

# Interaction homme-machine

MASTER INFORMATIQUE

2ème année, PLS et EID<sup>2</sup>

Catherine Recanati

Université de Paris 13

# Organisation du cours

- Premiers cours : 1- Introduction, vocabulaire, généralités, contours du domaine, 2 et 3- Historique des technologies de l'interaction Homme/Machine, et 4- Règles ergonomiques pour la conception d'IG.
- Cours suivants : exposés des étudiants (3 ou 4 exposés par séance).
- Examen le 25 mars. Questions de synthèse ou portant sur les exposés. Prenez des notes !!

# **Vous avez dit IHM ?**

## **I H M**

- **Interface Homme – Machine**
- **Interaction(s) Homme – Machine**

mais aussi

- **CHM: Communication Homme – Machine**
- **DHM: Dialogue Homme – Machine**
- **IPM: Interaction Personne – Machine**

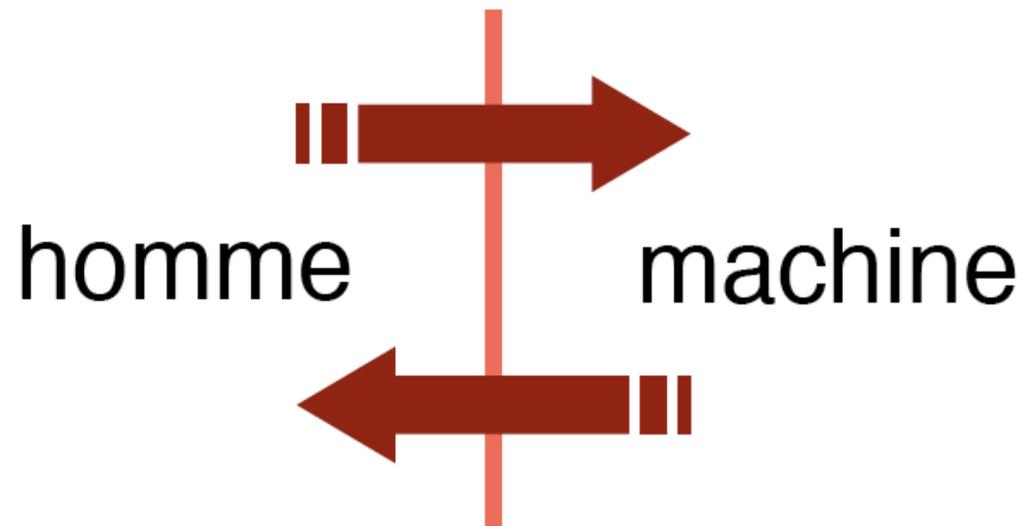
# **Vous avez dit IHM ?**

**En anglais**

- **UI - User Interface**
- **GUI - Graphical User Interface**
- **HMI - Human-Machine Interface**
- **HCI - Human-Computer Interaction**
- **...**

# Interface Homme-Machine (1970)

Ensemble des **dispositifs matériels et logiciels** permettant à un utilisateur d'interagir avec un système interactif



⇒ UI, GUI, Interface Graphique (écran/clavier/souris)

⇒ IHM = langage d'entrée, de sortie, gestion de l'interaction <sup>5</sup>

# Communication Homme-Machine

Etude de la **conception** des systèmes informatiques interactifs

- ⇒ contrôle aérien, centrale nucléaire : sécurité
- ⇒ bureautique : productivité
- ⇒ jeux : engagement des utilisateurs

# Les interactions homme-machine



## Interaction

phénomène que l'on souhaite contrôler



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

capacités de perception  
d'action, de cognition

## Environnement

physique, organisationnel, social, etc.

# Interaction Homme-Machine (1980)

On va parler alors de la *Psychologie* de l'interaction homme-machine, et on va essayer de la modéliser, en modélisant le système interactif global (système informatique + l'utilisateur).

IHM = Interaction Homme-Machine

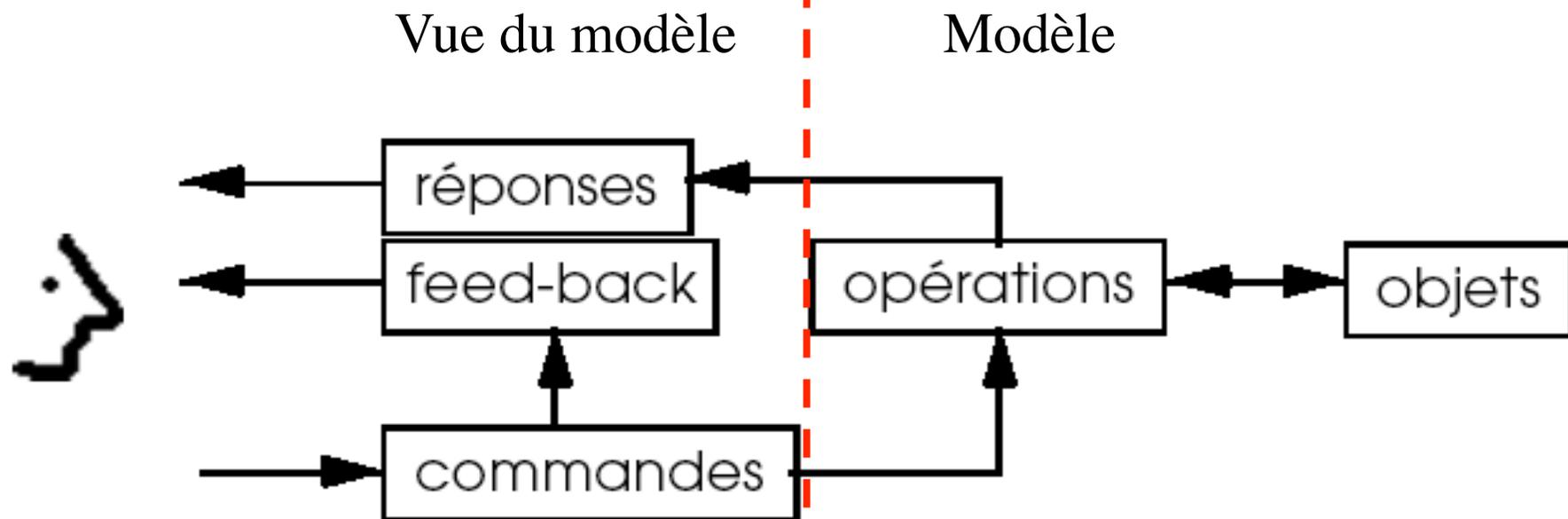
= Discipline englobant l'ensemble des aspects de **la conception**, de **l'implémentation** et de **l'évaluation** des systèmes informatiques interactifs

# Systeme (informatique) interactif

- « prend en compte les entrées de manière interactive »
- **il fournit à l'utilisateur**, lors de son exécution, **une représentation perceptible d'une partie de son état interne**, afin que ce dernier puisse le modifier en fournissant des entrées.
  - **les entrées permettent de modifier l'état interne du système**, et il y a ainsi interaction: les entrées fournies par l'utilisateur dépendent des sorties produites par le système et inversement.
  - le système est **ouvert** : les dépendances entre entrées et sorties sont inaccessibles au système.

