

# Périphériques d'entrée ...

... et techniques d'interaction

Séminaire *Interaction 3D et bibliothèques numériques*

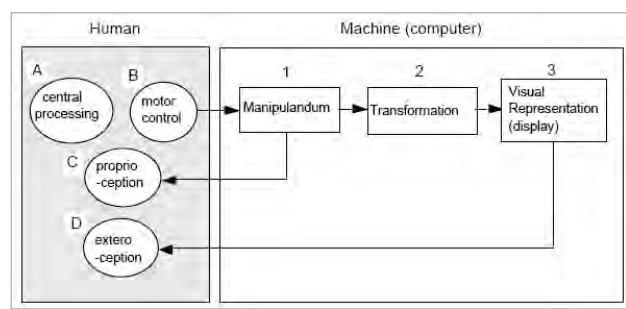
Master en informatique, option CAM

*Laboratoire Cedric du CNAM*

Rodrigo ALMEIDA / rodrigo.almeida@cnam.fr

## Périphériques d'entrée

- Que sont ces dispositifs ?
  - Capteurs, processus d'échantillonnage
  - Entrée d'informations extérieures en temps d'exécution
  - La composante matérielle d'une technique utilisée pour accomplir une tâche
- Manuels, bureautiques et dans une configuration disposant d'un retour visuel
- Facteurs humains : vision, contrôle moteur, perception kinesthésique
- But de la recherche : élargir la bande passante homme:machine



(Zhai, *Human Performance in Six Degree of Freedom Input Control*, 1995)



## Objectifs de la présentation

- Termes et concepts récurrents dans les publications du domaine
- Problématiques du domaine
- Aperçu de quelques travaux importants
- Voir quels liens vous pourriez faire avec des questions et des domaines qui vous intéressent

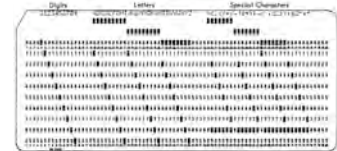


## Plan de la présentation

- Historique
- Problématique
- Contextes d'usage
- Techniques d'interaction
- Concepts de base et propriétés
- Périphériques de pointage et 3D
- Directions de la recherche

# Repères historiques (pré-histoire)

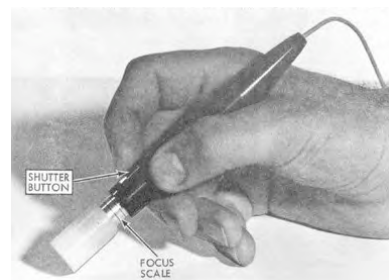
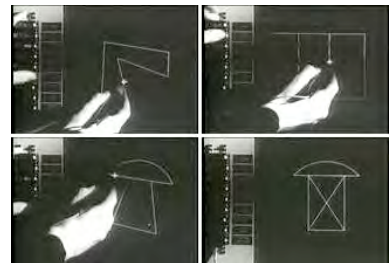
- Traitement par lot (rubans perforés)
  - Interaction discontinue
- Ligne de commande
  - Syntaxe complexe
  - Charge cognitive pour rappel des commandes
  - Intervalle important entre action et réponse
  - Ni les commandes ni les objets ne sont visibles



```
Terminal - bash - 89x9
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$ ls
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$ ls
dossier_textes mon_texte.doc
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$ mv -v mon_texte.doc ./dossier_textes/
"mon_texte.doc" -> './dossier_textes/mon_texte.doc'
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$ ls
dossier_textes
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$
```

# Repères historiques

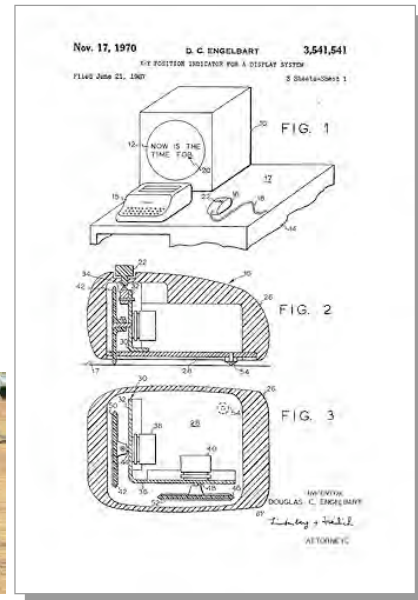
- Années 60 : 2 inventions clés
  - *Sketchpad* (Sutherland, ~1963)
    - Écran cathodique et stylo optique
    - Désignation directe des objets sur l'écran
    - Techniques nouvelles : zoom, feed-back par ligne élastique



