Interaction homme-machine

Michel Beaudouin-Lafon
Laboratoire de Recherche en Informatique
Université de Paris-Sud / CNRS URA 410

mbl@lri.fr
http://www-ihm.lri.fr

Système interactif

- Système informatique

Représentation perceptible d'une partie de l'état interne

Prise en compte des entrées au cours de l'exécution pour modifier l'état interne

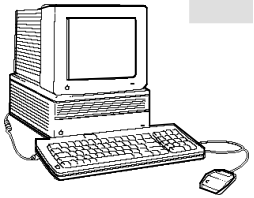
- Système ouvert

dépendances entre sorties et entrées inaccessibles au système

Interaction homme-machine

Interaction

phénomène que l'on souhaite contrôler



capacités de perception, d'action, de cognition

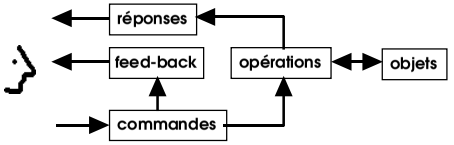
capacités de stockage, de calcul, d'entrées/sorties

Environnement

physique, organisationnel, social, etc.

Modèle conceptuel

- Modèle du fonctionnement du système :

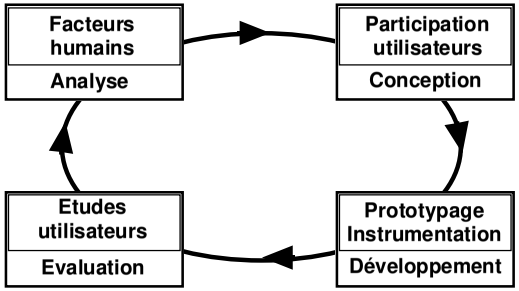


- Idéalement : modèle mental de l'utilisateur

Conception des systèmes interactifs

- **Importance des facteurs humains**
  - absence de théories constructives ou qualitatives
- **Aspect chaotique de la conception**
  - petit changement, grands effets
- **Nécessité d'une approche itérative**
  - approche empirique (essais-erreurs)
  - cycle de vie en spirale

Conception centrée sur l'utilisateur



Historique rapide

Points de repères
Styles d'interaction

Points de repère

- **Memex (Vannevar Bush, 1945)**
  - système hypertexte
- **Sketchpad (Ivan Sutherland, 1963)**
  - manipulation directe de formes géométriques
- **NLS/Augment (Douglas Engelbart, 1968)**
  - travail collaboratif, partage de documents, visio-conférence

Points de repère

- **Star (Xerox PARC, 1981)**
  - station de travail et environnement de programmation graphiques
- **Macintosh (Apple, 1984)**
  - ordinateur personnel graphique
- **X Window System (MIT, 1985)**
  - plate-forme graphique pour Unix
- **World-Wide Web (CERN, 1990)**
  - modèle hypertexte en réseau

Styles d'interaction

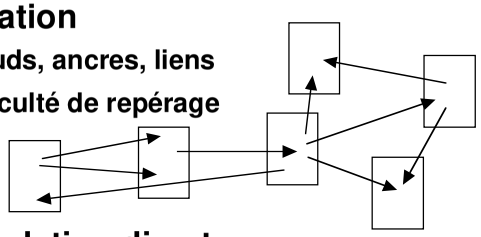
```
% date
Lun 8 Decembre
%
```

- **Conversationnel**
  - langage de commandes
  - dialogue imposé par le système
- **Menus, formulaires**
  - guidage du système
  - dialogue contrôlé par le système

```
Nom : ..............        1 - chercher
Prénom : ............        2 - créer
N° dossier : ........        3 - détruire
```

