

Les fondamentaux de l'IHM et du multimédia

La Machine



UE NSY116
Multimédia et Interaction
Homme-Machine
2010-2011

Alexandre TOPOL
/ Rodrigo ALMEIDA

But du cours

- Connaître le deuxième intervenant dans les systèmes interactifs *i.e.* l'ordinateur
- On parlera principalement de l'ordinateur « classique »

Vue d'ensemble

- Un ordinateur c'est d'abord un certain nombre d'éléments pour calculer, communiquer et stocker
 - Les microprocesseurs
 - Les chipsets
 - Les bus
 - Les mémoires
 - Les disques durs
 - Les autres mémoires de masse

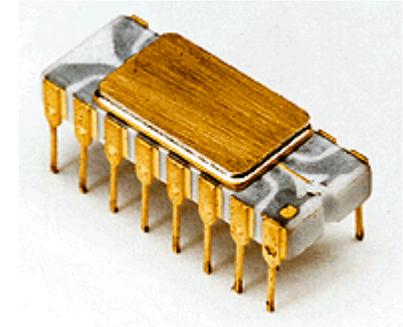
Vue d'ensemble

- Un ordinateur comporte plusieurs éléments en relation directe avec l'utilisateur d'un système
 - Les périphériques d'entrée permettant l'interactivité :
 - Entrée texte : clavier traditionnel, clavier téléphone, reconnaissance vocale et écriture manuscrite
 - Pointage : la souris, touchpad, stylet, ...
 - Les périphériques d'interaction 3D
 - Les dispositifs de sortie :
 - Différents types d'écran bitmap (principalement)
 - CRT
 - LCD
 - Papier électronique

Vue d'ensemble

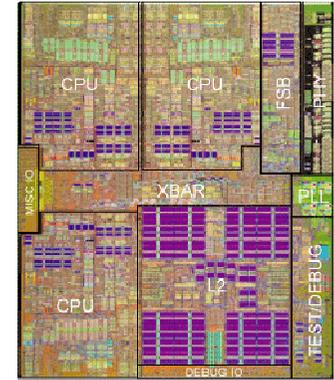
- Les systèmes de réalité virtuelle et de visualisation 3D
- E/S papier
 - Les différents types d'imprimantes et leurs caractéristiques
 - Les numériseurs et les OCR
- La mémoire : caractéristiques et limitations
 - Mémoire vive (RAM)
 - Mémoire de masse (magnétique, optique)
- Traitements

Les éléments d'un ordinateur



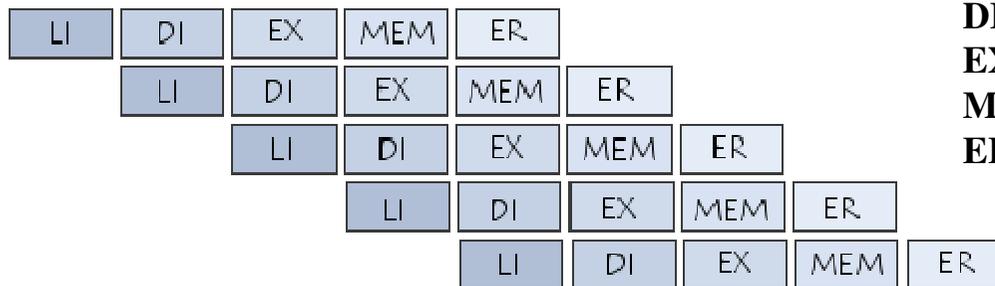
- Le microprocesseur ou CPU (*Central Processing Unit*)
 - Cerveau de l'ordinateur permettant :
 - de manipuler les informations numériques
 - d'exécuter des instructions stockées en mémoire
 - Le premier microprocesseur (Intel 4004 – 1971– 108 kHz)
 - Données souvent mises en avant :
 - La fréquence d'horloge en Hz
 - Le nombre de cycles moyen par instruction (CPI)
 - ➔ nombre d'instructions par seconde (MIPS et FLOPS)
 - Il est en charge des opérations (UAL et FPU), des accès mémoire, des contrôles

Les éléments d'un ordinateur



- CPU

- Accès en lecture/écriture aux registres (accumulateurs, états, instruction, ordinal, tampons)
- Mémoires caches 3 niveaux contenant les données et instructions
 - L1 intégré dans le processeur (mémoire aussi rapide que les registres)
 - L2 intégré dans la puce
 - L3 intégré dans la carte mère
- ➔ réduction du temps de latence
- Pipeline d'instructions

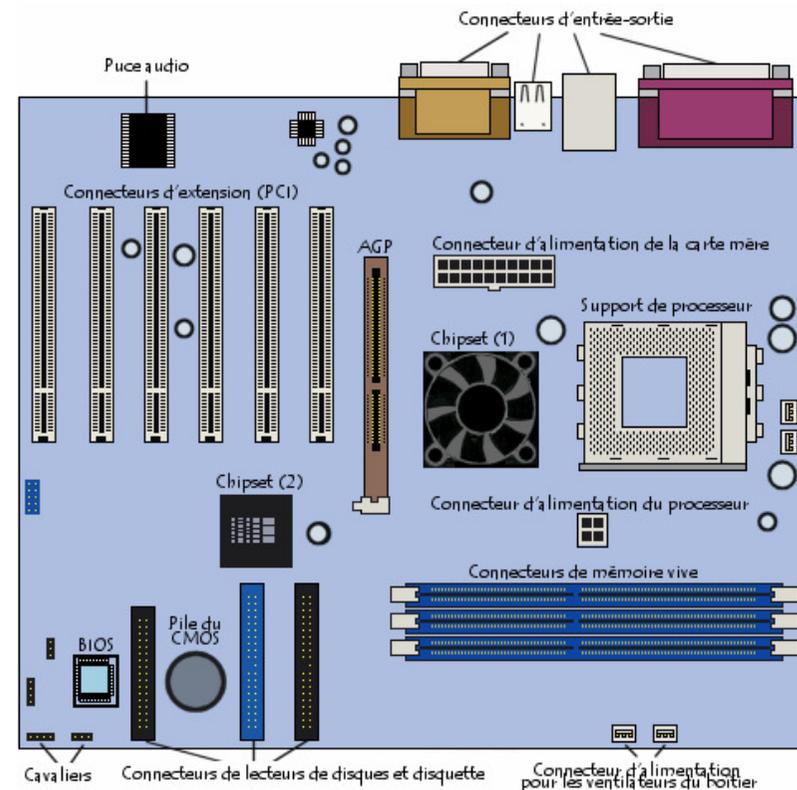


LI : Lecture de l'Instruction
DI : Décodage de l'Instruction
EX : Exécution de l'Instruction
MEM : Accès mémoire
ER : Écriture

Les éléments d'un ordinateur



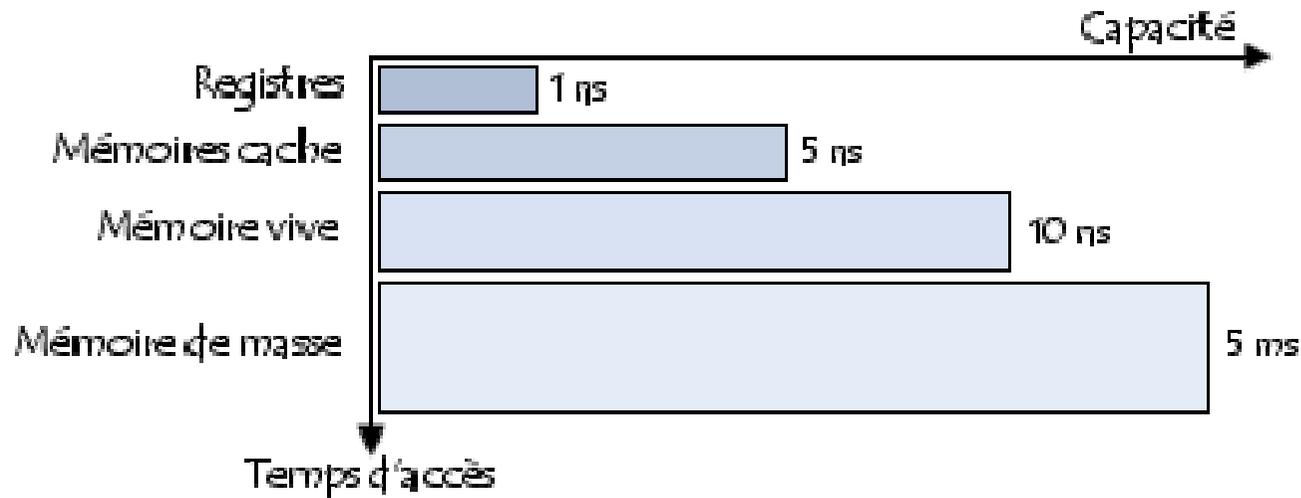
- La carte mère
 - Permet la connexion des différents éléments de l'ordinateur
 - Comprenant :
 - Le chipset chargé de coordonner les échanges des données entre les différents composants
 - Horloge et CMOS : le chef d'orchestre et la mémoire du système
 - Le BIOS est l'interface entre l'OS et la machine
 - Les connecteurs
 - Les bus FSB et d'extensions gérés par le *North Bridge* et le *South Bridge* du chipset



Les éléments d'un ordinateur



- Les mémoires
 - Elles opèrent à différents niveaux, différentes fonctions
 - Les registres (capacité en octets)
 - Les mémoires cache (de quelques ko à quelques Mo)
 - La RAM (capacité en unités de Go)
 - La ROM (capacité en dizaines, centaines voire milliers de Go)



Les éléments d'un ordinateur

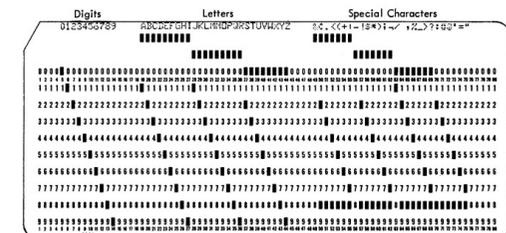
- Les périphériques

- Notre moyen d'accéder à la machine
- Notre moyen d'injecter des données, de donner des accomplir
- Des rôles différents :
 - Stockage
 - Affichage
 - Acquisition et conversion analogique numérique (temperature, mouvement, force, inclinaison, etc.)