(Sutherland, *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*, 1963)

# Repères historiques

- Années 60 : 2 inventions clés
  - *Sketchpad* (Sutherland, ~1963)
    - Écran cathodique et stylo optique
    - Désignation directe des objets sur l'écran
    - Techniques nouvelles : zoom, feed-back par ligne élastique
  - Souris (Engelbart, 1964)
    - 2 roues : capter le mouvement sur 2 axes
    - Pointage plus performante qu'avec d'autres dispositifs (en 1982) : *joystick*, *clavier*



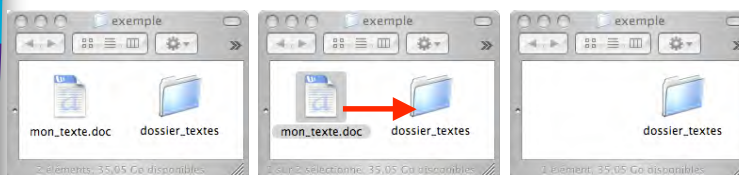
(Engelbart, *Mouse Patent*, 1970)

# Repères historiques (suite)

- Avec les périphériques de pointage et les interfaces graphiques
  - Boucle d'entrée-sortie plus courte
- *Direct Manipulation* (article classique de 1983)
  - Document affiché dans son format final
  - L'objet d'intérêt :
    - toujours visible
    - directement manipulable par la souris
  - Les actions :
    - Leurs résultats sont immédiatement affichés
    - Facilement réversibles



(Xerox Star, 1975)



# Repères historiques (suite et fin)

## ■ D'autres repères importants

- *Put that there* (Bolt, 1980)
- Retour d'effort et d'autres techniques pour la réalité virtuelle (Fuch et Brooks, 1971)
- Le bureau augmenté (Wellner, 1993)



(Wellner, *Interacting with paper on the DigitalDesk*, 1993)@

# Problématiques

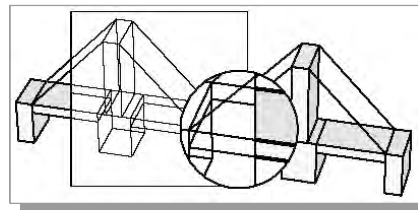
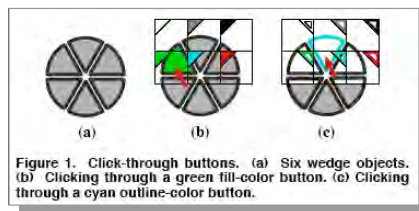
## ■ **Un nouveau dispositif est la solution !**

Mais quel était le problème ?

- Exemples de problématiques d'où viennent de nouveaux dispositifs ou de nouvelles configurations :
  - Pour l'**amélioration de l'exécution d'une tâche** donnée
  - Emergence d'une **nouvelle technologie**
  - Proposition d'un **nouveau cadre de conception et d'interaction**

# Problématiques

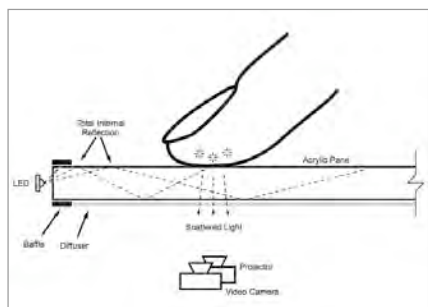
- Pour l'amélioration de l'exécution d'une tâche donnée
  - Ex : **Toolglasses**
  - Comment réduire le nombre d'allers-retours entre les palettes graphiques et l'objet d'intérêt ?
    - Solution bi-manuelle



(Bier et al., *Toolglass and Magic Lenses: The See-Through Interface*, 1993)

# Problématiques

- Emergence d'une nouvelle technologie
  - Ex : **Surfaces multitouch**
  - Réaliser des actions que l'on ne pouvait pas faire avant : interaction à plusieurs doigts, à 2 mains, à plusieurs utilisateurs, sur une table



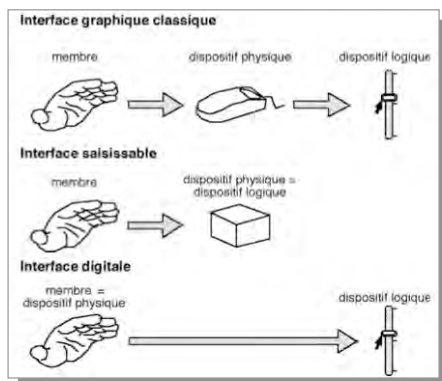
(Han, *Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection*, 2005)