# Modèle conceptuel

- Modèle du fonctionnement du système (ici un système à base de commandes)



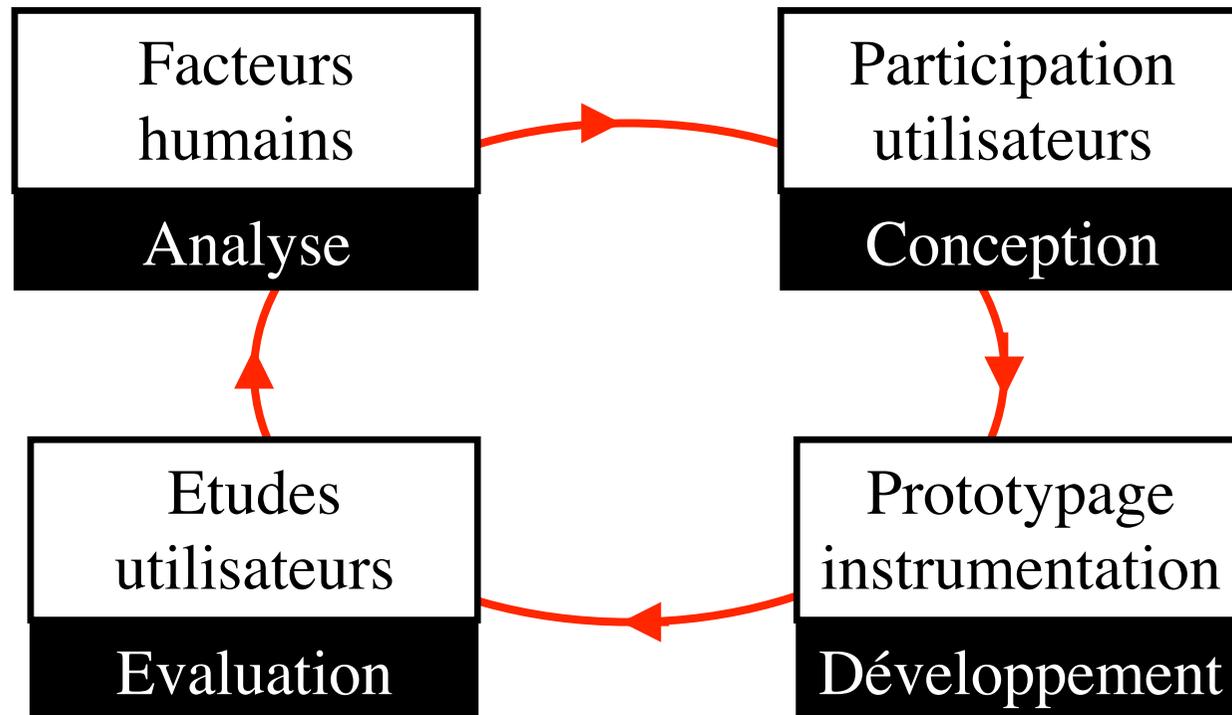
- Modèle mental de l'utilisateur (idéalement)

# Conception des systèmes interactifs

- Importance des **facteurs humains** (human factors)
  - absence de théories constructives ou qualitatives
  - apports de la psychologie expérimentale
- Aspect chaotique de la conception.
  - petits changements, grands effets
- Nécessité d' une approche itérative
  - approche empirique (essai- erreur)
  - cycle de vie en spirale

# Conception centrée sur l'utilisateur

- centrée sur l'homme (ou encore anthropocentrée qui s'oppose à technocentrée). En anglais User Centered Design.



# **L'ergonomie au centre de l'Interaction Homme-Machine**

# Définition de l'Ergonomie: Science du travail et des activités humaines

- Ergon (travail) et nomos (règles)
- prise en compte des facteurs humains

Elle vise la compréhension des interactions humains/ système et concerne

- **Optimisation du bien-être** des personnes et **de la performance** globale des systèmes qui doivent être:
  - Efficaces
  - Fiables, sûrs
  - Favorables à la santé de leurs utilisateurs
  - Favorables au développement de leurs compétences<sup>4</sup>

Définition donnée par la S.E.L.F. (Société d' Ergonomie de Langue Française):

« L'ergonomie (ou l'étude des facteurs humains) est la discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les êtres humains et les autres composantes d'un système, et la mise en œuvre dans la conception de théories, de principes, de méthodes et de données pertinentes afin d'améliorer le bien-être des hommes et l'efficacité globale des systèmes » (2001)

# L'ergonomie au centre de l'Interaction H-M

- Définition du métier d'Ergonome: **Métier** contribuant à la planification, la conception, l'évaluation et la correction
  - des tâches
  - des emplois
  - des produits
  - des organisations

en compatibilité avec les **besoins**, les **capacités** et les **limites des personnes**

# Objectifs de l'ergonomie

- **Objectifs centrés sur les personnes**

- Santé
- Sécurité
- Confort, facilité d'usage, satisfaction, plaisir

=> comment concevoir des systèmes qui favorisent le développement de compétences

- **Objectifs centrés sur la performance**

- Efficacité, productivité, fiabilité, qualité

# Domaines d'applications

- **Ergonomie physique**
  - Caractéristiques anatomique, physiologiques, biomécaniques
  - Postures de travail, mouvements répétitifs, disposition du poste de travail, des terminaux, la sécurité et la santé
- **Ergonomie cognitive**
  - Focus sur les processus mentaux (perception, mémoire, raisonnement, réponses motrices) dans les interactions humain-systèmes
  - Charge mentale, prise de décision, performance experte, interaction homme-machine, fiabilité humaine, le stress professionnel et la formation dans leur relation à la conception personne-système

# Domaines d'applications

- **Ergonomie organisationnelle**
  - Optimisation des systèmes sociaux-techniques (structures organisationnelles, règles et processus)
  - Communication et gestion des ressources des collectifs, conception du travail, conception des horaires de travail, travail coopératif, télétravail, ...

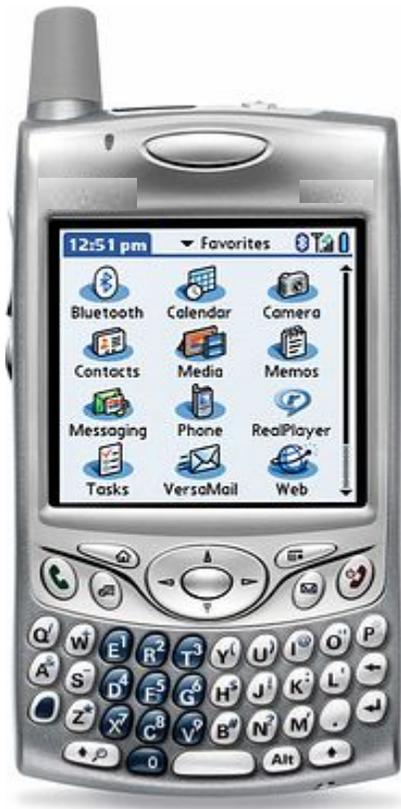
Un domaine pour l'ergonomie: le marché des Nouvelles Technologies de l'Information et la Communication (NTIC)  
*ex. les appareils multifonctions*

- Imprimante PC
- Imprimante appareil photo
- Fax
- Scanner
- Photocopieuse
- ...



# Etat du marché des NTIC

## *les nouveaux téléphones*



- Téléphone
- SMS/MMS
- Lecteur MP3
- Vidéo
- Télévision
- Tablettes
- Les jeux en réseau
- Appareil photo
- Écran tactile
- Wifi
- Visiophone
- E-mail
- Système d'exploitation



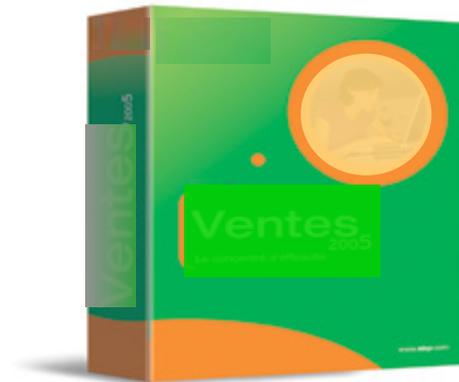
# Etat du marché des NTIC

## *les nouvelles tablettes*



# État du marché des NTIC

Un logiciel



et ses manuels faciles  
d'utilisation, de 800  
pages et leurs  
annotations

# Pourquoi a-t-on besoin d'ergonomie ?

- Les nouvelles Technologies sont de plus en plus puissantes et “envahissantes”, alors que les utilisateurs sont de moins en moins compétents
- Les logiciels ont de plus en plus de fonctionnalités, mais moins de 40% d'entre elles sont réellement utilisées
- L'introduction de nouveaux dispositifs informatiques en entreprise correspond souvent à une baisse de la productivité