Interaction (historique)

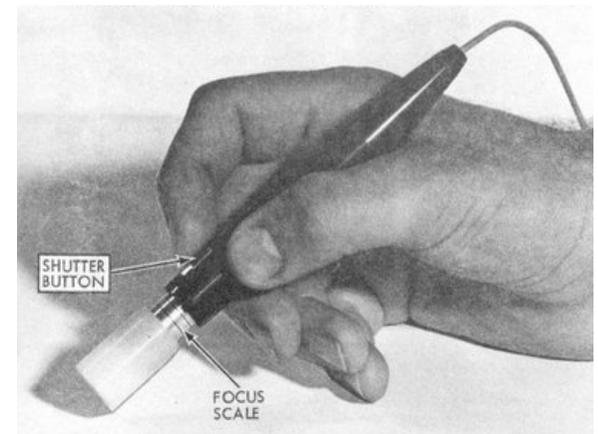
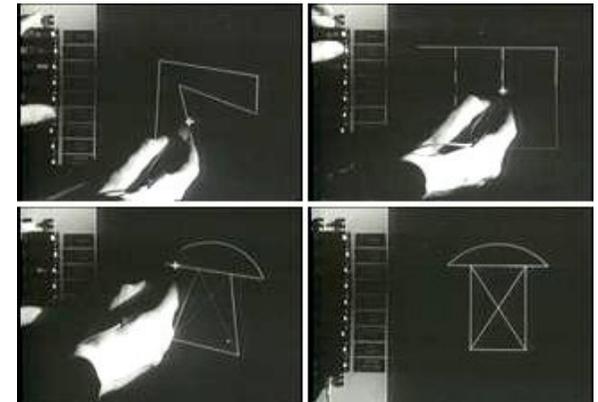
- Traitement par lot (rubans perforés)
 - Interaction discontinue
- Ligne de commande
 - Syntaxe complexe
 - Charge cognitive pour rappel des commandes
 - Intervalle important entre action et réponse
 - **Ni les commandes ni les objets** ne sont visibles



```
Terminal — bash — 89x9
ordinateur-de-rodrigo-almeida:~/exemple rodrigo$
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$ █
```

Interaction (historique)

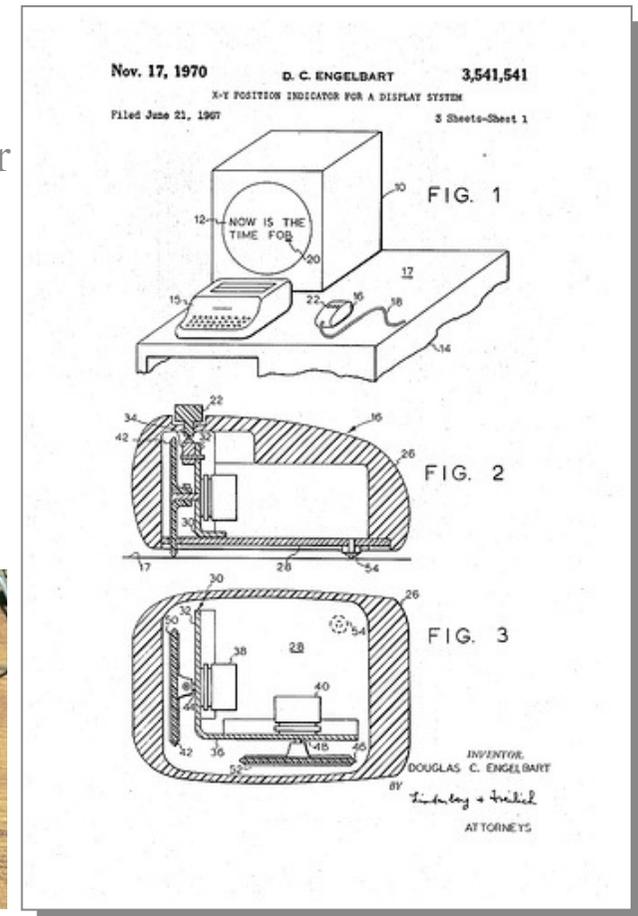
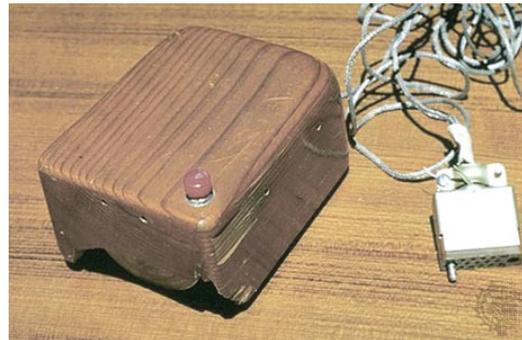
- Années 60 : 2 inventions clés
 - *Sketchpad* (Sutherland, ~1963)
 - Écran cathodique et stylo optique
 - Désignation directe des objets sur l'écran
 - Techniques nouvelles : zoom, feed-back par ligne élastique



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

Interaction (historique)

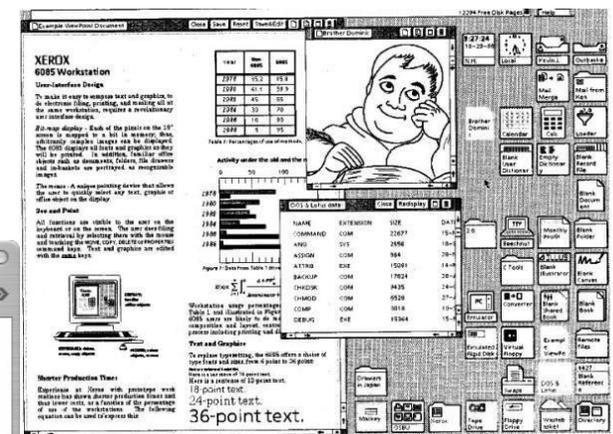
- Années 60 : 2 inventions clés
 - *Sketchpad* (Sutherland, ~1963)
 - Écran cathodique et stylo optique
 - Désignation directe des objets sur l'écran
 - Techniques nouvelles : zoom, feed-back par ligne élastique
 - Souris (Engelbart, 1964)
 - 2 roues : capter le mouvement sur 2 axes
 - Pointage plus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



(Engelbart, *Mouse Patent*, 1970)

Interaction (historique)

- 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)

Dispositifs d'entrée pour le texte

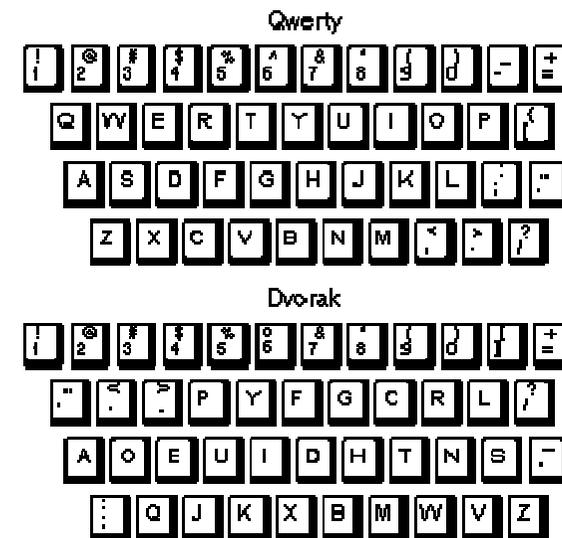
- Le clavier alphanumérique

- L'emplacement des chiffres et des lettres est fixé (AZERTY – QUERTY)
- Les symboles spéciaux changent d'un pays à l'autre
- Le clavier n'est pas optimal pour la saisie
 - ➔ raison historique : la machine à écrire et ses bras métalliques réduire la vitesse de frappe pour empêcher les blocages
- Les mêmes contraintes n'existent plus mais conservation de l'existant ➔ difficile à changer maintenant



Dispositifs d'entrée pour le texte

- Le clavier de DVORAK
 - Même emplacement des touches
 - Mais mapping différent
 - Proposé à partir d'analyses de saisies :
 - Partage des appuis de touche sur les deux mains (56% droite)
 - Les touches importantes sont réunies au centre (70%)
- ➔ 10 à 15% de gain de vitesse
- ➔ Réduction de la fatigue



Dispositifs d'entrée pour le texte

- Le clavier alphanumérique
 - Fonctionnement :
 - Enfoncement d'une touche active un ou plusieurs relais sur un circuit imprimé
 - Le processeur présent sur le clavier reçoit le signal et transmet le code de la touche activée
 - Le système (BIOS IT 16h) récupère ce code
 - Qui est géré par l'OS



