPOSITIFS D'ENTRE : TACTILE

Technologies actuelles

Ecrans Capacitifs

- Couche conductrice reliée à une grille d'électrodes : surface uniformément chargée
- Approche du doigt (toucher sans appui) : modification de la répartition des charges
- Utilisable uniquement au doigt
- Très bonne précision et luminosité
- Moins bon marché
- Pas de survol

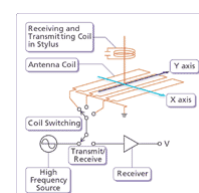
⇒ ordiphones, tablettes PC, touchpad



Ecrans EMR

- Même principe de les écrans capacitifs
- Ajout de bobinages sous l'écran et dans un stylet spécifique, permettant une détection magnétique
- Utilisable au doigt et au stylet

⇒ Tablettes graphiques (Wacom), tablettes PC

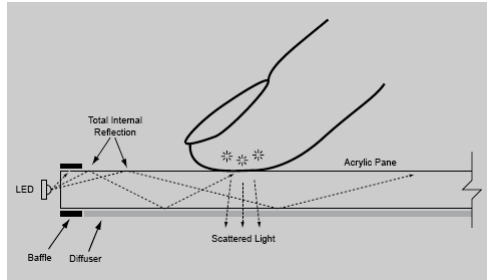


DISPOSITIFS D'ENTRE : TACTILE

Technologies actuelles

Ecrans FTIR (Réflexion Interne Totale Contrariée)

- Rangées de LED en arrière de l'écran émettant un faisceau infrarouge sous un angle d'incidence tel qu'il est totalement réfléchi
- L'approche d'un doigt modifie l'indice de réflexion: la lumière n'est plus totalement réfléchi, ce que détecte une caméra.



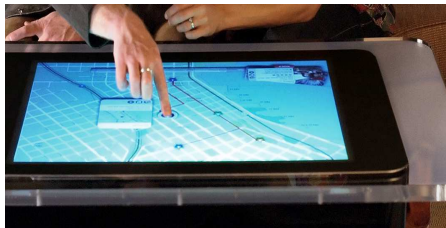
- Très bon marché, sensible à tout type de toucher
 - Adaptable à de très grands écrans
 - Nécessite un écran en état parfait
- ⇒ Très peu d'applications commerciales pour le moment

DISPOSITIFS D'ENTRE : TACTILE

- Interaction directe
- Facilité d'apprentissage
- Résistant et sans élément externe amovible



- Manque de précision (erreurs de pointage)
 - ⑤ plus d'erreurs avec le tactile qu'avec la souris !
- Fatigue bras / main plus importante
 - ⑤ écran en position horizontale : tables tactiles, dispositifs mobiles
- Masquage écran



Microsoft Surface



Apple Ipad



DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE

Multi-point / multi-touch : interaction directe intégrale

1982 : U. Toronto (tablette tactile), Bell Labs (écran tactile)
2007 : Microsoft Surface 1.0 (PixelSense)



DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE

Multipoint : plusieurs usages

- **Entrée** : écran tactile ou *touchpad*
- **GUI** : dédiée ou non



Microsoft Surface

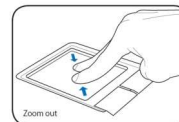
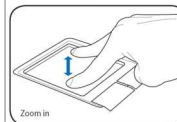


Iphone

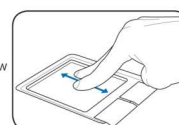


Apple iMAC

Two-finger zooming in/out - Moving two fingertips apart or together on the touchpad to zoom in or zoom out. This is convenient when viewing photos or reading documents.



Two-finger scrolling - Use two fingertips to slide up or down on the touchpad to scroll a window up or down. If your display window includes several sub-windows, move the pointer on that pane before scrolling.



Netbook ASUS

Multipoint : quel intérêt

- Métaphore intégrale de manipulation directe
- Contrôle gestuel plus riche
- Ecran tactile : fatigant



↳ Dispositifs mobiles enrichis

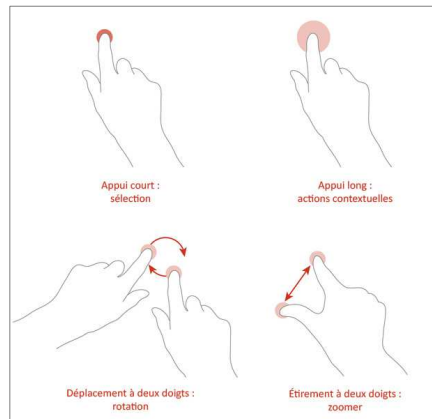
↳ PC : *touchpad* ... ou souris

DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE



Interaction gestuelle : recommandations

- Grande richesse expressive : gestes complexes difficiles à mémoriser
- **Guidage**: privilégier au maximum l'usage de gestes simples en reprenant la sémantique gestuelle désormais bien établie dans les IHM tactiles (**standards**)