(Video sur : [http://www.ted.com/index.php/talks/jeff\\_han\\_demos\\_his\\_breakthrough\\_touchscreen.html](http://www.ted.com/index.php/talks/jeff_han_demos_his_breakthrough_touchscreen.html) )

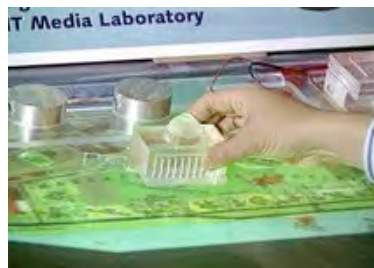


# Problématiques

- Proposition d'un **nouveau cadre de conception et d'interaction**
  - Ex : **Interaction tangible**
  - L'utilisateur devrait pouvoir mieux exploiter sa **perception du toucher**, son **attention périphérique**, ainsi que **l'espace qui l'entoure** afin d'organiser et de manipuler **plus intuitivement** ses données numériques



(Coutaz et al., *Quand les surfaces deviennent interactives*, 2002)



(Ullmer et Ishii, *The metaDESK*, 1997)

(video sur : <http://tangible.media.mit.edu/projects/metadesk/>)

# Problématiques

- **Tâches à améliorer**
  - Pointage d'une cible
  - Gestion de fenêtres
  - Sélection d'une commande dans un menu
  - Comment travailler simultanément à plusieurs à distance sur un même document ?
- **Technologies**
  - Multimodale : combinaison de voix et de geste
  - Captation jusqu'à 6 degrés-de-liberté (DDL)
  - Retour de force, rendu haptique
  - Interface neuronale directe
  - Captation de la position géographique
- **Nouveaux paradigmes**
  - *Pervasive Computing* (Weiser, 1991)
  - Interaction tangible : des entités numériques représentées par des objets physiques
- **Utilisateurs avec besoins spécifiques**
  - Rendu haptique de documents essentiellement visuels (ex : cartes et graphes)

## Contextes d'usage (quelques uns)

- **Opportuniste** : utilisateur est debout, mains couvertes par gants, bruit extérieur, concentration difficile, pas de temps d'apprentissage
- **Mobile (et ubiquitaire)** : une seule main disponible, petite écran, actions interrompues plusieurs fois, périphériques détachés sont égarés
- **Bureautique** : surface de travail autour de l'ordinateur, durée d'utilisation plus longue, allers-retours entre plusieurs applications (dispositif générique est préférable)
- **Collaboratif** : travail synchrone sur un même document partagé, utilisateurs ne partagent pas *les mêmes* références visuelles
- **Travail spécialisé** : dispositifs spécialisés sont acceptés, temps d'apprentissage important