# Exemple de non-sens



# Technologie et usager

Dans les projets à forte composante technologique, nous oublions souvent l'utilisateur final

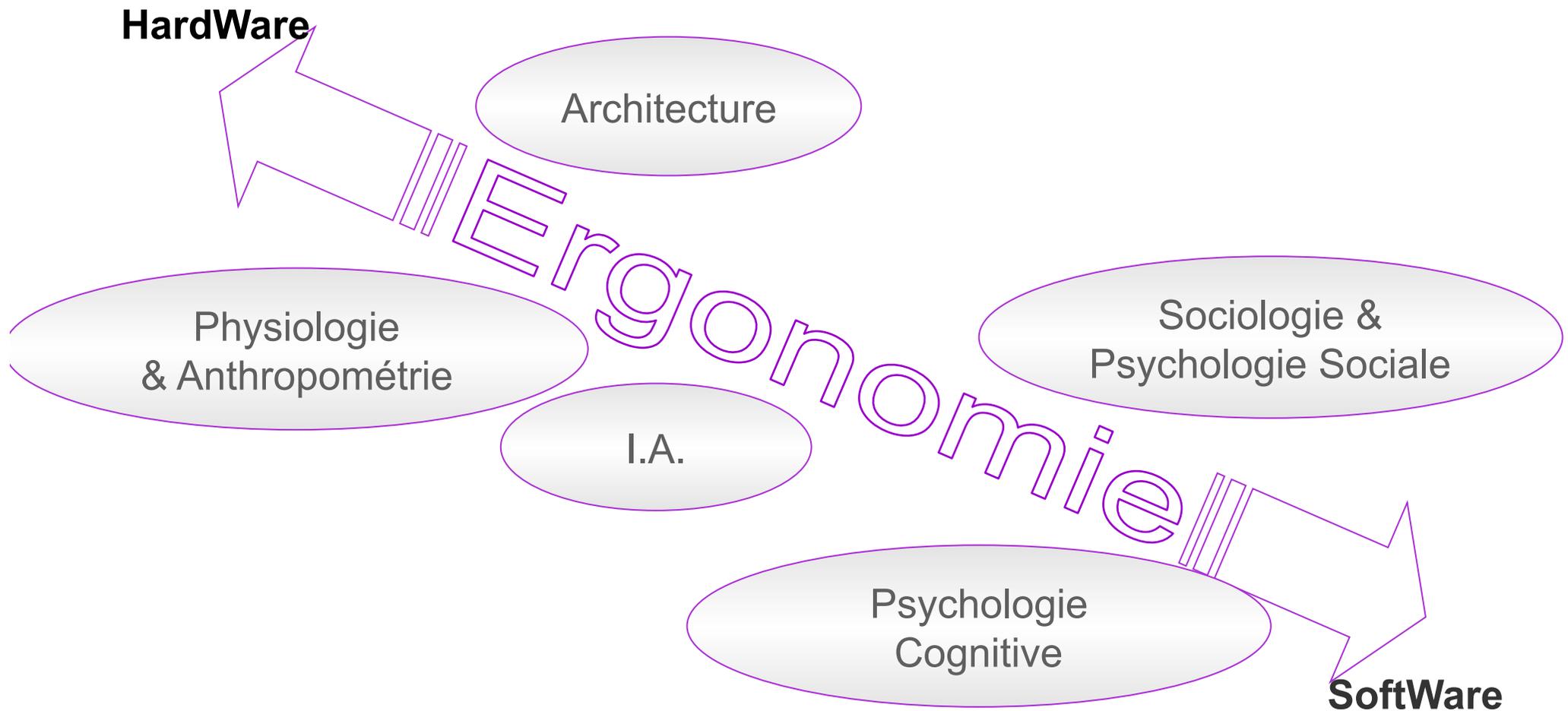
Qu'est ce que l'utilisateur achète ?

Une technologie ?

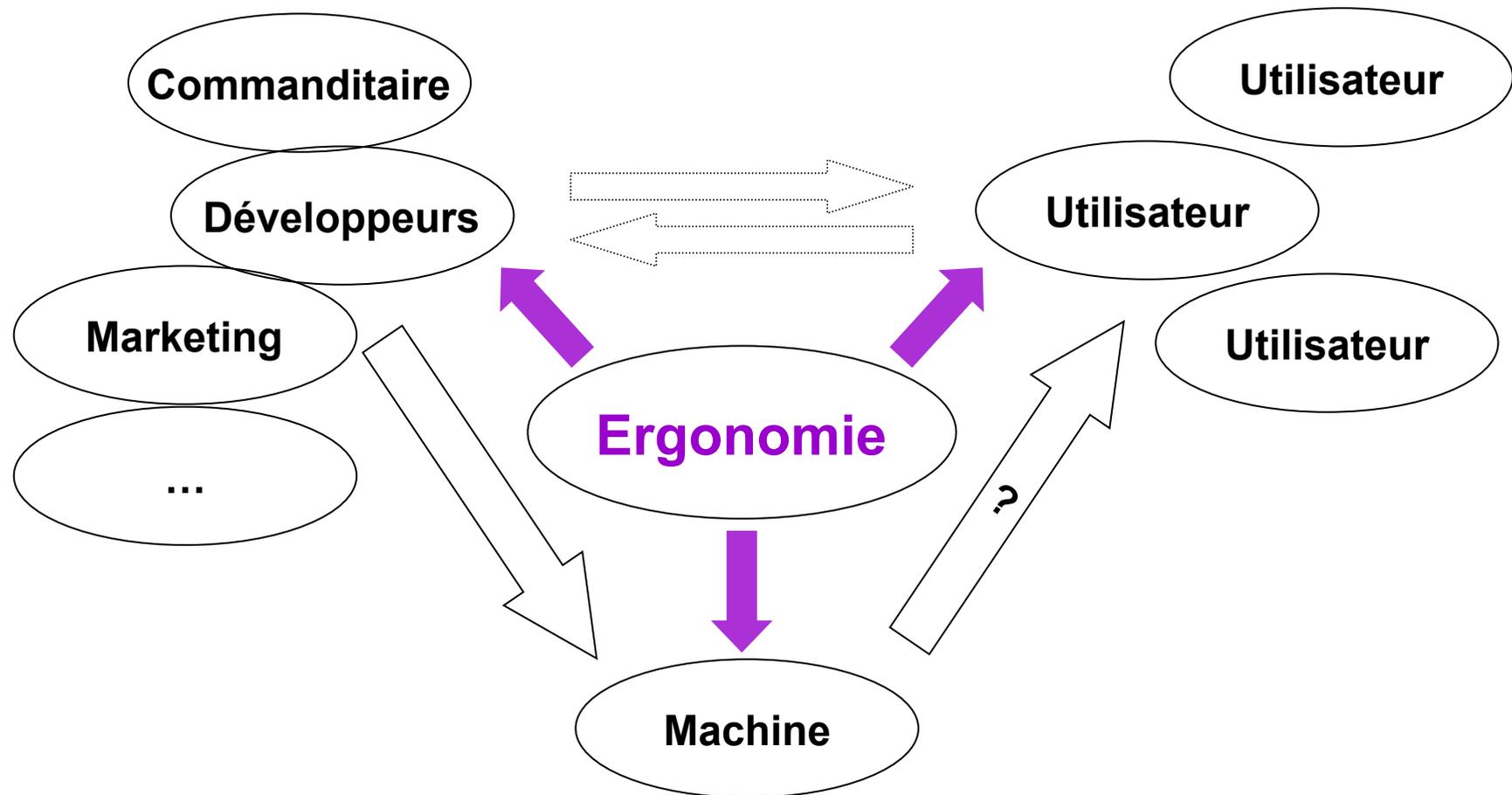
Un produit ?