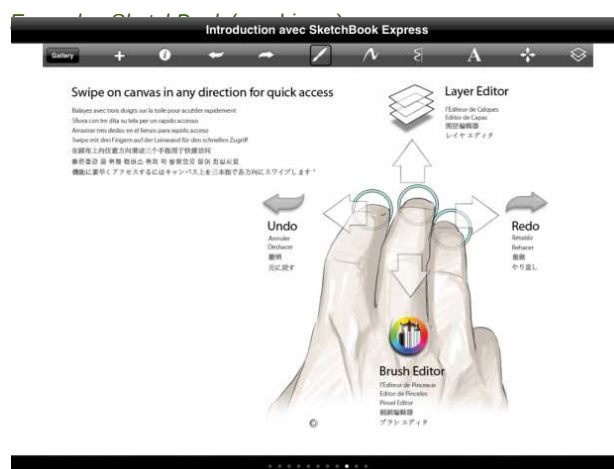
- **Pas de survol** : démarquer visuellement les éléments touchables

DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE



Interaction gestuelle : recommandations

- **Multi-point – gestes complexes** réservés à des actions rares ou des applications spécifiques : guider l'utilisateur par des tutoriels ou des messages contextuels d'aide.



DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE



Interaction gestuelle : recommandations

- Les principes généraux restent applicables
- **Flexibilité** – Raccourcis gestuels pour les experts

Exemple : glisser pour une suppression de contacts



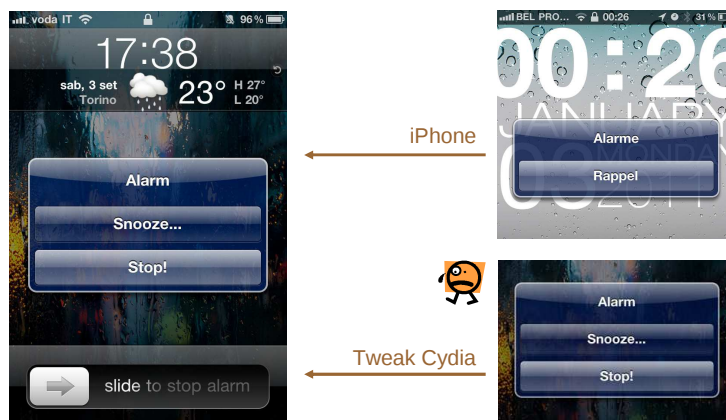
- **Observabilité** – Menu contextuels tactiles **au-dessus** de l'appui
Eviter le masquage par le doigt

DISPOSITIFS D'ENTREE : TACTILE



Interaction gestuelle : recommandations

- **Prévention des erreurs** – Principe des erreurs commensurables
 - Geste plus complexe pour une actions plus engageante (ex. glisser vs. appui)
 - Maintenir une confirmation

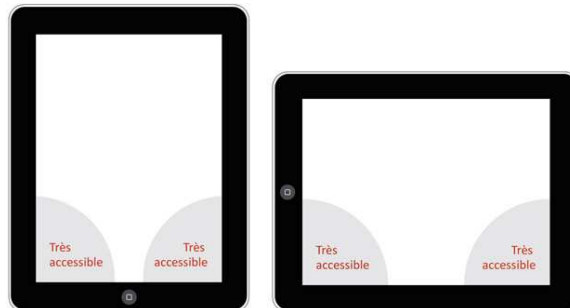


DISPOSITIFS D'ENTRÉE : TACTILES

Organisation de l'interface : zones de visibilité et d'accessibilité

- Mouvements différents de la manipulation d'une souris
- Zones de visibilité et d'accessibilité dépendant du mode de tenue de l'écran