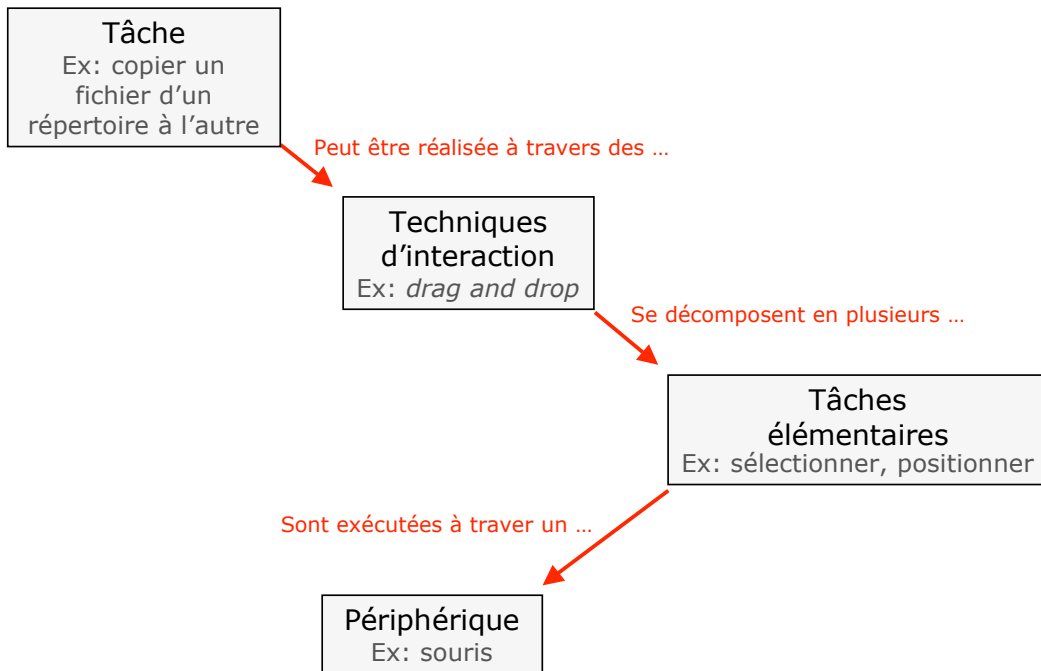


## Techniques d'interaction

- “... un moyen **d'utiliser un périphérique d'entrée pour réaliser une tâche générique** dans un dialogue entre l'homme et la machine.” (Foley et al., 1990)
- “... un moyen de réaliser une tâche interactive. Il est défini **par l'enchaînement des opérations** et est basé sur l'utilisation d'un ensemble de périphériques d'entrées et de sorties.” (Raisamo, 2000)
- “Une méthode permettant à l'utilisateur d'accomplir une tâche à travers l'interface utilisateur. **Une technique comprend à la fois le matériel (entrée et sortie) et les composantes logicielles.** La composante logicielle est responsable pour le mapping entre l'information captée par les dispositifs et les éléments du système ...” (Bowman et al., 2005)



# Techniques d'interaction



## Techniques d'interaction (suite)

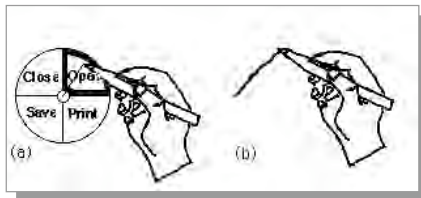
- **Tâches élémentaires (Foley, 1990)**
  - Sélection
  - Position 1D, 2D, 3D
  - Orientation 1D, 2D, 3D
  - Quantifier (une valeur numérique avec un *slider*)
  - Dessin (*path*)
  - Texte

# Techniques d'interaction

## 1. Exemples 2D

1. Comment accélérer la sélection de commandes fréquemment utilisées ?

- *Marking Menus* (Kurtenbach, 94)



(Kurtenbach and Buxton, *User learning and performance with marking menus*, 1994)

2. Comment naviguer dans un long document lorsqu'on interagit directement avec un stylet ?

- *Radial Scroll Tool* (Smith, 04)

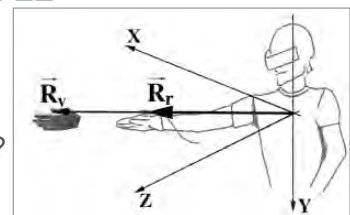
(Smith and schraefel, *The radial scroll tool: scrolling support for stylus- or touch-based document navigation*, 2004)  
 (Video sur : <http://www.acm.org/uist/archive/videos/2004/p53-smith.mov>)

# Techniques d'interaction

## ■ Exemples 3D

1. Dans un environnement 3D, comment manipuler des objets qui se trouvent éloignés ?

- *Go-Go Technique*

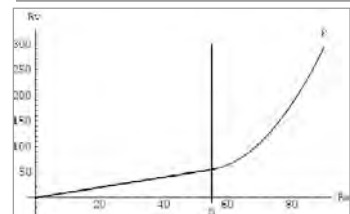


2. Comment faciliter le pointage d'objets partiellement cachés ?

- *Elastic Pointer*

Each hand is tracked by a 6DOF tracker. The vector between the hands forms the axis of the pointer. The pointer uses five parameters:

- position 1 hand position
- position 2 hand position
- pointer scale factor constant allowing scaled pointing at a distance
- amount of curvature control point distance from axis
- relative position of curvature location of control point projection onto axis



(Poupyrev et al., *Go-Go Technique*, 96)



selecting objects "around the corner"

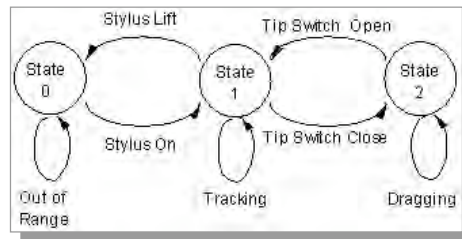
selecting targets while avoiding the obscuring objects in the foreground