↪ Surtout ce que ce dernier lui permet de faire...

# A l'intersection de plusieurs disciplines



# Où l'ergonomie se situe-t-elle ?



**L'ergonomie est au coeur de l'IHM !**

# Interaction Homme-Machine

Rappel :

IHM =

Discipline englobant l'ensemble des aspects de **la conception**, de **l'implémentation**, et de **l'évaluation** des systèmes informatiques interactifs

# Adapter l' IHM

- **Caractéristiques de l' utilisateur**
  - Différences physiques (âge, handicap)
  - Connaissances et expériences (dans le domaine de la tâche: novice, expert, professionnel, en informatique, sur le système: usage occasionnel, quotidien)
  - Caractéristiques psychologiques (visuel / auditif, logique / intuitif, analytique / synthétique)
  - Caractéristiques socio-culturelles (snes de l' écriture, format de date, langue, signification des icônes, des couleurs, ...)
- **Contexte**
  - Grand public (proposer une prise en main immédiate)
  - Loisirs (rendre le produit attrayant)
  - Industrie (augmenter la productivité, systèmes critiques: sécurité)

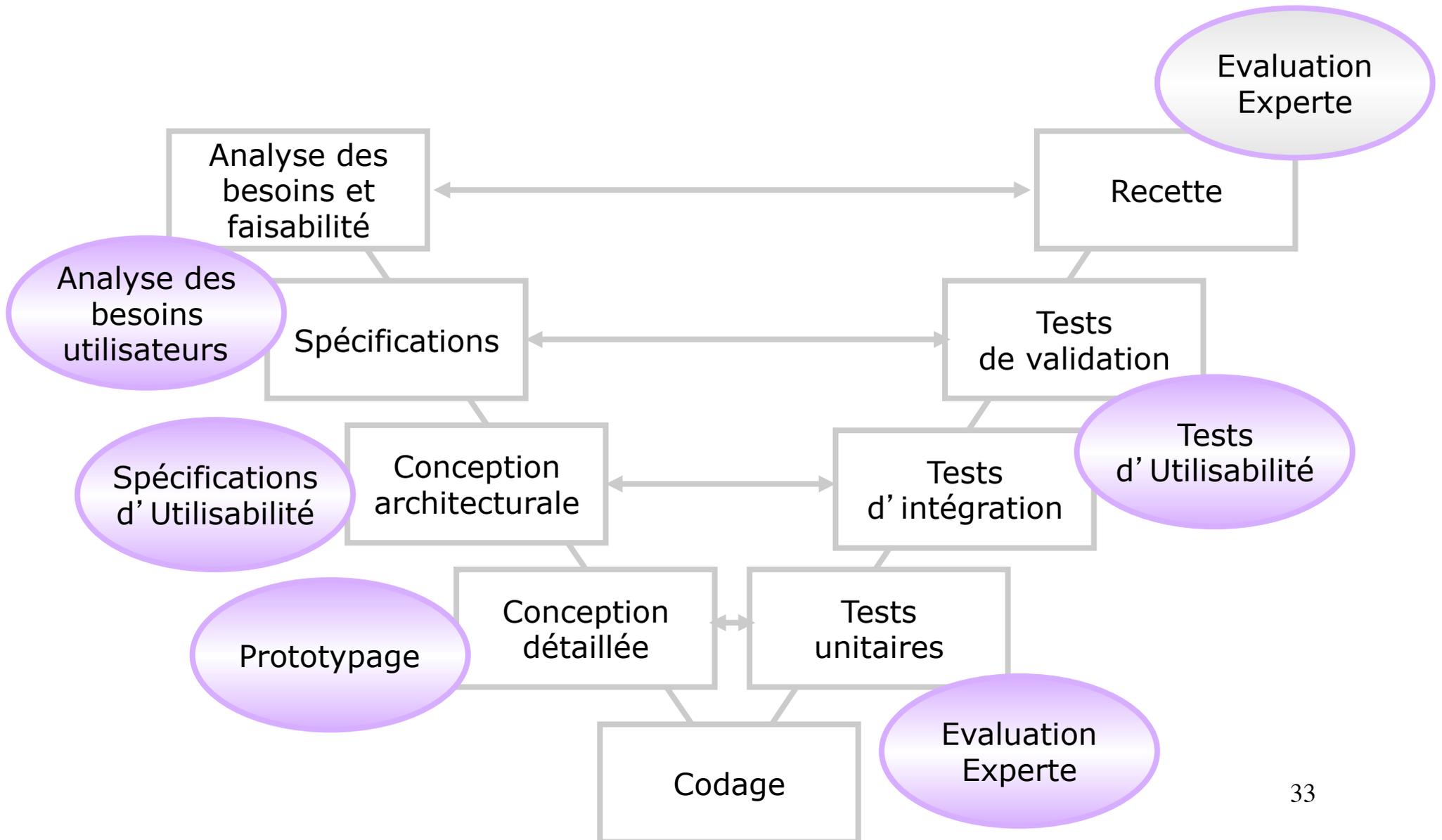
# Adapter l' IHM

- **Caractéristiques de la tâche**
  - répétitive, régulière, occasionnelle, sensible aux modifications de l'environnement, contrainte par le temps, risquée, ...
- **Contraintes techniques**
  - Plateforme
  - Taille mémoire,
  - Ecran, capteur, effecteurs
  - Réutilisation de code ancien

# L' IHM : domaine pluridisciplinaire

- Informatique
  - Programmation (en particulier IG)
  - Génie logiciel
  - Synthèse et reconnaissance de la parole, langue naturelle
  - IA, image, système, etc.
- Psychologie cognitive, psychologie expérimentale
- Ergonomie cognitive, ergonomie des logiciels
- Science de l' éducation, didactique
- Anthropologie, sociologie, philosophie, linguistique
- Communication, graphisme, audiovisuel
- ...

# Le cycle en V



# Principes ergonomiques

- Adéquation des modes et des modalités sensorielles
- Adéquation des représentations
- Traitements compatibles avec les objectifs et avec le raisonnement