Styles d'interaction

- **Navigation**
  - nœuds, ancres, liens
  - difficulté de repérage



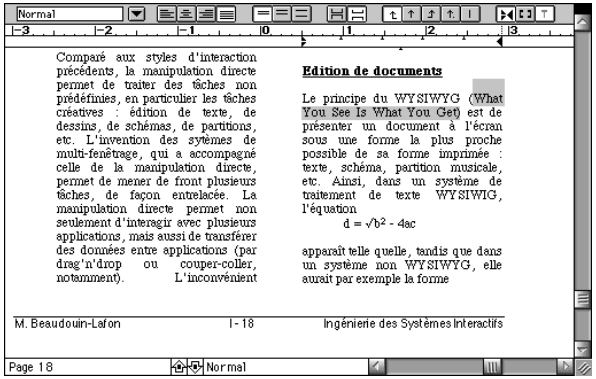
- **Manipulation directe**
  - actions physiques sur des représentations d'objets
  - inspire toutes les interfaces actuelles

Styles d'interaction

- **Edition de documents**
  - dialogue contrôlé par l'utilisateur

WYSIWIG

What You See Is What You Get



Styles d'interaction

- **Interaction iconique**
  - interface générique
  - approche métaphorique
  - "drag-and-drop"

Styles d'interaction

- **Reconnaissance de traces**
  - interfaces à stylo
- **Réalité virtuelle**
  - immersion sensori-motrice de l'utilisateur dans le système
- **Réalité augmentée**
  - intégration de capacités de traitement de l'information dans des objets physiques

Aspects humains

Eléments de psychologie appliquée aux systèmes interactifs

- Perception
- Action
- Cognition

Couplage action-perception

- **Agir pour percevoir**
  - perception de la profondeur par des mouvements de la tête
  - perception de la texture en déplaçant le doigt à la surface de l'objet
- **Percevoir pour agir**
  - ajuster les mouvements du bras pour saisir un objet

La vue

- Champ visuel de 180º
- Focus d'attention
  - acuité visuelle : 0.04mm à 50cm
- Perception périphérique
  - moins sensible aux couleurs, plus sensible aux mouvements
- Perception de la couleur, du mouvement, de la profondeur

L'ouïe

- Très grande gamme de sensibilité
- Entendre sans écouter
  - effet cocktail-party
- Effets de masquage
  - distance entre sources, intervalle de fréquence, etc.
- Localisation d'une source
  - corrélation avec la localisation visuelle

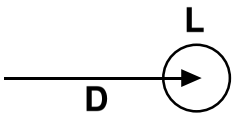
Le toucher

- Sens tactile
  - température, pression (texture), douleur
- Sens proprioceptif
  - configuration du corps dans l'espace, donc de la forme d'un objet
- Sens kinesthésique
  - perception de l'effort des muscles, donc de la résistance d'un objet

Système moteur

- Loi de Fitts : temps de pointage
  - $t = 0.1 \log 2D/L$

D (cm)	L (cm)	t (s)
10	1	0.4
10	0.1	0.8
30	0.5	0.7



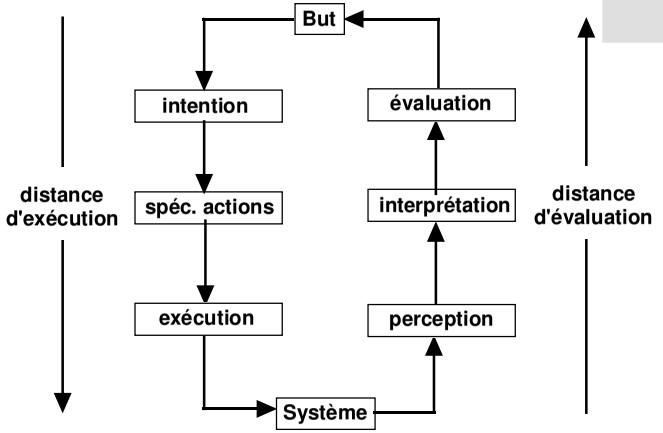
- Bi-latéralisation
  - main non-dominante : situe le contexte
  - main dominante : agit dans le contexte