(Olwal et al., *Elastic Pointer*, 03)

# Techniques d'interaction (suite)

- Représentation de techniques par diagrammes d'état

- Proposé par Buxton en 1990
- Avantage : décrire une technique en montrant les actions logiques qui sont attribuées à chaque état du dispositif
- Les transitions entre les états peuvent être déclenchées par des événements temporelles (capteur immobile depuis 5 sec.), matérielles (bouton gauche enfoncé) ou logiques (curseur est entré dans une zone donnée de la fenêtre)



**état 0** : périphérique pas détecté (loin de la tablette)  
**état 1** : périphérique contrôle le curseur  
**état 2** : bouton appuyé

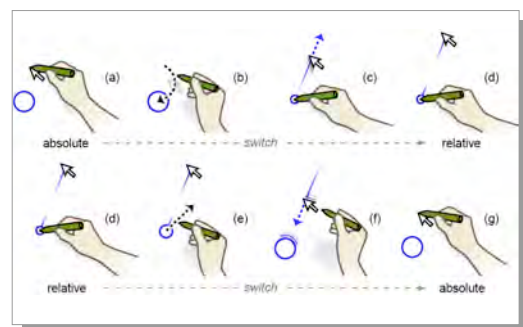
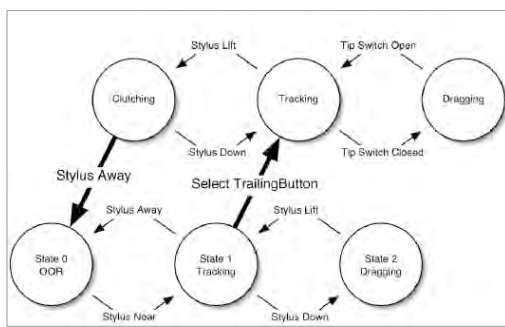
(Buxton, *A three-state model of graphical input*, 1990)

## Drag and drop (glisser et déposer) traditionnel (avec stylo)

# Techniques d'interaction (suite)

- Représentation de techniques par diagrammes d'état

- Exemple : passer du pointage absolu au pointage relatif



(Forlines et al., *Hybrid Pointing*, 2006)

# Concepts de base

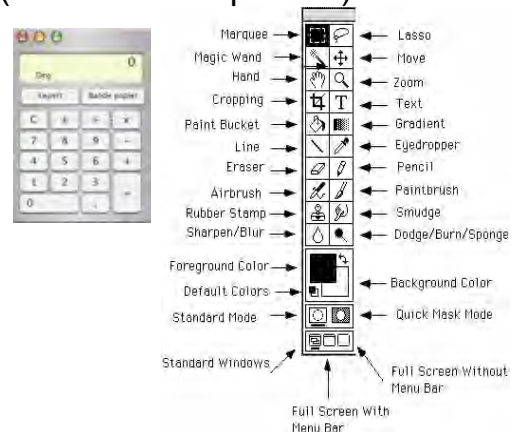
- Modes et multiplexage
- Correspondances
- Ruptures et mécanismes de réengagement

# Concepts de base (suite)

- Multiplexage
  - Spatial : plusieurs périphériques et chaque périphérique contrôle un seul outil logique
  - Temporel : un seul périphérique peut contrôler plusieurs dispositifs logiques (un seul à chaque fois)



- Modes
  - Spatiaux ou temporels



# Concepts de base (suite)

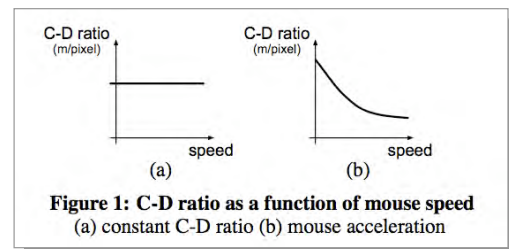
## ■ Correspondance (*mapping*)

### – Qualitative

- Entre le sens dans lequel le capteur est transporté et le sens du mouvement de l'objet graphique
- Entre des DDL distincts : par exemple, une translation au long de l'axe X contrôle une rotation autour de l'axe Y

### – Quantitative : fonction de transfert ou *Control-Display ratio*

- Exemple : 1 cm = 15 pixels
- 2 possibilités :
  - Correspondance linéaire
  - Ratio variable : fonction non-linéaire



(Guiard et al., *Object Pointing*, 2004)