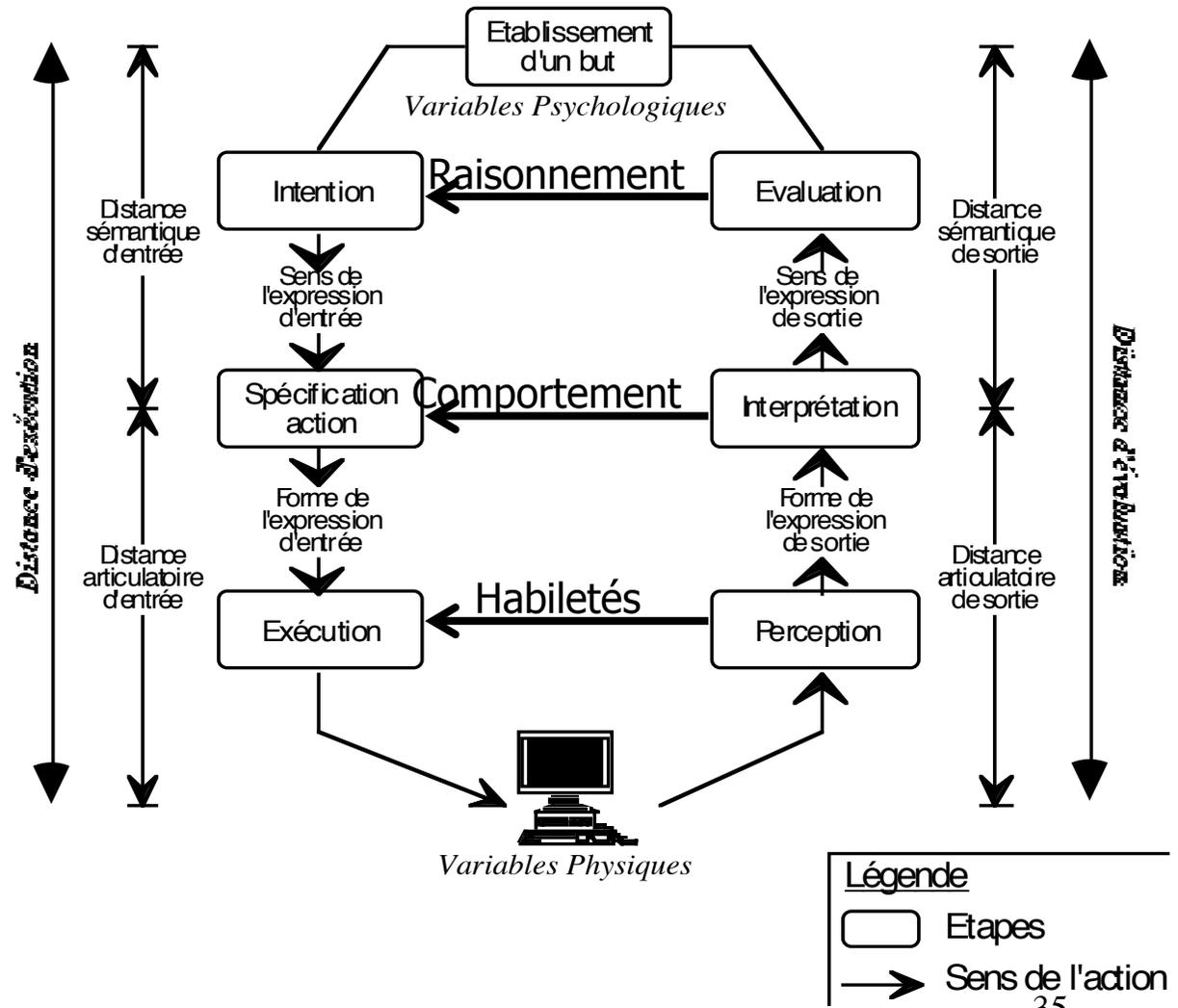
H = humain,	E = environnement,	M = machine
H	E +	M
modalités sensorielles	modèles, objets	modes de
représentations		traitements
raisonnements		

# Processus interactionnel

Théorie de l'action  
[Norman, 86]

Modèle de  
[Rasmussen, 86]

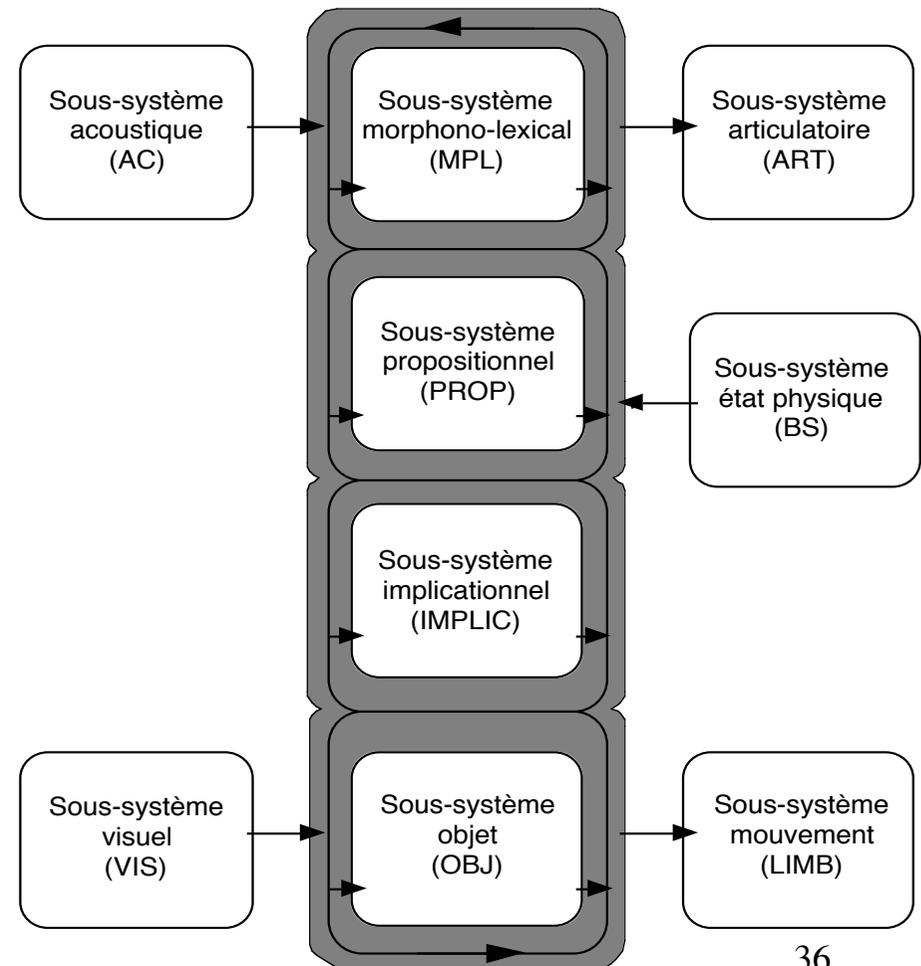
- Habilitéés
- Comportement
- Raisonnement



# Le modèle ICS [Barnard & May 93]

## Interactive Cognitive Subsystems

ICS peut se voir, en première approximation, comme un affinement du Modèle du Processeur Humain [Card 83]. ICS est une architecture parallèle multiprocessus modélisant le système cognitif en un ensemble de neuf sous-systèmes spécialisés communicants.



Le développement de ces modèles et la suite dans vos exposés ...

# Historique rapide

- Points de repères
- Styles d'interaction

# Points de repère

- **Memex (Vannevar Bush, 1945)**  
système hypertexte sur des micro-fiches
- **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 graphique
- **Macintosh (Apple, 1984)**  
ordinateur personnel graphique
- **X-Window System (MIT, 1985)**  
plateforme graphique pour Unix
- **World-Wide Web (CERN, 1990)**  
modèle hypertexte en réseau