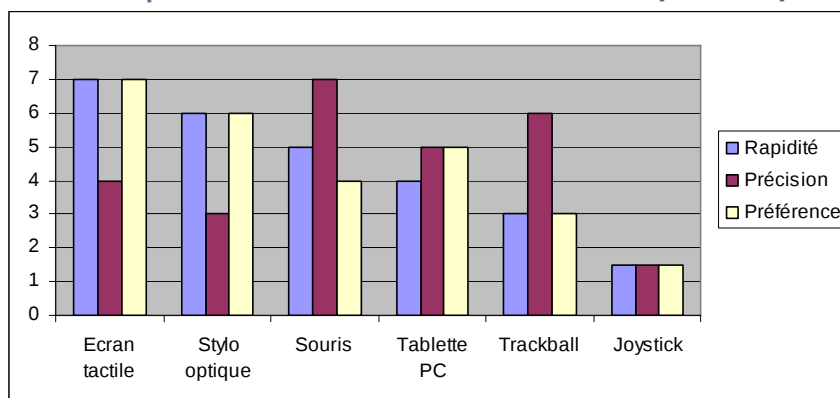
⇒ Chapitre 9 : Mobilité et Ubiquité



DISPOSITIFS D'ENTRÉE : BILAN

Pas de dispositif idéal

[Baber, 1997]



Tactile plus d'erreurs de pointage qu'avec une souris

Contraintes logicielles pour faciliter l'emploi d'un dispositif d'entrée

Exemple : grille de positions discrètes pour prédélimiter des positions

DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Deux dispositifs en voie de banalisation

- Accéléromètres 3D

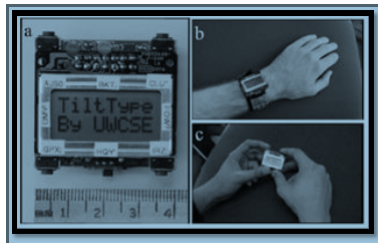
Des dispositifs entre recherche et applications opérationnelles

- Interfaces tangibles
- Reconnaissance de l'écriture
- Reconnaissance de la parole
- Gants 3D et gants haptiques

DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Accéléromètre 3D : interaction par geste (main)

- Détection d'inclinaison en 3D
- Suffisamment petits pour être intégrés dans un dispositif mobile
- Utilisable comme interface de sélection ou de désignation



TiltType



Chip accéléromètre



Wii

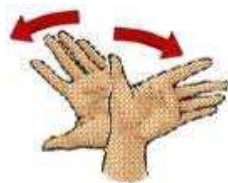


KeyTilt [Homberg et al. 2010]

DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Accéléromètre 3D : naturalité des gestes manuels

- Plusieurs degrés de liberté = plusieurs gestes possibles



Déviation
radiale / cubitale



Pronation /
Supination



Extension /
Flexion

- Pronation / supination mieux contrôlée que les autres gestes

[Crosman et al 2008, Rahman et al 2009]

DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Accéléromètre 3D : Wiimote, un dispositif faussement naturel

- Expérience sur mini-jeux (*Wario Ware : Smooth Moves*)



Résultats

- Performances novices inférieures aux experts
- Gestes à mapping direct mieux réalisés
- Amorçage lexical aide

⇒ Observations assez proches de celles de la prise en main d'une souris

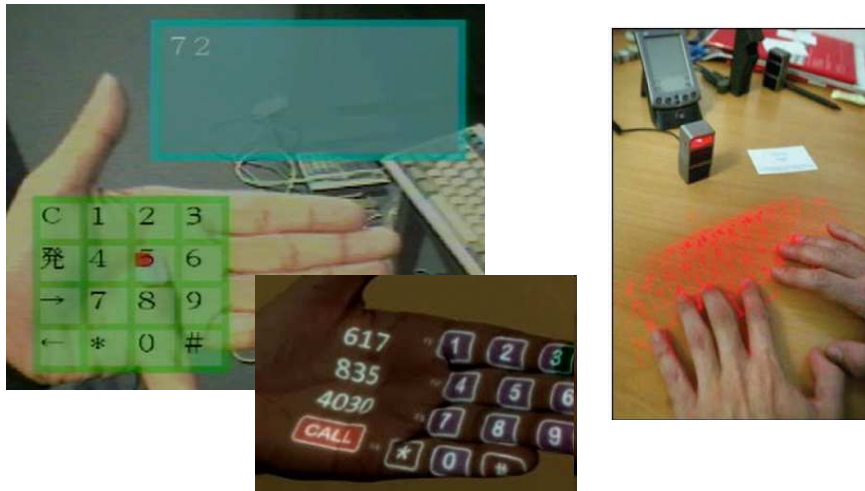


DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Interfaces tangibles

Toute surface peut devenir interactive

[Niguay, Coutaz 2007]



DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Interfaces tangibles : interaction sans dispositif physique

Reconnaissance du geste : jeux

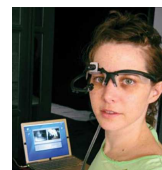


Microsoft Kinect

Vraie robustesse limitée à une bibliothèque de gestes prédéfinis

Reconnaissance du geste : handicap

Eye tracking : robuste car gestes limités



DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Gants et autres dispositifs 3D

- Réalité virtuelle
- Quelques applications : jeux vidéos, simulateurs, télé médecine
- Technique d'avenir ou rêve de chercheur ?



Gant 3D (data glove)



Gant haptique (retour d'effort)

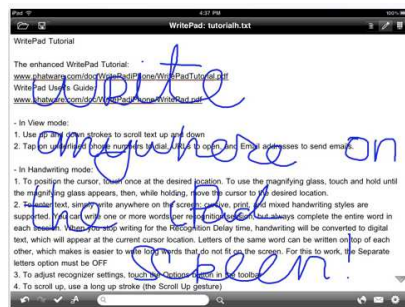


Wii boxing ≠ Data glove

ENTRÉE DE TEXTE : DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Reconnaissance d'écriture

- Fusion des différentes modalités d'entrée
- ⑤ saisie texte et pointage avec un seul dispositif : écran tactile



Apple WritePad for iPad

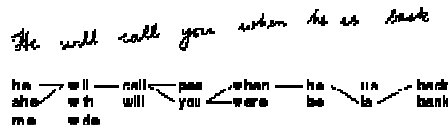
- Interaction directe
- Langage naturel: facilité d'apprentissage



ENTRÉE DE TEXTE : DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Reconnaissance d'écriture

- Taux d'erreur non négligeables



- Saisie par symboles spéciaux: apprenabilité, familiarité



ENTRÉE DE TEXTE : DISPOSITIFS D'ENTREE AVANCES

Reconnaissance de parole

- Style d'interaction naturel
- Absence de dispositif particulier : main libre, téléphonie



- Taux d'erreur importants
 - ⑤ 3% de WER en parole lue ou DOHM
 - ⑤ 30% à 50% WER en parole spontanée



- Ambiguïté langage naturel
- Inadaptation pointage: remplace le clavier
- Problème du design **trop** anthropomorphique



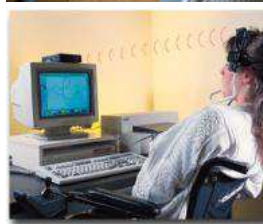
Recherche et quelques applications bien ciblées

- Compte rendus médicaux
- Serveurs réservation et information (ex: 3000)
- Handicap



DISPOSITIFS D'ENTRÉE POUR LE HANDICAP

- Eye trackers
- Détecteur de mouvement de tête
- Détecteur de souffle
- Joystick microgravité
- ...

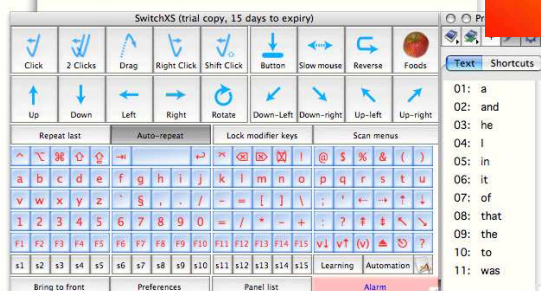


DISPOSITIFS D'ENTREE POUR HANDICAPES

- Claviers virtuels
- Reconnaissance de parole
- ...



- Remembers last panel used for each application
- New features for beginning



DISPOSITIFS DE SORTIE AVANCES

Réalité augmentée

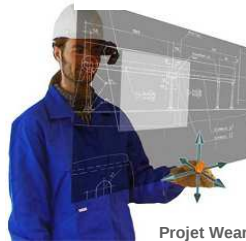
Ajout d'informations 2D/3D à notre vision de la réalité



Tourisme
Marketing



Transports : vision tête haute



Projet WearIT@work

DISPOSITIFS DE SORTIE AVANCES

Réalité augmentée

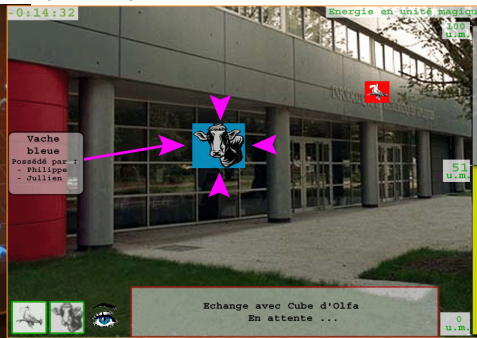
Jeux



Microsoft Surface I



LIG (ex CLIPS)