Dispositifs d'entrée pour le texte

- Le chord keyboard
 - Peu de touches (4 ou 5)
 - Utilisation de plusieurs touches simultanément
 - Petite taille - portable
 - Apprentissage court (qq heures)
 - Saisie rapide avec une seule main
 - Parfait pour les environnements contraints dans lesquels une seule main est disponible
 - Mais la résistance sociale est importante
 - Employé pour la sténographie (version à 2 mains)
 - Grand marché du *wearable computer*



Dispositifs d'entrée pour le texte

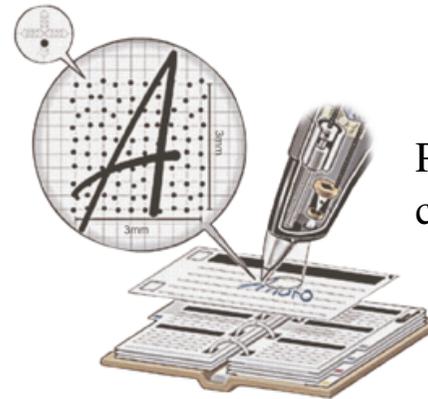
- Le clavier d'un téléphone et le T9
 - Source importante de saisie (SMS)
 - Mais ... c'est un clavier numérique
 - Pour le texte on tape plusieurs fois sur la même touche (3 = d puis e puis f)
 - L'emplacement des lettres est standardisé
Pas la ponctuation
 - 2 modes sont accessibles (lettres ou chiffres)
 - Et l'algorithme T9 :
 - Dictionnaire
 - Complétion automatique
 - Choix de mot



2665687 = 'bonjour'

Dispositifs d'entrée pour le texte

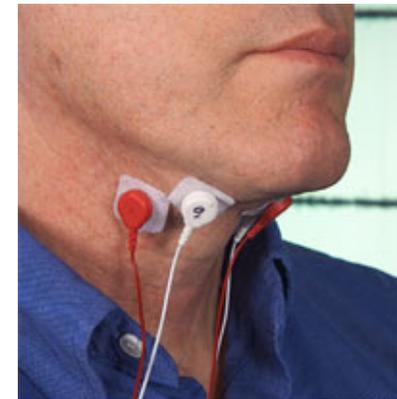
- Reconnaissance de l'écriture manuscrite
 - Manière simple d'interagir avec l'ordinateur
 - Mais ... compliqué à mettre en œuvre
 - Reconnaissance du tracé et non de la forme – traitement temps réel
 - Les écritures sont très différentes d'une personne à l'autre
 - Les lettres changent d'un mot à l'autre
 - La technologie n'est pas mûre, beaucoup d'erreurs
 - Mais ça progresse rapidement



PaperPC
clairefontaine

Dispositifs d'entrée pour le texte

- La reconnaissance vocale
 - Domaine prometteur ... depuis de nombreuses années
 - Toujours très peu utilisée
 - Très attrayant de pouvoir piloter un ordinateur par la voix
 - Taux de reconnaissance de 97% (un mot erroné tous les six mots !)
 - Vocabulaire contraint, Intrusif pour l'entourage, Sensible à l'accent, aux émotions, aux rhumes ...
 - Peut être utilisé dans les environnements contraints en remplacement du clavier



Dispositifs de pointage

- La souris
 - Élément central en interaction homme-machine
 - Dans la famille des périphériques isotoniques
 - Deux techniques pour capter le mouvement :
 - Par boule
 - Optique
 - Les mouvements relatifs sont transmis à l'ordinateur
 - L'OS répercute le mouvement sur le pointeur
 - Idem pour les boutons
 - Le double clic est géré de manière logicielle

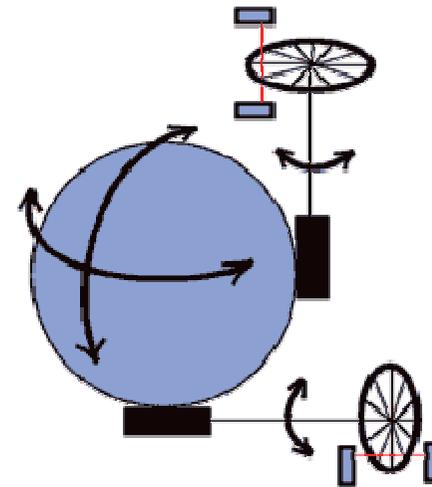


Dispositifs de pointage

- La souris à boule
 - Une boule
 - Des rouleaux
 - Roues crantées
 - Photodiodes
 - LEDs

Captation de la lumière de la LED
par la photodiode

➔ permet de capter un déplacement sur deux axes

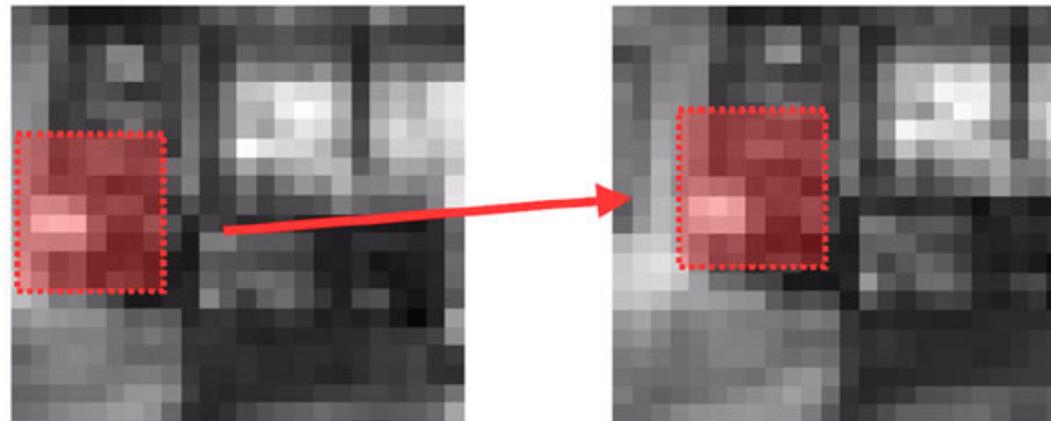
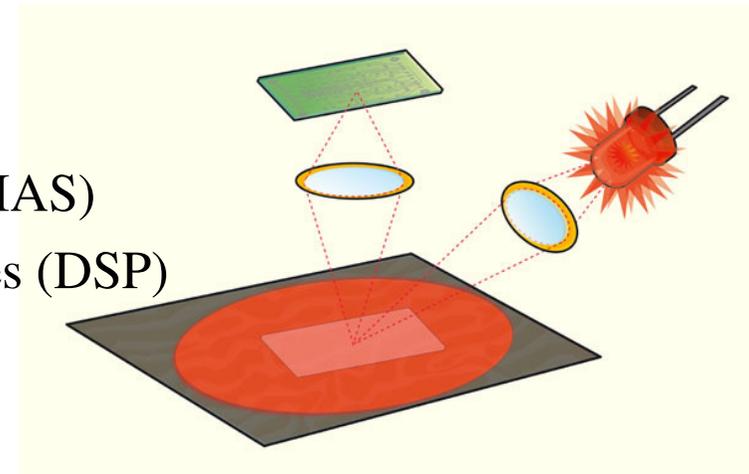


Dispositifs de pointage

- La souris optique

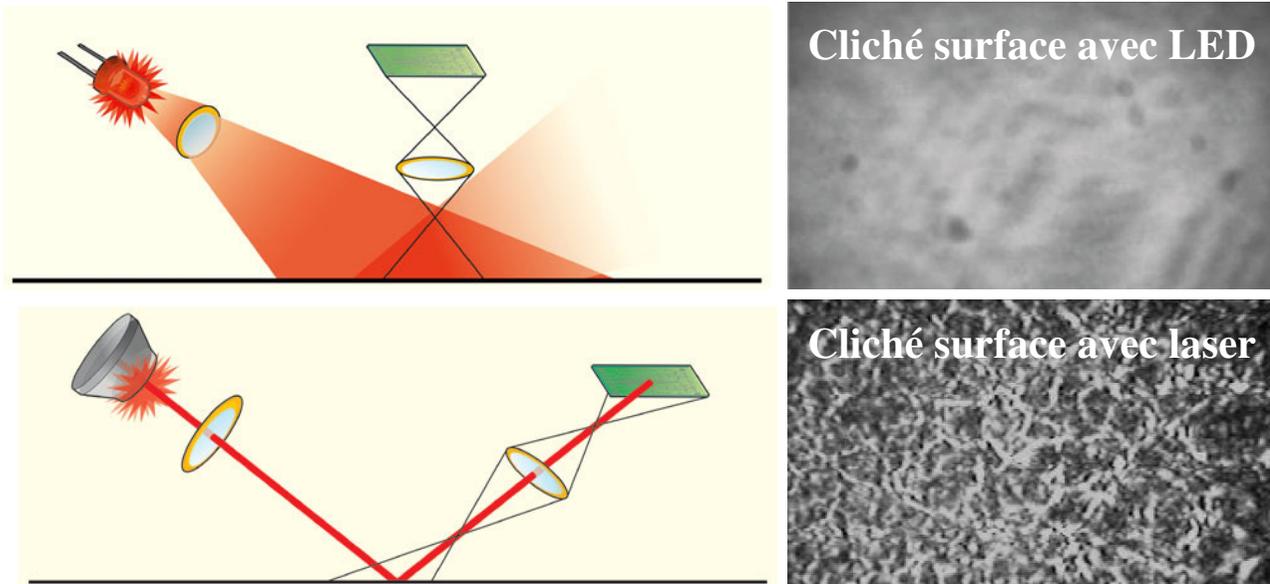
- Une LED
- Un système d'acquisition d'images (IAS)
- Un processeur de signaux numériques (DSP)