# Concepts de base (suite et fin)

## ■ Rupture et mécanismes de réengagement

### – *Clutching* (mécanisme de débrayage)

- Repositionnement du périphérique
- Gestion des limites physiques (surface de la table, longueur du bras)
- Mécanisme implicite (souris) ou explicite (capteur 3D dans une main, bouton dans l'autre)

### – Reprise et réengagement

- Le capteur n'est pas repositionné
- Les membres impliqués dans la manipulation (ex : doigts) reviennent à une posture neutre afin de recommencer le mouvement

### – *Pawing* (un *clutching* logique)

- Ex : lorsqu'on glisse une photo plus grande que la fenêtre et on doit la lâcher car le curseur est déjà au bord de la fenêtre

# Propriétés

- Propriété captée : mouvement, position ou force
- Dispositifs isométriques, isotoniques et élastiques
- Captation absolue versus relative
- Intégralité et séparabilité
- Retour haptique actif et passif
- *Directness*
- Critères secondaires

# Propriétés (suite)

Type de périphérique	Isotonique		Elastique	Isométrique
	<i>Position-control</i>		<i>Rate-control</i>	
Propriété captée	Position angle	Mouvement	Inclinaison	Force/ pression - torque
Nature de la correspondance	Absolue	Relative à la captation à $t_{n-1}$	Relative à la variation de la force ou de l'écartement de l'axe central	
Exemple	Souris- Wacom, capteurs	Souris, <i>Wii</i>	<i>Joystick</i>	<i>Spaceball</i>





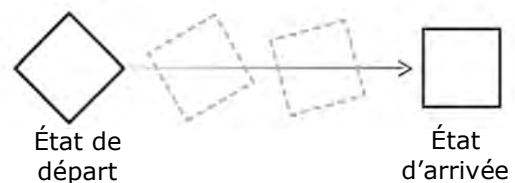
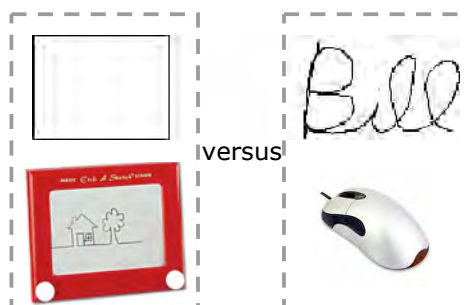
# Propriétés (suite)

## ■ Types de correspondance

- Absolue
  - Position du capteur = position du dispositif logique (curseur)
  - Espace physique limité (ou capteur borné) = espace virtuel limité
- Relative
  - Mesure de la variation de position
  - Débrayage
    - permet d'engager et de désengager le lien entre l'action de contrôle et le mouvement du pointeur
  - Espace virtuel est sans bornes

# Propriétés (suite)

- Degrés-de-liberté (DDL)
- *Intégralité et séparabilité*



## Propriétés (suite)

- **Retour haptique passif et actif :**



Continuum : du « retour haptique **nul** » au « retour haptique **actif** »

Plus on avance, moins on est dépendant des autres modalités (ex :vue) →

- Voir l'expérience de Hinckley en 1994 :

- Habillage du capteur correspond à des aspects de l'objet logique manipulé



(Hinckley et al., *Passive Real-World Interface Props for Neurosurgical Visualization*, 1994)

## Propriétés (suite)

- **Directness**

- Outil intermédiaire : curseur logique ou physique
- Correspondance relative impossible sans curseur logique





## Propriétés (suite et fin)

### ■ Critères secondaires

- Dimensions et facteurs de forme (voir Zhai 96)
  - *Precision grasp* versus *power grasp*
- Temps d'acquisition
- *Footprint*
  - Espace libre sur le bureau dont on a besoin pour la manipulation de ce dispositif
- Inertie du dispositif
- « Volatilité » du dispositif