# Styles d'interaction

- **Conversationnel**

langage de commandes

dialogue imposé par le système

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

- **Menus, formulaires**

guidage du système

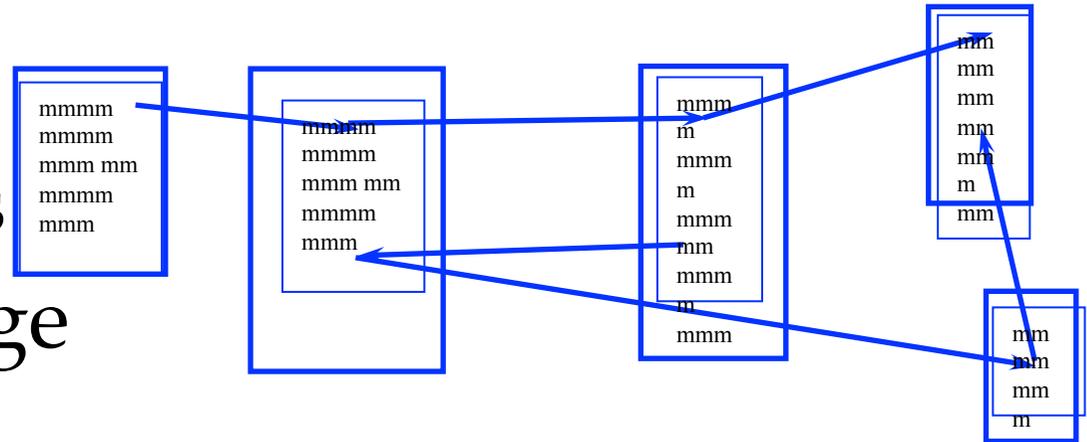
dialogue contrôlé par le système

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

# Styles d'interaction

- **Navigation**

noeuds, ancres, liens  
difficultés de repérage



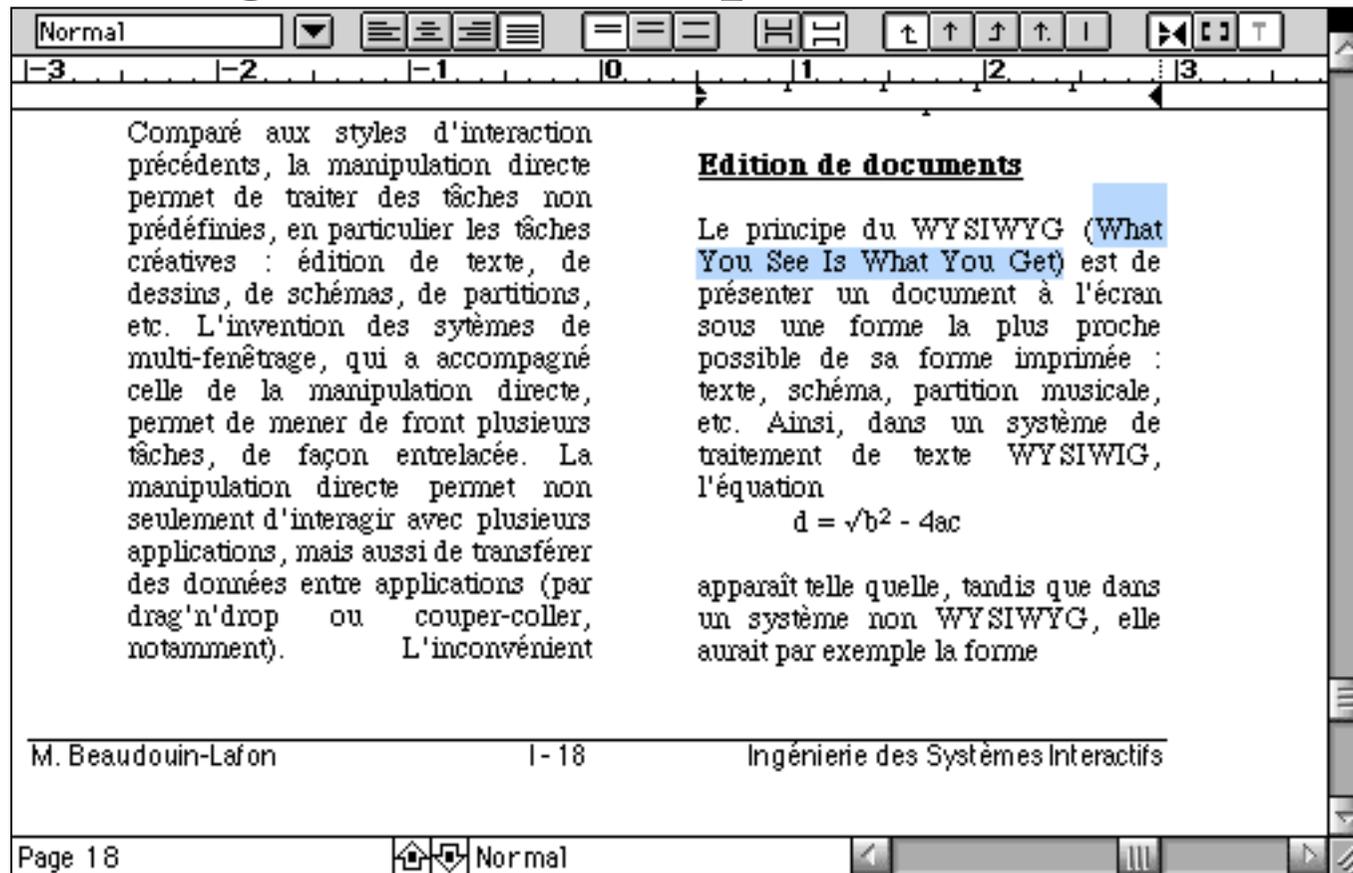
- **Manipulation directe**

actions physiques sur des représentations  
d'objets

inspire toutes les interfaces actuelles

# Styles d'interaction

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



What

You

See

Is

What

You

Get

# Styles d'interaction

- **Interaction iconique**

interface générique

approche métaphorique

« drag-and-drop » = « glisser-et-déposer »



# 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

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

# Le toucher

- **Sens tactile**

température, pression (texture),  
douleur

- **Sens proprioceptif**

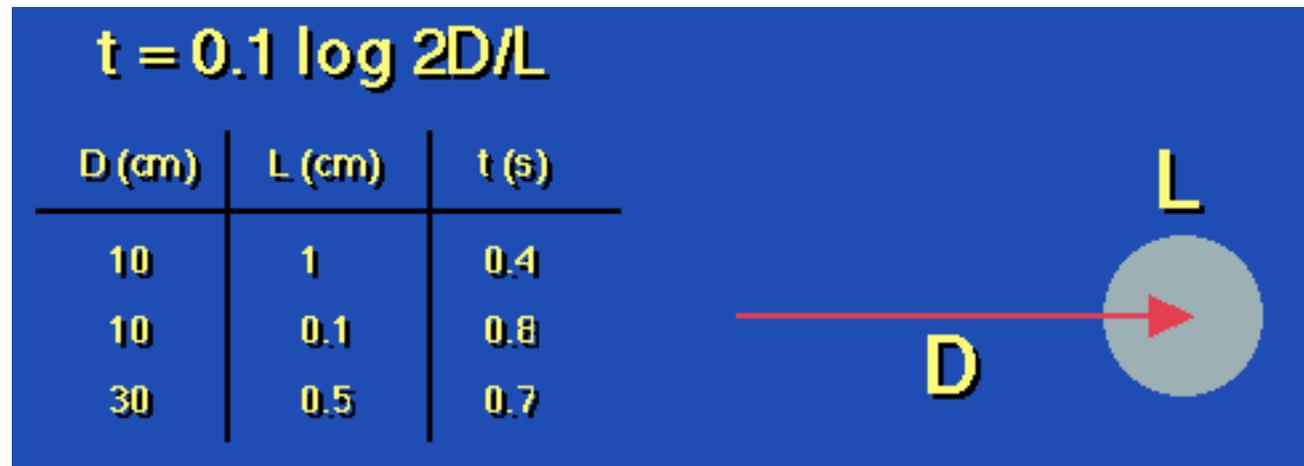
configuration du corps dans l'espace,  
appréhension de la forme d'un objet.