Analyse de la surface sur laquelle se déplace la souris

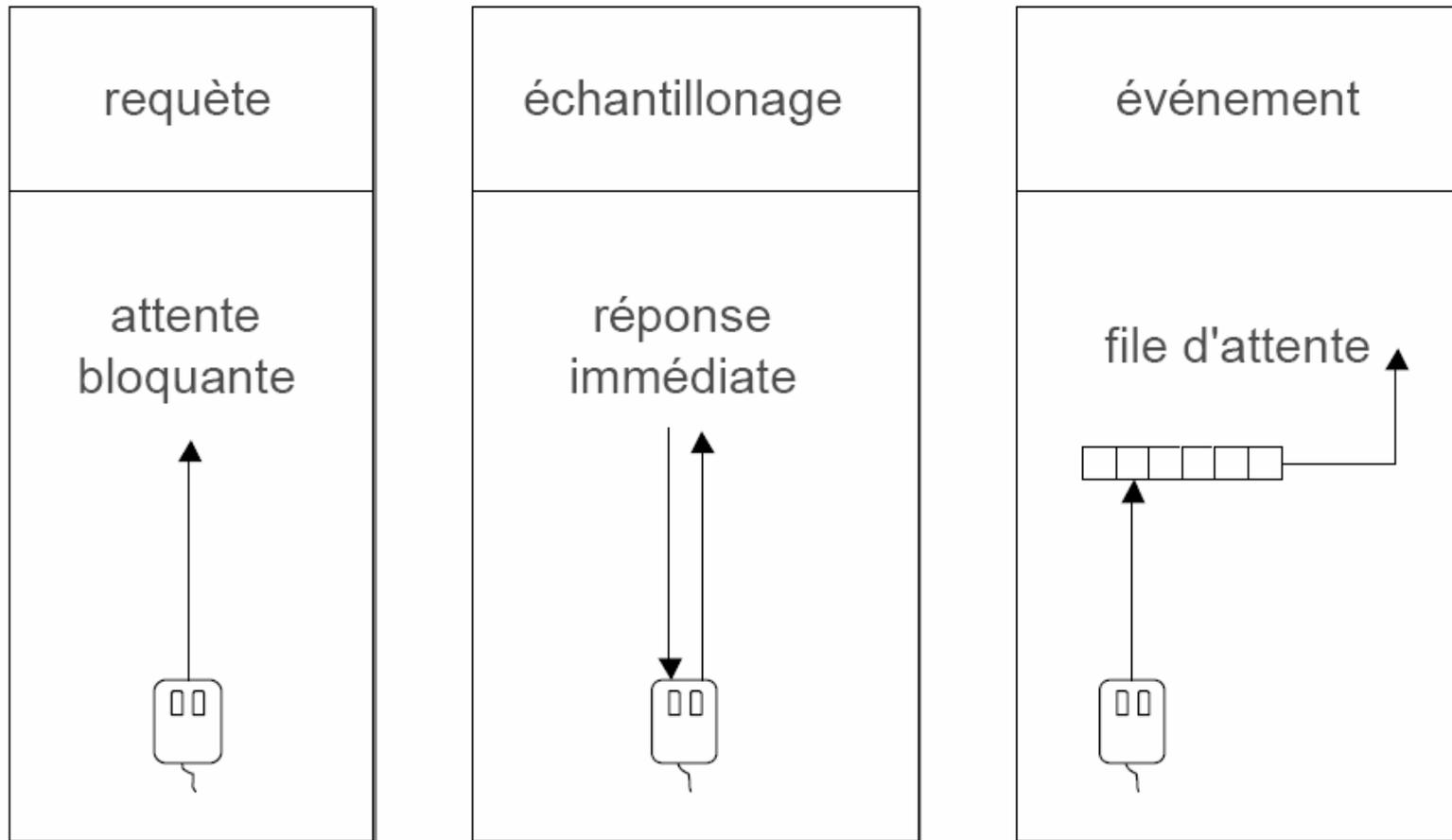


Dispositifs de pointage

- La souris laser
 - Même fonctionnement que la souris optique
 - Mais pourquoi un laser ?
 - Plus précis
 - Peu de contraintes par rapport à la surface

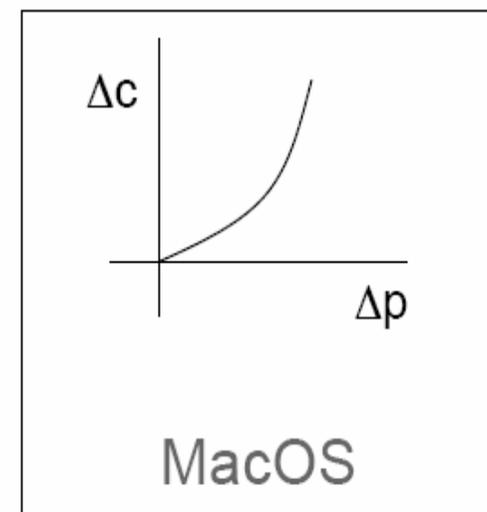
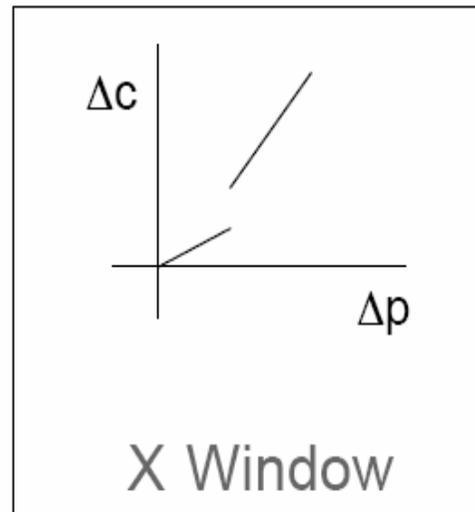
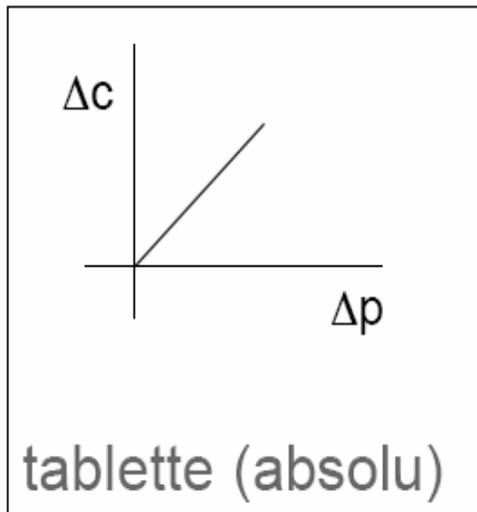