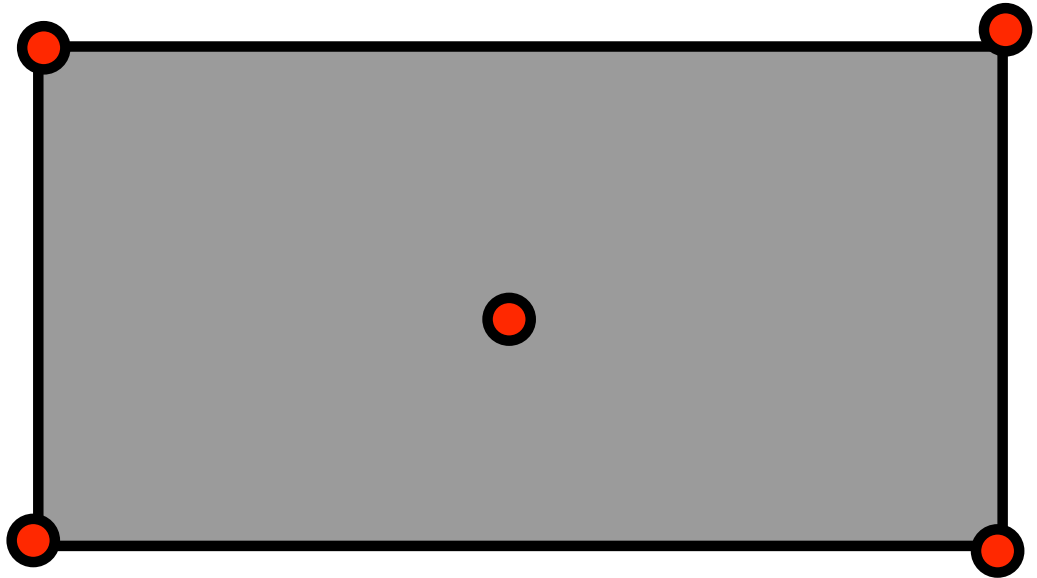
## Périphériques de pointage

### ■ Indirects

- Souris : relatif, *clutching* intuitif, correspondance indirect, surface plane, molette et bille, prototype d'Engelbart : « libre » et inertiel
- *Trackball* : inertiel, pas de *clutching*, plusieurs coups (dessiner), moins d'espace, portables, non-planaire, peu fatiguant, acquisition
- *Touchpad* : petit *footprint*, acquisition rapide, plusieurs coups, inappropriée pour des longs traits
- Tablette graphique : *footprint* important

## Périphériques de pointage (suite)

- Quels sont les 5 points sur lesquels l'utilisateur peut cliquer le plus rapidement ?

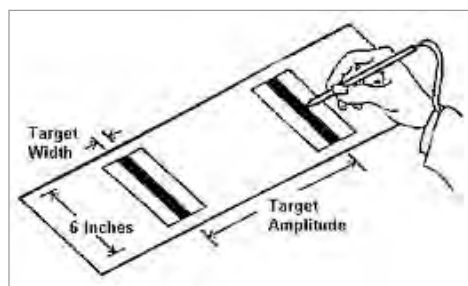


## Périphériques de pointage (suite)

- Loi de Fitts (1954)
  - Proposée dans un contexte de mouvement réel
  - Prédit le temps d'un mouvement sur 1 dimension
  - Poids de l'instrument
  - Posture du bras

$$ID = \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$



D : distance entre départ et cible (centre)

W : largeur de la cible

T : durée du mouvement

ID : indice de difficulté

constantes mesurées empiriquement :

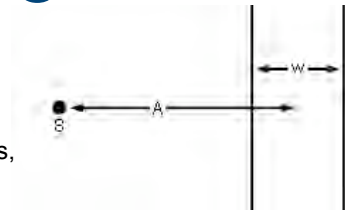
a = temps pour arrêter l'instrument

b = vitesse inhérente de l'instrument

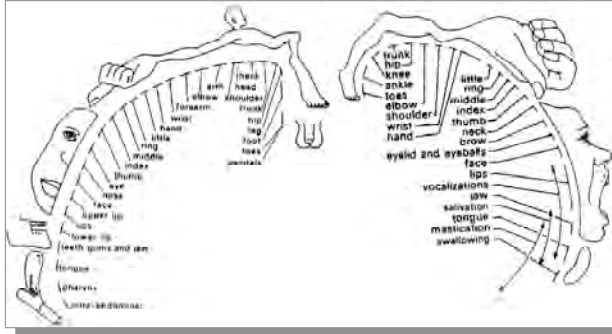
(Fitts, *The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement*, 1953)

# Périphériques de pointage (suite)

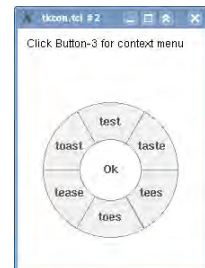
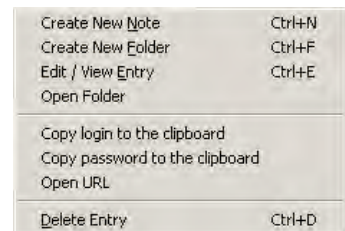
- Loi de Fitts pour les périphériques (Card, 1978)
  - Enjeux pour la conception d'interfaces : taille de boutons, *pie menu* versus menu linéaire, coins de l'écran