Mémoire et apprentissage

- **Mémoire à court terme**
  - mémoire de travail
  - capacité de quelques unités (7±2)
  - durée de stockage de 10 à 30s
- **Mémoire à long terme**
  - capacité infinie
  - durée de stockage illimitée
  - accès associatif
- **Apprentissage par répétition**

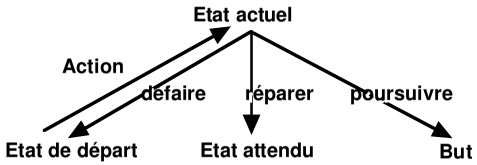
Résolution de problèmes

Théorie de l'action



Résolution de problèmes

- **Stratégies en cas d'erreur**



- **Modèles mentaux**
  - représentations mentales permettant de résoudre les problèmes

Aspects informatiques

- Périphériques d'entrée-sortie
- Outils de développement

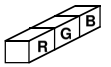
Ecrans

- Ecrans cathodiques ou LCD
- Ecrans bitmap
  - résolution : pixels par inch
  - profondeur : bits par pixels
  - rafraichissement : image par seconde
  - taille mémoire (1024x1024 pixels) :

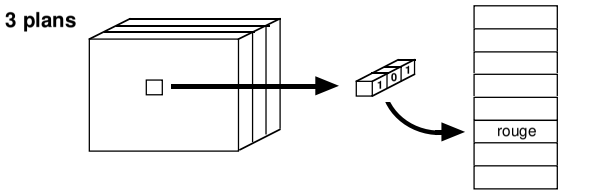
1bit / pixel	128 Ko	2 couleurs
8bits / pixel	1 Mo	256 couleurs
24 bits / pixel	3 Mo	16 millions de couleurs

Ecrans

- Couleurs directes



- Tables de couleurs



Périphériques d'entrée

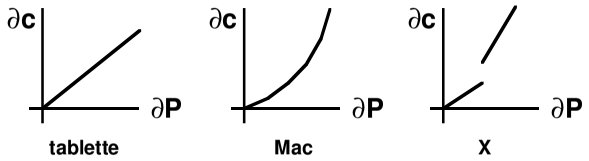
- Claviers, Boites à boutons
- Potentiomètres (rotatifs, linéaires)
- Souris, Tablettes,
  Manches à balai, Boules
- Ecrans tactiles, Crayons optiques
- Capteurs de position
  et de direction
- Dispositifs simulés

Périphériques de localisation

- Absolu / Relatif
  - tablette, écran tactile, crayon optique
  - souris, joystick, trackball
- Direct / Indirect
  - écran tactile, stylo optique
  - tablette, souris, joystick, trackball

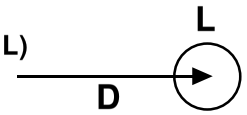
Périphériques de localisation

- **Control-to-Display Ratio**



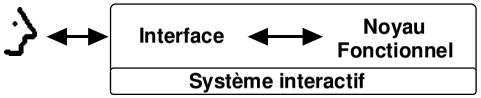
- **Loi de Fitts**

  $t = 0.1 \log (2D / L)$



Architecture logicielle

- **Décomposition modulaire**



- **Outils de développement**

  concernent la partie interface :

  librairies graphiques

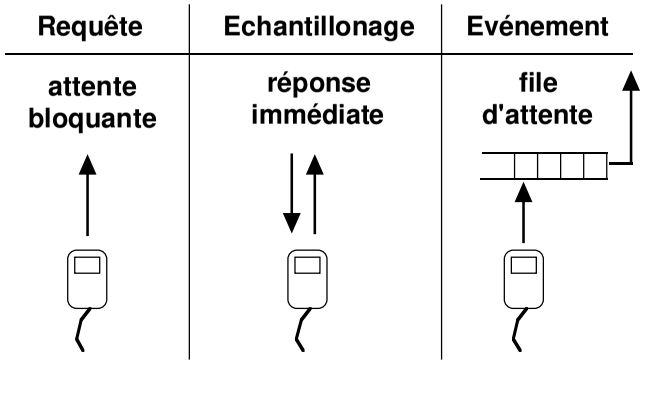
  systèmes de fenêtrage

  boîtes à outils

Librairies graphiques

- **Modèles de dessin**
  - dessin direct : peinture de formes
  - dessin structuré : arbre d'objets
- **Définitions des objets graphiques**
  - attributs géométriques
  - attributs graphiques
- **Librairies graphiques**
  - Xlib, OpenGL, QuickDraw, etc.