Gestion des périphériques d'entrée



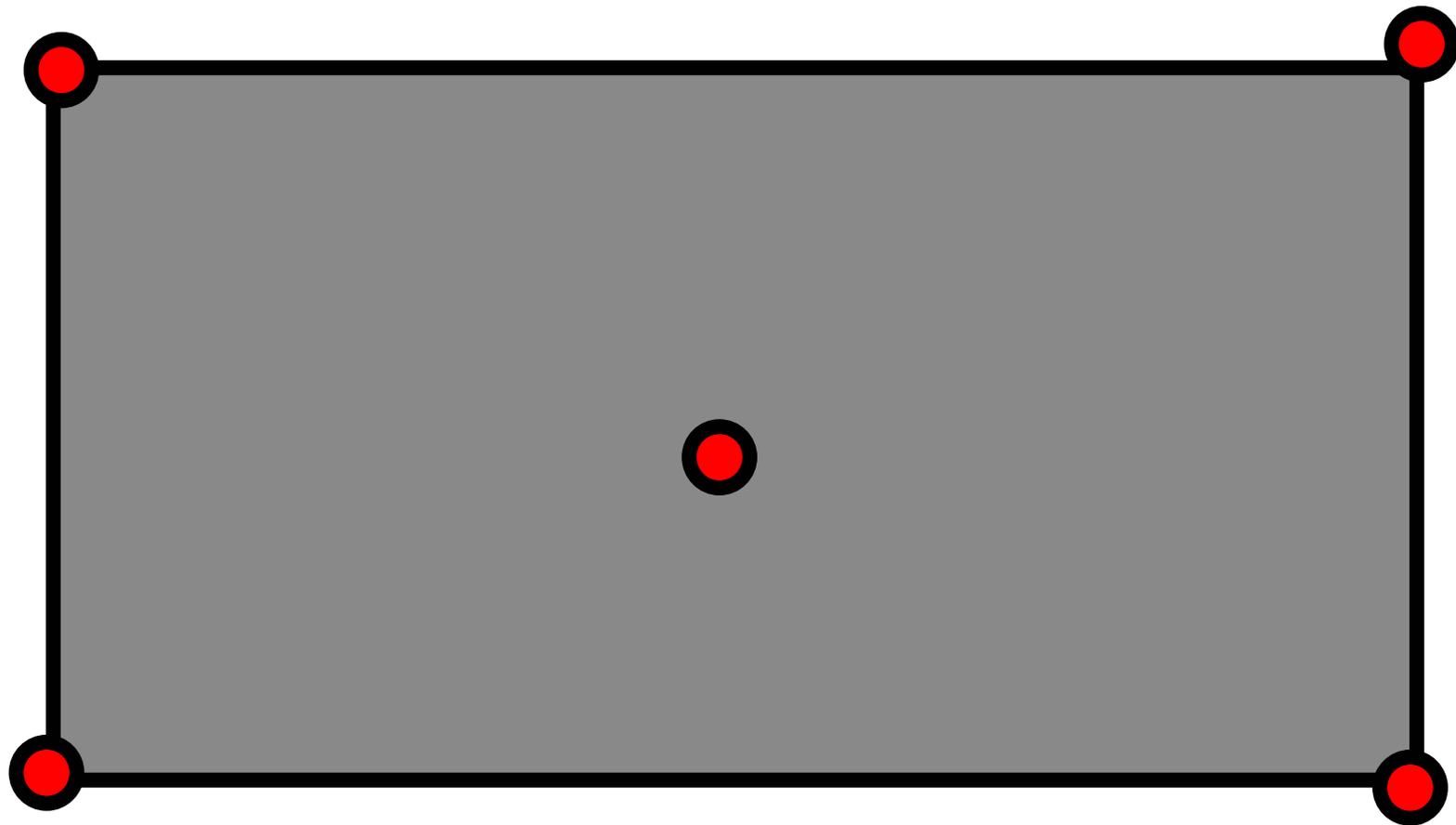
Courbe de réponse de la souris

- Déplacement du curseur en fonction du déplacement du périphérique



Dispositifs de pointage

- Quels sont les 5 points sur lesquels on peut cliquer le plus rapidement ?

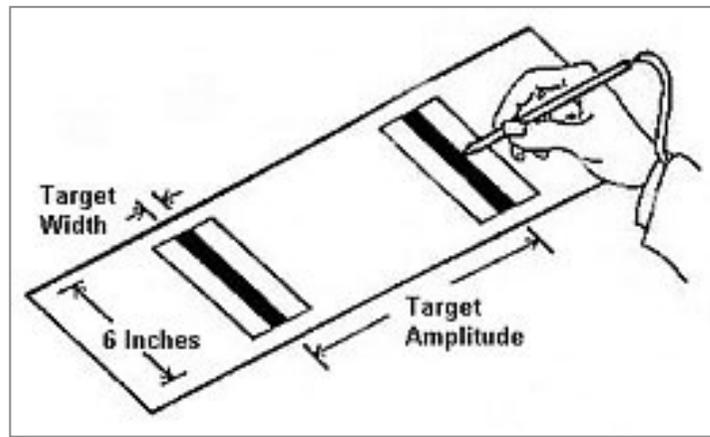


Dispositifs de pointage

- 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 :

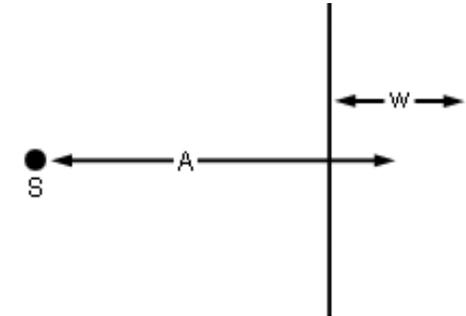
a = temps pour arrêter l'instrument

b = vitesse inhérente de l'instrument

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

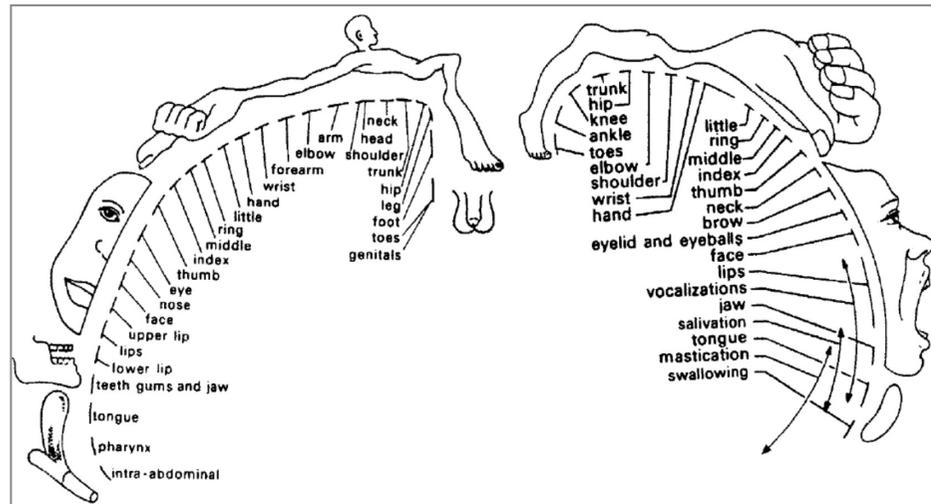
Dispositifs de pointage

- 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

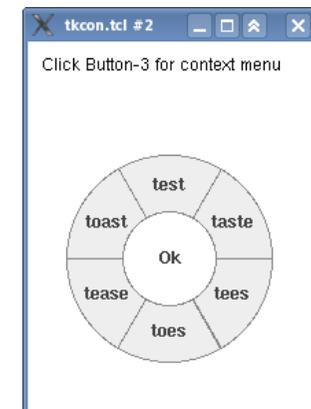


Peut-on la généraliser ?	Restrictions
Populations Pieds, cou et regard Milieu : sous l'eau Trajectoires 2D et 3D	Direction du mouvement Posture du bras Loi de Hick Accélération du curseur

Create New <u>N</u> ote	Ctrl+N
Create New <u>F</u> older	Ctrl+F
Edit / View <u>E</u> ntry	Ctrl+E
Open Folder	
Copy login to the clipboard	
Copy password to the clipboard	
Open URL	
<u>D</u> elete Entry	Ctrl+D



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



Dispositifs de pointage

- Touchpad
- Trackball
- Joystick
- Touchscreen
- Stylet
- Tablette graphique
- Oculométrie



Dispositifs de pointage

- Caractéristiques communes
 - Captation de mouvements 2D continus
- Différences
 - Désignation directe ou par approche
 - Adaptés pour la sélection ou la manipulation (rarement les deux)
- Classification des périphériques :
 - Isométriques : résistance infinie (spaceball)
 - Isotoniques : résistance nulle (souris, touchpad)
 - Élastiques : retour à une position neutre (joystick)

Dispositifs de pointage

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

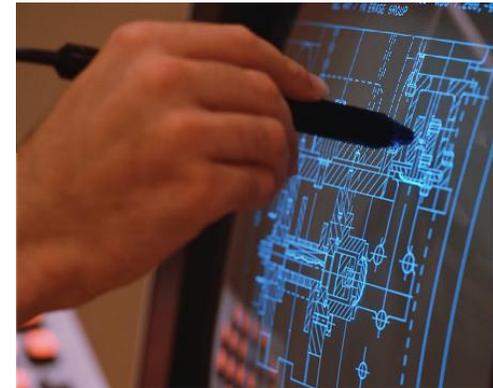


Dispositifs de pointage

- 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

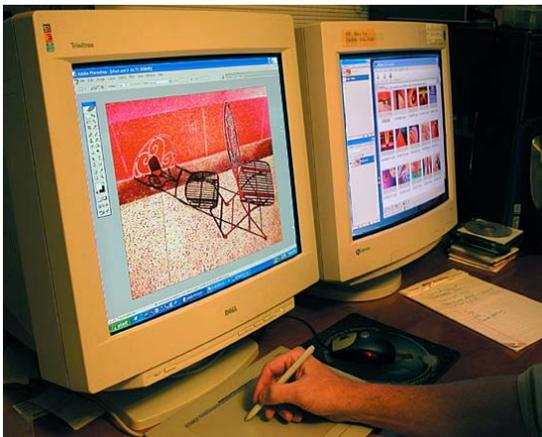
Dispositifs de pointage

- 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



Dispositifs de pointage

- *Directness*
 - Outil intermédiaire : stylo-tablette, stylo ou doigt
 - Correspondance relative impossible sans curseur graphique



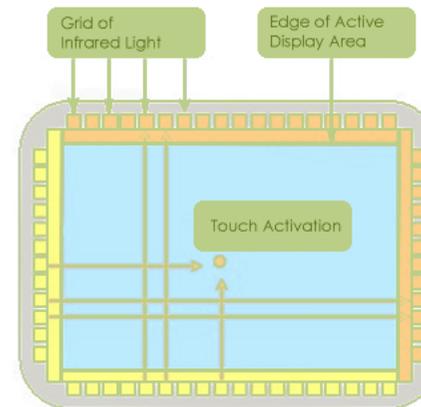
Dispositifs de pointage

- Les écrans tactiles – 3 technologies :