Peut-on la généraliser ?	Restrictions
Populations Pieds, cou et regard Milieu : sous l'eau Trajectoires 2D et 3D	Direction du mouvement Posture du bras Loi de Hick Accélération du curseur



(Sage, *Introduction to motor behavior*, 1971)



# Périphériques de pointage (suite et fin)

- Directs
  - Ex : écrans et surfaces tactiles, *light pen*
  - Points forts
    - manipulation intuitive (doigt=curseur)
    - plusieurs zones d'interaction (collaboratif)
    - résistant aux environnements publics (salissent peu)
    - pas d'objet attaché : acquisition rapide, pas de perte/vol
    - profil fin
  - Inconvénients
    - occlusion de l'interface par la main/doigt
    - Manque de précision (taille du doigt et parallaxe de l'écran)
    - Pas de feed-back haptique (ex : bouton enfoncé)
    - Fatigue due aux longs trajets sans accélération
    - Friction de la peau avec l'écran
    - Hygiène et confort : graisse du doigt

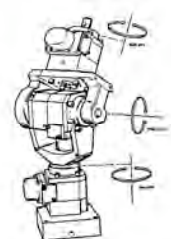
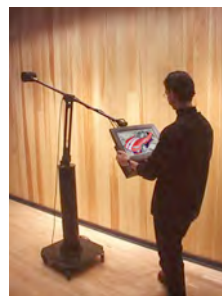


# Périphériques 3D

- Joysticks
  - manipulation grossière
  - élastique : indications *haptiques*
  - isométrique : fatigants
- *Position-control* versus *rate-control*
  - navigation
  - position précise

# Périphériques 3D (suite)

- Captation absolue

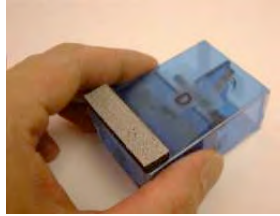


Technique \ Critère	Magnétique	Mécanique	Acoustique ( <i>outside-in</i> et <i>inside-out</i> )	Inertielle	Optique ( <i>outside-in</i> et <i>inside-out</i> )
Portée	1,5m (attachée)	variable (encombrant)	petite	illimitée	petite
Latence	-	peu	-	peu	dépend : caméra et algorithme
Bruit	métal, magnétique	non	acoustique de la pièce	beaucoup	sources lumière, occlusion
Précision	0,25cm - 0,1 degré	haute	-	accumulation d'erreurs	variable : qualité camera et nombre repères



## Périphériques 3D (suite et fin)

- Souris avec plus de 2 DLL



## Implémentation

- Quelques *API* pour l'intégration de périphériques non traditionnels
  - *proCONTROLL* dans *Processing* (multi plate-forme)
  - *GLUT* (multi plate-forme) dans des applications *Open GL*
  - *XInput* dans *X Window* (Linux ou Max OS X)
  - *Direct Input* dans *DirectX* (Windows)

# Tendances du domaine

- Prototypage : bas coût, nombreux *toolkits*
- *Tabletop, multi-touch*, collaboratif
- Mobile, ubiquitaire et *wearable*
  - Réseau, GPS, RFID
- Tangible, *information appliances*
  - Design de produits, miniaturisation de composants, rendu haptique

# Références

- Quelques textes introductifs
  - *L'Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information* (consultable à la bibliothèque du CNAM)
    - Chap *Interaction graphique*
    - Chap *Exigences ergonomiques...*
  - *Designing the User Interface* (Schneiderman, 2004)
    - Chap 6 - *Direct Manipulation and Virtual Environments*
    - Chap 9 - *Interaction Devices*
  - *3D User Interfaces* (Bowman et al., 2005)
  - *40 ans d'interaction homme-machine : points de repère et perspectives* (Beaudouin-Lafon, 2007)  
[http://interstices.info/jcms/c\\_23015/40-ans-d-interaction-homme-machine-points-de-repere-et-perspectives](http://interstices.info/jcms/c_23015/40-ans-d-interaction-homme-machine-points-de-repere-et-perspectives)
  - *Les réalités virtuelles* (Cadoz, 94)

encyclopédie  
de l'informatique  
et des systèmes  
d'information



Nabes

DESIGNING THE USER INTERFACE



Ben Shneiderman | Catherine Plaisant