Gestion des entrées



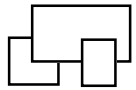
Systèmes de fenêtrage

- Structurer l'espace d'affichage
- Partager la ressource écran
- Gestionnaire de fenêtres
  - interface utilisateur du système de fenêtrage
- Fenêtre = zone autonome
  - pour l'affichage
  - pour les entrées

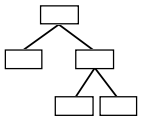
Modèles de fenêtrage

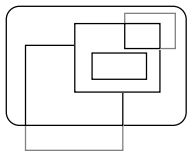
- Sans superposition

- Avec superposition



- Hiérarchique





Modèle de dessin

- Dessin direct
- Problème : réaffichage des parties cachées
  - par le système de fenêtrage
    - nécessite de mémoriser le contenu des fenêtres
  - par les applications
    - nécessite de communiquer les demandes de réaffichage aux applications

Gestion des entrées

- Terminaux virtuels
  - Une fenêtre appartient à une application
  - Une application dessine dans ses fenêtres
  - Une application reçoit les événements qui se produisent dans ses fenêtres
- Notion de focus
  - La fenêtre qui reçoit les événements d'un périphérique à l'instant t

Nouveaux événements

- **Liés aux périphériques**
  - changement de focus
  - entrée / sortie du curseur dans une fenêtre
- **Liés aux fenêtres**
  - demande de réaffichage
  - création, destruction, etc.
  - autres

Boîtes à outils d'interface

- **Abstraction : le widget**
  - Objet interactif : bouton, menu, barre de défilement, boîte de dialogue, etc.
- **Arbre de widgets**
  - nœuds = widgets conteneurs
  - feuilles = widgets simples
  - imbrication géométrique d'un widget dans son widget parent

Placement des widgets

- **Gestionnaires de géométrie**
  - placement dynamique des fils d'un nœud de l'arbre des widgets
- **Contraintes :**
  - taille naturelle de chaque fils
  - taille imposée par le parent
  - contraintes de placement
- **Type de placement**
  - grille, formulaire, etc.

Facettes d'un widget

- **Présentation**
  - aspect graphique du widget
  - ressources paramétrables
- **Comportement**
  - réaction aux actions de l'utilisateur
  - peu ou pas paramétrable
- **Interface d'application**
  - notification des changements d'état

Interface d'application

- **Fonctions de rappel**

  enregistrées dans le widget à sa création

  OK —— DoPrint (...) {...}

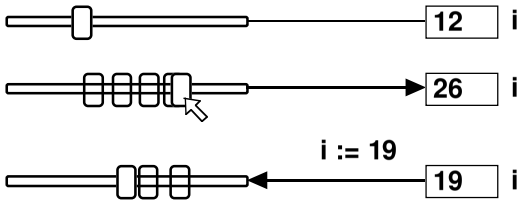
  appelées par le widget lorsqu'il est activé

  OK → DoPrint (...) {...}

Interface d'application

- **Valeurs actives**

  lien bi-directionnel entre une variable d'état du widget et une variable du noyau fonctionnel



Interface d'application

- **Evénements ou messages**
- association d'un objet à un widget ou à un type de message

  OK —— PrintDialog

  envoi du message vers l'objet lorsque le widget est activé

  OK —e→ PrintDialog.GetEvent (e)

Boîtes à outils

- **X toolkit / Motif**

  X11 / langage C

  fonctions de rappel

- **Tcl/Tk**

  X11, Mac, PC / langage Tcl

  fonctions de rappel, valeurs actives

- **AWT**

  X11, Mac, PC / langage Java

  messages