- Résistive



- Infrarouge



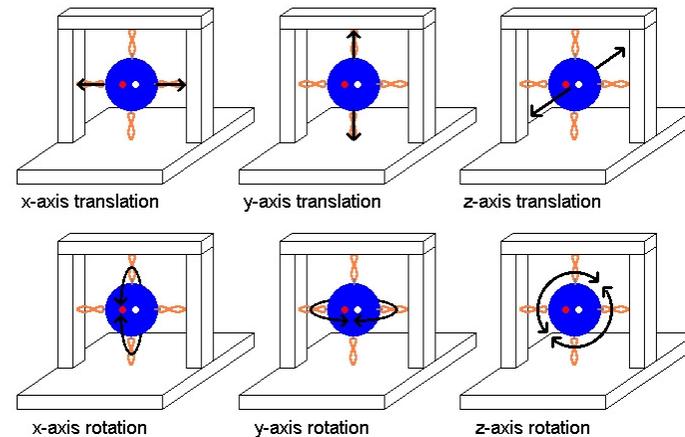
- Capacitive et capacitive projetée

- Mesure de charges électriques à la surface de l'écran

- La deuxième fonctionne sans contact avec l'écran - peut être recouverte d'un blindage

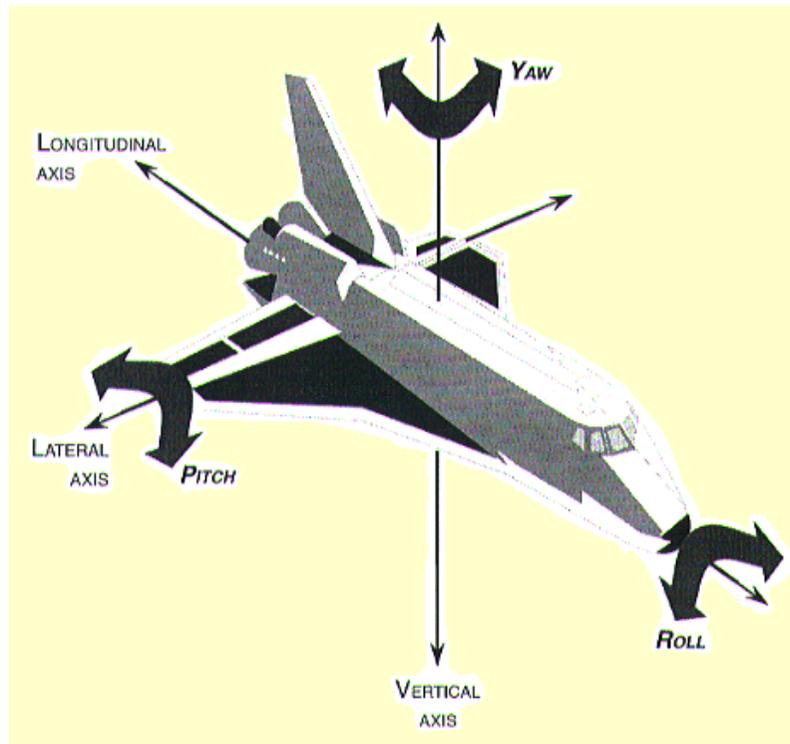
Périphériques 3D

- Positionnement en 3D
 - Mais aussi orientation
 - Et manipulation des objets
 - Sur 6 degrés de liberté
 - Pb : les périphériques classiques ont 2 degrés de liberté
 - Solutions logicielles :
 - Contraindre les mouvements
 - Jeux vidéos type FPS (*First Person Shooter*) : clavier/souris
 - Interaction modale (2 axes à la fois sur chaque « mode », voir technique *Unicam*)
 - Widgets (=dispositifs 3D logiques)



Périphériques 3D

- Le vocabulaire de la rotation en 3D
 - Pour les rotations on prend le vocabulaire de l'aéronautique
 - Correspond bien au mode « fly » de la navigation 3D



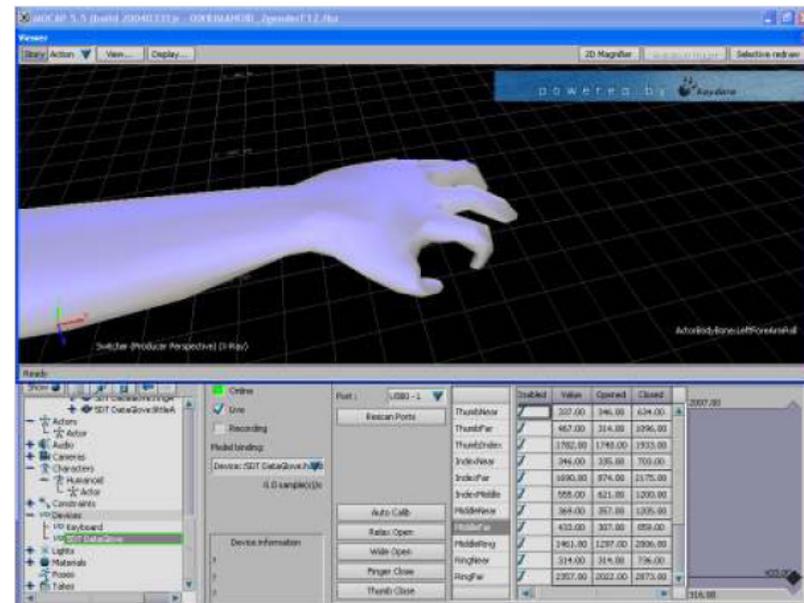
Périphériques 3D

- Solutions matérielles à 6 degrés de liberté
 - Souris 3D et capteurs
 - Navigation peu aisée
 - Plus pour la manipulation métaphores « study »



Périphériques 3D

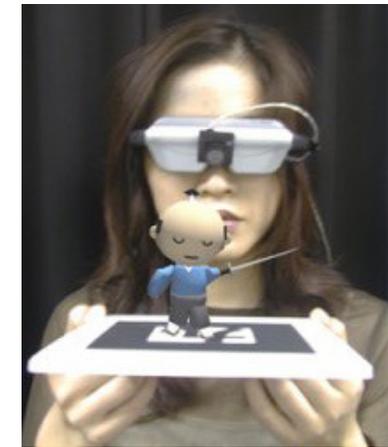
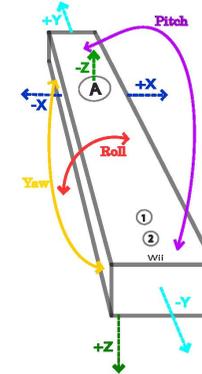
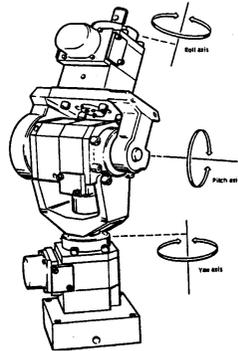
- *Data glove*
 - Positionnement
 - Grammaire de gestes
 - Captation de la flexion des doigts
 - Grande richesse d'interaction



Périphériques 3D

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

Périphériques 3D (récapitulatif)



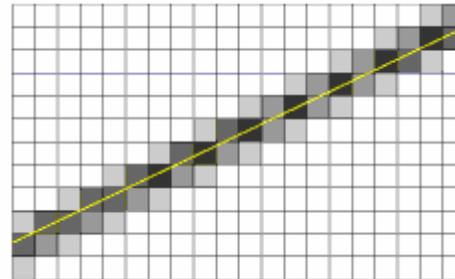
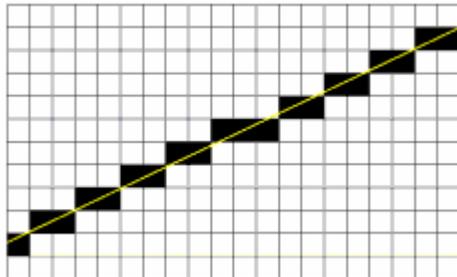
Technique / Critère	Magnétique	Mécanique	Acoustique (outside-in et inside-out)	Inertielle	Optique (outside-in et inside-out)
Portée	1,5m (attachée)	variable (encombrant)	petite	illimitée	petite
Latence	-	peu	-	peu	dépend : caméra et algorithme
Bruit	métal, magnétique	non	acoustique de la pièce	beaucoup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

Périphériques d'affichage

- Bitmap, résolution et couleur
 - Quasi-totalité des dispositifs actuels
 - Nombreux points colorés dans une grille rectangulaire
 - Le nombre de couleurs dépend du nombre de composantes et de leur codage (nb de bits par composante)
 - Une composante monochrome sur 3 bits = 8 niveaux de gris
 - Trois composantes RVB sur 8 bits = 256 niveaux par couleur primaire
 - Deux définitions pour la résolution :
 - Le nombre de pixels : VGA (640x480), SVGA (800x600), XGA (1024x768), SXGA (1280x1024), UXGA (1600x1200), ...
 - La densité de pixels : en *dot per inch* (dpi)

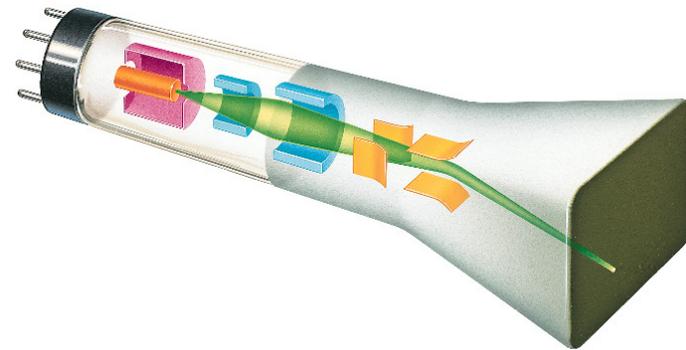
Périphériques d'affichage

- Densité de pixels et aliasing
 - Les résolutions actuelles des écrans sont d'environ 100 dpi
 - Cela ne permet pas d'éliminer les discontinuités d'un pixel à l'autre → nous pouvons les voir
 - Comme ils sont carrés, cela induit un effet d'escalier
 - Besoin de flouter (antialiasing)
 - A 300 dpi nous ne voyons plus les discontinuités