- **Sens kinesthésique**

perception de l'effort des muscles,  
donc de la résistance d'un objet

# Systeme moteur

- Loi de Fitts : temps de pointage



- 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 30 secondes

- **Mémoire à long terme**

capacité infinie

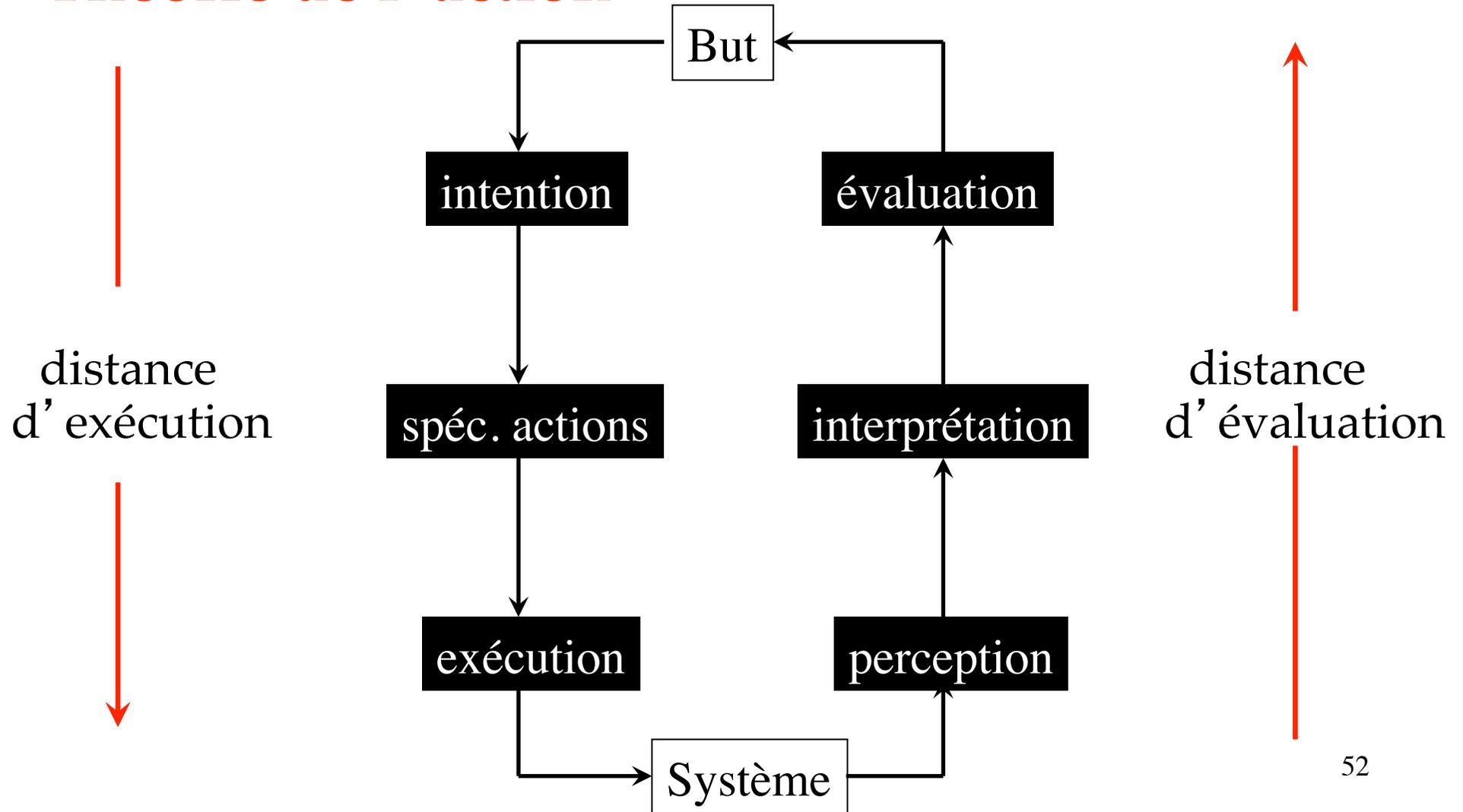
durée de stockage illimitée

accès associatif

- **Apprentissage par répétition**

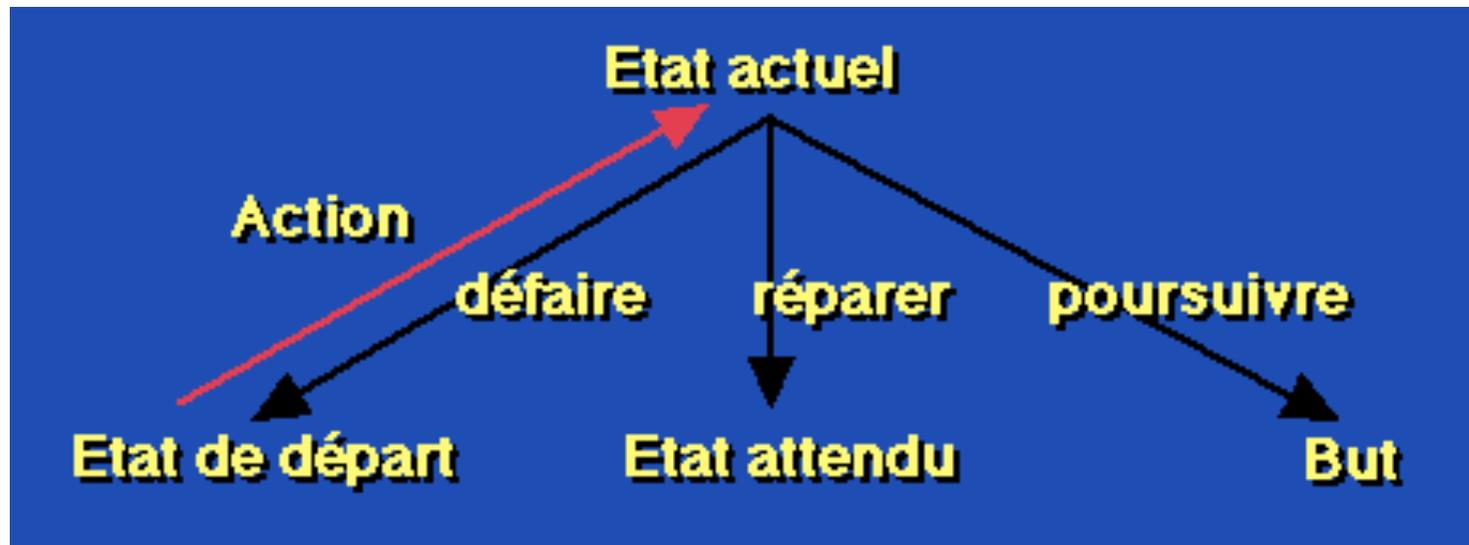
# Résolution de problèmes

## Théorie de l'action



# Résolution de problèmes

- Stratégies en cas d'erreurs



- 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

raffraîchissement : images par seconde

taille mémoire (1024 x 1024 pixels) :