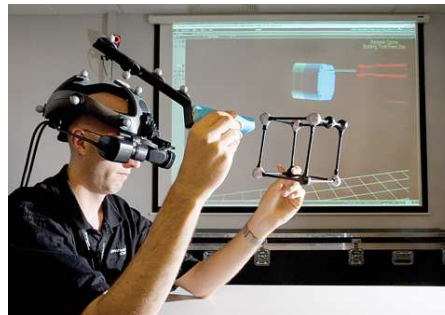
DISPOSITIFS DE SORTIE AVANCES

Réalité virtuelle

Immersion complète dans un monde virtuel :

- Vision (sortie)
- Proprioception (entrée)

Applications : du jeu ... à la rééducation



DISPOSITIFS DE SORTIE AVANCES

Réalité virtuelle immersive : exemple

[Guerlesquin et al 2010]



- Conception mécanique
- Réalité virtuelle pour faciliter la communication entre professionnels de métiers différents : vues adaptées à chaque profession



BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages d'entrée

- Nogier J.-F., Bouillot T., Leclerc J. (2011) *Ergonomie des interfaces*, 5^e Ed. Dunod, France.
- Sad A. (2009) *Text entry interfaces on mobile devices: modeling, design and evaluation*. Thèse Université Européenne de Bretagne.
- Tomfelde C. M. (2010) *Tabletops – Horizontal Interactive Displays*. Springer Verlag, London, UK.

Blogs

Inter Blog action

<http://interactionblog.blogspot.com/>



Usaddict

<http://www.ergonomie-interface.com/>

⇒ Tous sujets dont tactile et mobile

Travaux cités

- Baber C. (1997) *Beyond the desktop: designing and using interaction devices*. Academic Press, London, UK.
- Belatar M., Poirier F. (2007). UniGlyph : une méthode universelle pour la saisie de texte sur dispositifs mobiles. *IHM'2007*, Paris, France, ACM. 111-118.
- Card S., Moran T., Newell A. (1983) *The psychology of Human-Computer Interaction*, Laurence Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ.
- Crossan A., Williamson J., Brewster S. Murray- Smith R. (2008) Wrist rotation for interaction in mobile contexts. *Proc. of MobileHCI'08*, ACM Press, 435-438.



BIBLIOGRAPHIE

Travaux cités (2)

- Dabic S., Lund K., Nova N. (2010) Effects of Expertise, Mapping and Tutorial Format on User Experience when Gesturing with the Nintendo Wii. *Actes IHM'2010*, Luxembourg.
- Fitts P.M. (1954) The information capacity of the human motor system in controlling amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*. 47, 381-391.
- Goldberg D., Richardson D. (1993) Touch typing with a stylus, *INTERACT'93*, Amsterdam, NL.
- Gray W.D., John B.E., Atwood M.E. (1993) Project Ernestine: validating a GOMS analysis for predicting and explaining real-world performance. *Human-Computer Interaction*. 8(3), 237-309.
- Guerlesquin G. Bazzaro F., Madhjoub M., Sagot J-C. (2010) Ecran virtuel multifonction : outil pour le concepteur mécanicien, *IHM'2010*, Luxembourg.
- Hombert G., Sangott A., Martin B. (2010) KeyTilt : un clavier logiciel par inclinaison, *IHM'2010*, Luxembourg.
- MacKenzie I.S., Zhang S. X. (1997). The immediate usability of graffiti. *Graphics interface '97*, Kelowna, British Columbia, Canada.
- Niguay L., Coutaz J (2007) *Interaction Homme-Machine en informatique ambiante*. Présentation aux assises GDR-I3, La Rochelle, Janvier 2007
- Rahman, M., Gustafson, S., Irani, P., Subramanian, S. (2009) Tilt techniques: investigating the dexterity of wrist-based input. *Proc. of CHI'09*, ACM Press, 1943-1952.
- Wobbrock J.O., Myers B.A. et al. (2003). EdgeWrite: a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion. *16th ACM symposium on User interface software and technology*, Vancouver, Canada, ACM Press