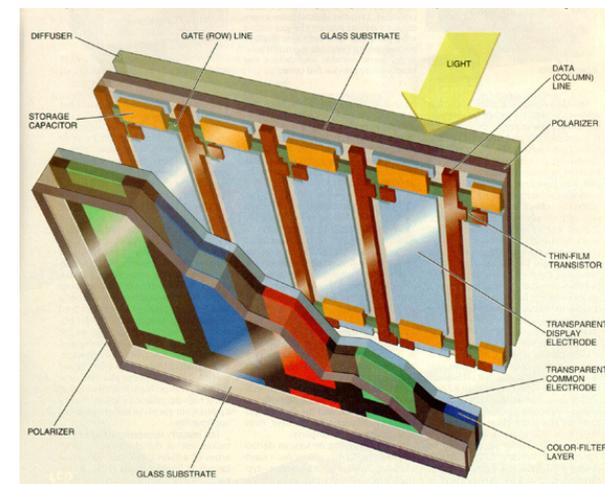


Périphériques d'affichage

- CRT vs LCD
 - CRT = Cathode Ray Tube
 - Scintillement
 - Peu lumineux
 - Temps de réponse rapide
 - Peu coûteux
 - LCD = Liquid Crystal Display
 - Moins de scintillement
 - Plus lumineux
 - Visibilité plus réduite
 - Temps de réponse moyen
 - Plus cher

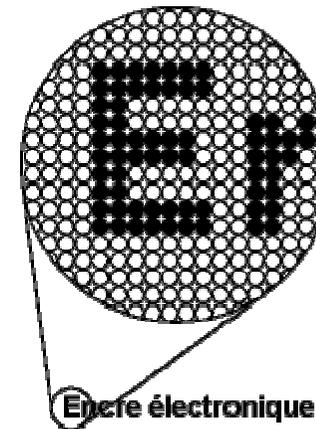
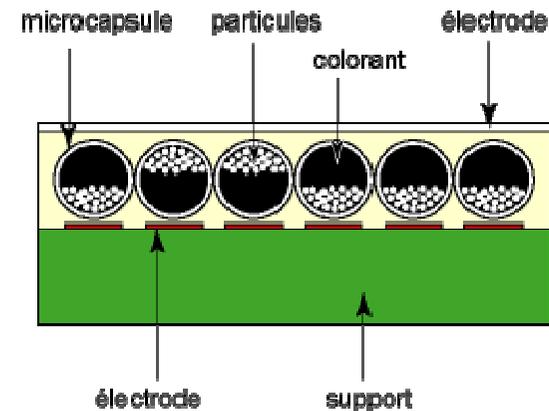


Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.



Périphériques d'affichage

- Papier électronique
 - Matériel flexible
 - Affichage électronique
 - Peut être débranché et garder les informations
 - Fonctionnement :
 - Microcapsules remplies de particules polarisées
 - Elles poussent un colorant noir vers le haut ou vers le bas en fonction de leur polarisation
 - Principale utilisation : livres et journaux électroniques

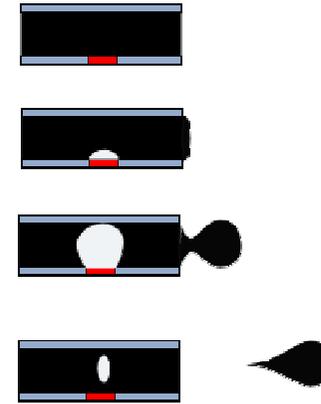


Périphériques d'affichage

- Imprimantes

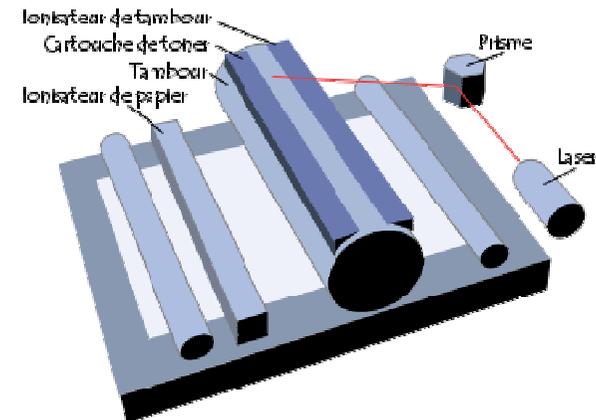
- Jet d'encre

- Le principe : un fluide chauffé produit des bulles
 - Nombreuses buses chauffées à 300 ou 400°C
 - Chaque buse produit une gouttelette



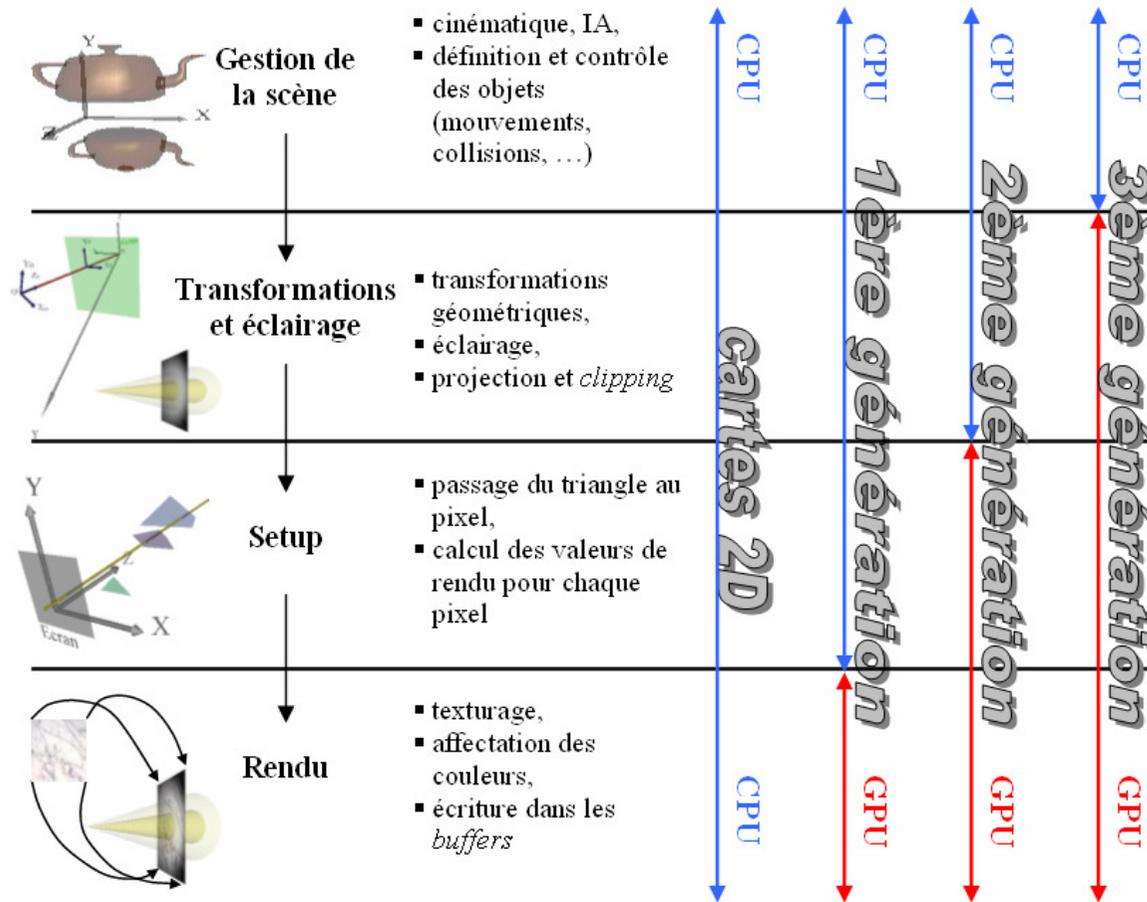
- Laser

- Papier chargé $+$ par un ionisateur
 - Le laser charge $+$ certains points du toner
 - La poudre d'encre (toner) chargée $-$ se dépose que sur ces points
 - En tournant, le tambour dépose l'encre sur le papier qui est ensuite chauffé



Matériel pour la 3D

- La carte 3D (GPU – *Graphical Processor Unit*)



Périphériques d'affichage avancé

- Dispositifs immersifs :
 - *Cave*, *Visionstation*, casque *HMD*



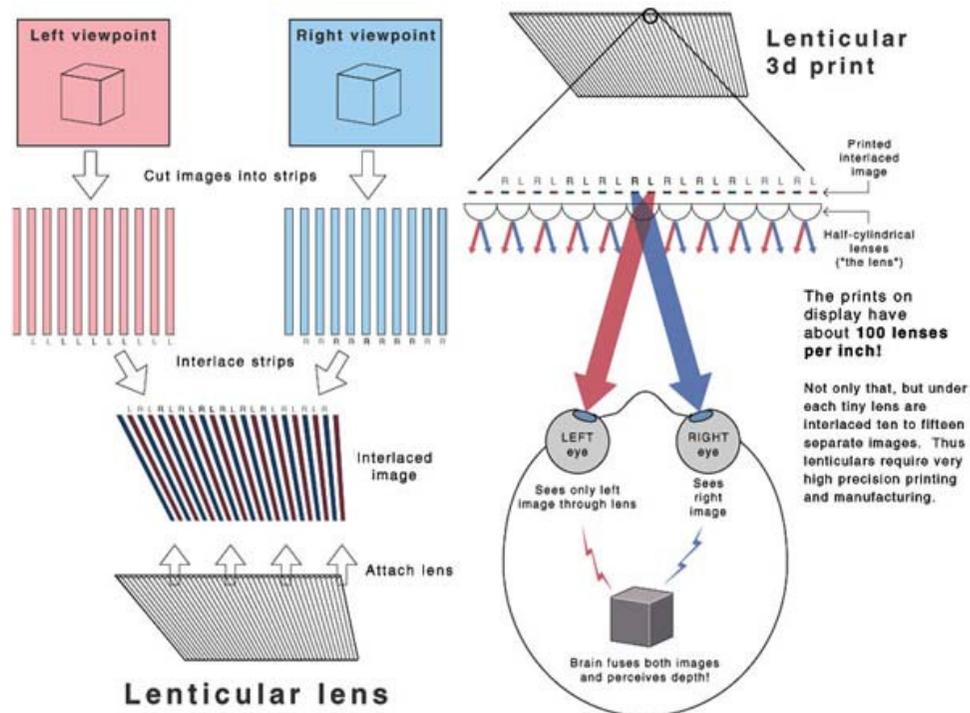
Périphériques d'affichage avancé

- Objectifs des dispositifs immersifs :
 - sensation d'immersion (stéréoscopie),
 - faciliter la compréhension de l'espace virtuel,
 - tirer profit du champ de vision humain.



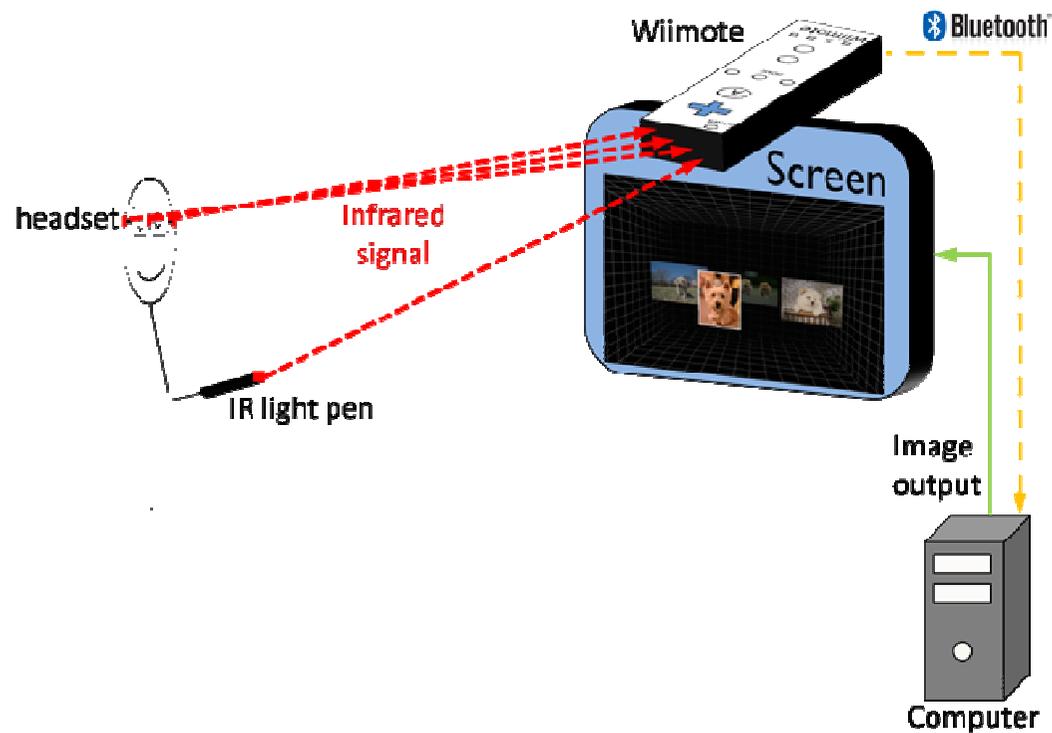
Périphériques d'affichage avancé

- Ecrans réticulés



Périphériques d'affichage avancé

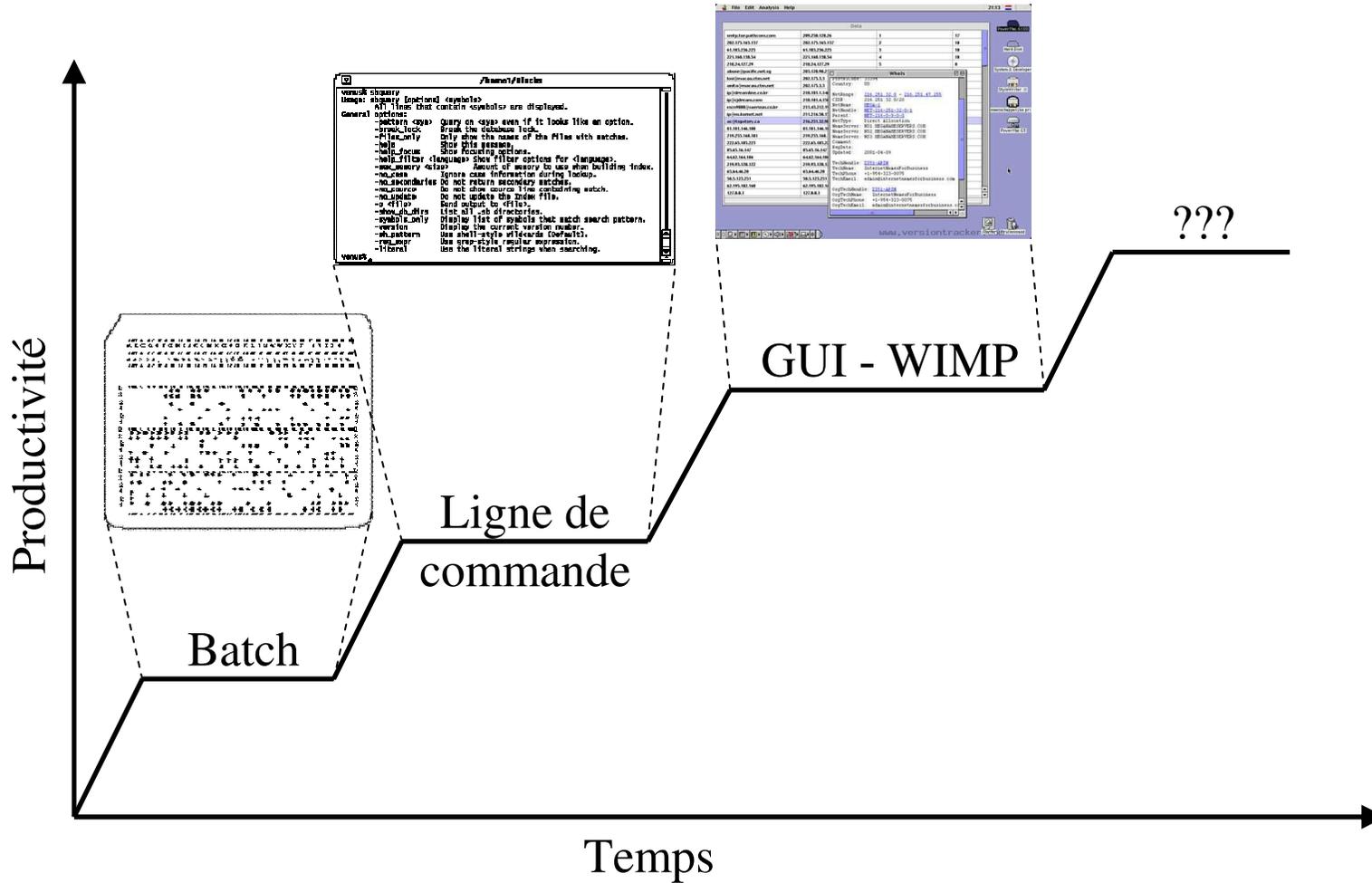
- Prise en compte de la parallaxe motrice (voir vidéo de Johnny Chung Lee)



Autres capteurs

- Capteurs physiques – ce qui caractérise un environnement
 - Capteur de température (dans les chaudières)
 - Capteur de présence (alarmes, portes automatiques, ...)
 - Capteur de pression (appareil électroménagers, ...)
 - Capteur de position (GPS)
 - ...
 - Capteurs biologiques – ce qui caractérise un humain
 - Température corporelle
 - Empreintes digitales
 - Gestes employés pour déplacer la souris
 - Fréquence de frappe des touches d'un clavier
- ➔ Ce peuvent être des entrées d'un système interactif

L'interaction à travers les âges



Ubiquité – Smart objects



Limitations des machines

- Calculs
 - Assez rare pour un programme classique
 - Importance de donner une indication de durée
- Stockage
 - Choisir une méthode de compression rapide si les données doivent être consultées souvent
- Graphique
 - Le goulot d'étranglement le plus courant dans les interfaces modernes (surtout 3D)
- Réseaux
 - Bande passante pour le partage massif de données