1 bit/pixel

128Ko

2 couleurs

8 bits/pixel

1 Mo

256 couleurs

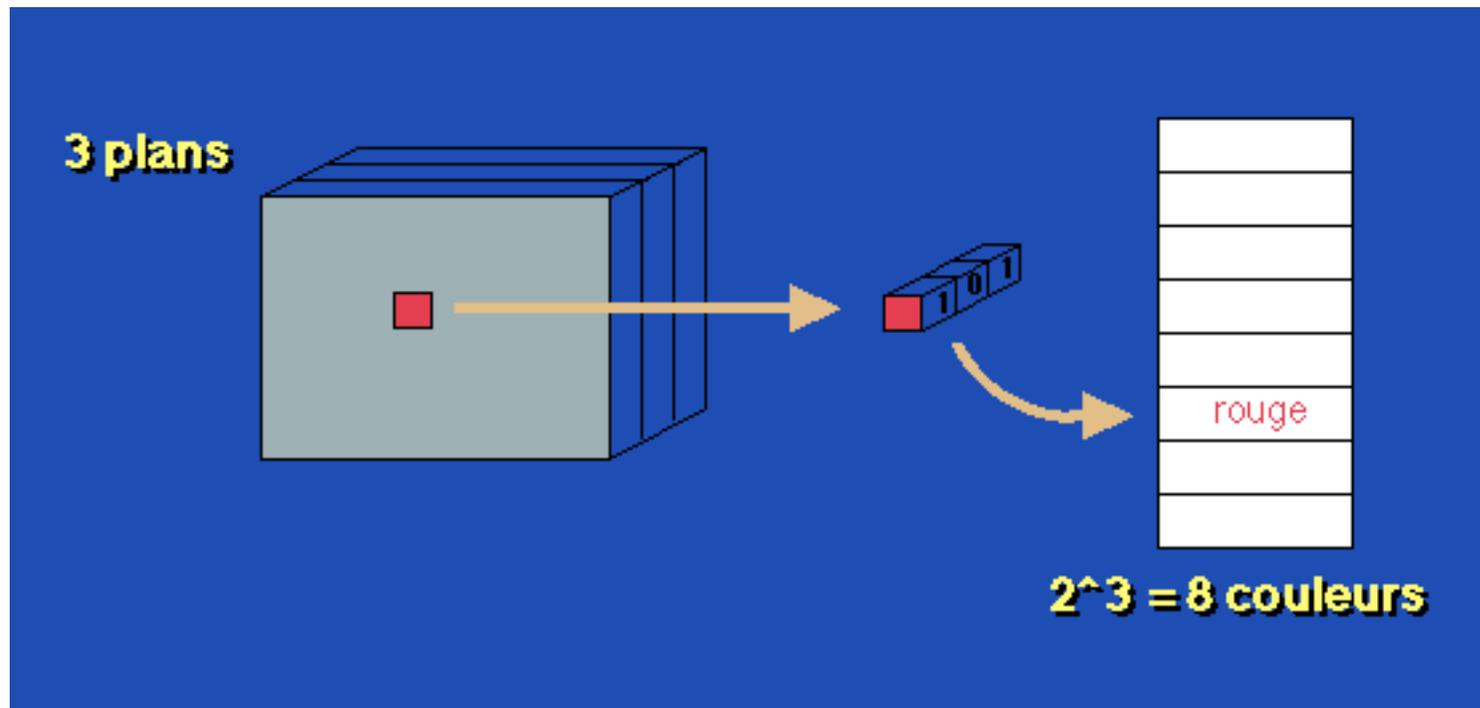
24 bits/pixel

3 Mo

16 millions de couleurs

# Ecrans

- Couleurs directes

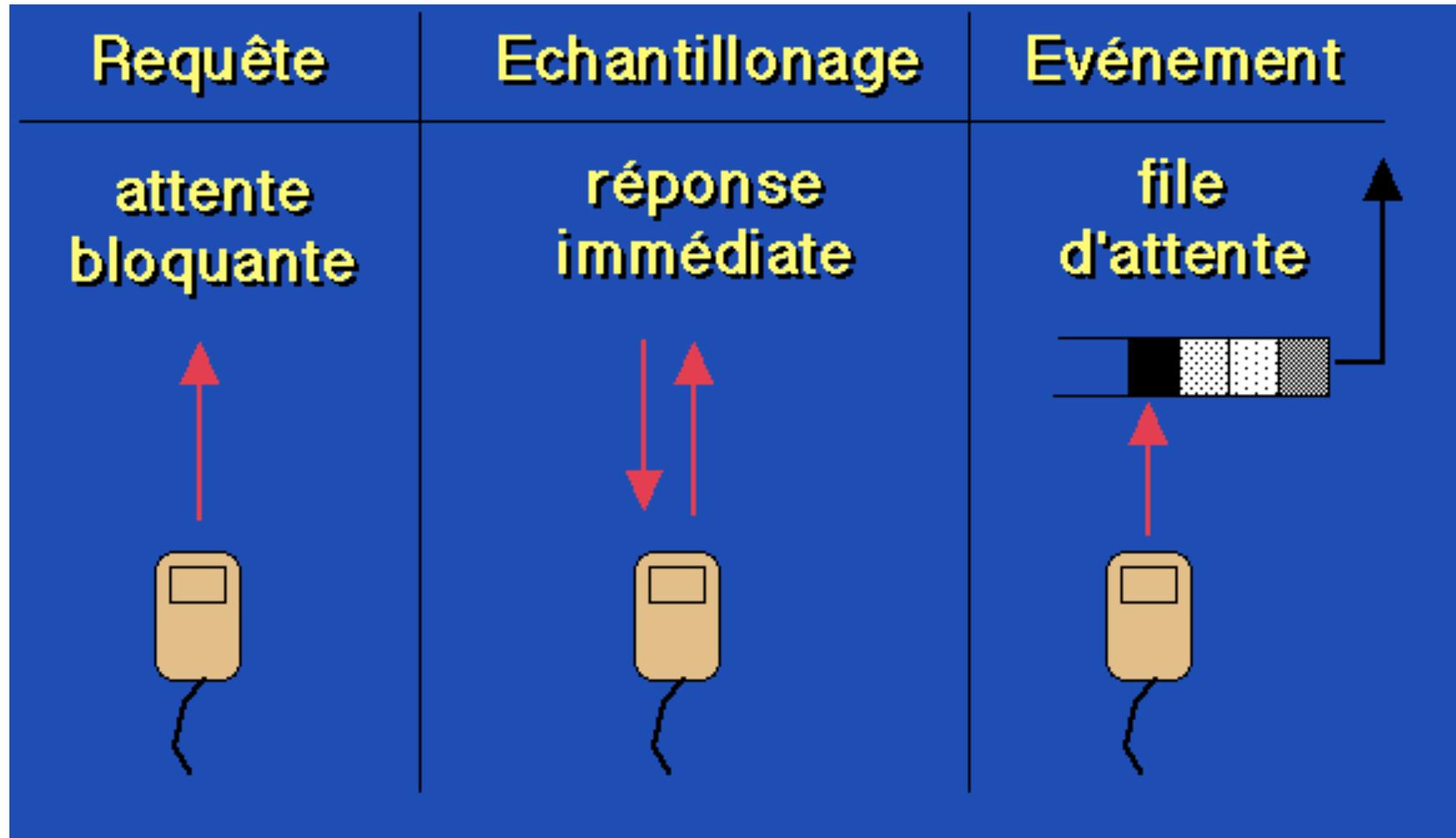


- Tables de couleurs

# Périphériques d'entrée

- Clavier, boîte à boutons
- Potentiomètres (rotatifs, linéaires)
- Souris, Tablettes,  
Manches à balais, Boules
- Ecran tactiles, Crayons optiques
- Capteurs de position et de direction
- Dispositifs simulés

# Gestion des entrées

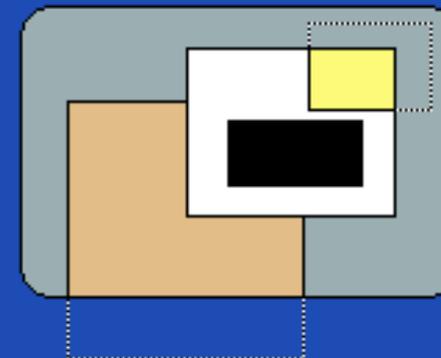
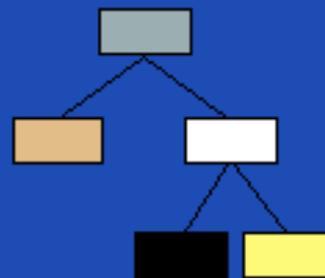
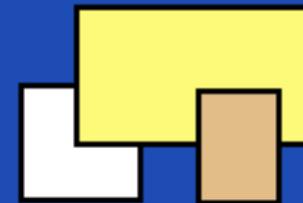
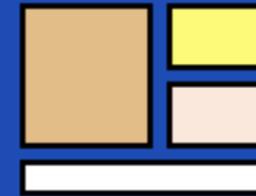


# Systemes de fenêtrage

- **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

# Nouveaux événements

- **Liés aux périphériques**

changement de focus

entrée / sortie du curseur dans une fenêtre

- **Liés aux fenêtres**

demandes de réaffichage,

création, destruction, etc.

autres

# Boîte à outils d'interface

- **Abstraction : le widget**

Objet interactif : bouton, menu, barre de défilement, boîte de dialogue, etc.

- **Arbre de widgets**

noeuds = widgets conteneurs

feuilles = widgets simples

imbrication géométrique d'un widget dans son widget parent

# Interface d'application

- **Fonctions de rappel (*callbacks*)**  
enregistrées dans le widget à sa création



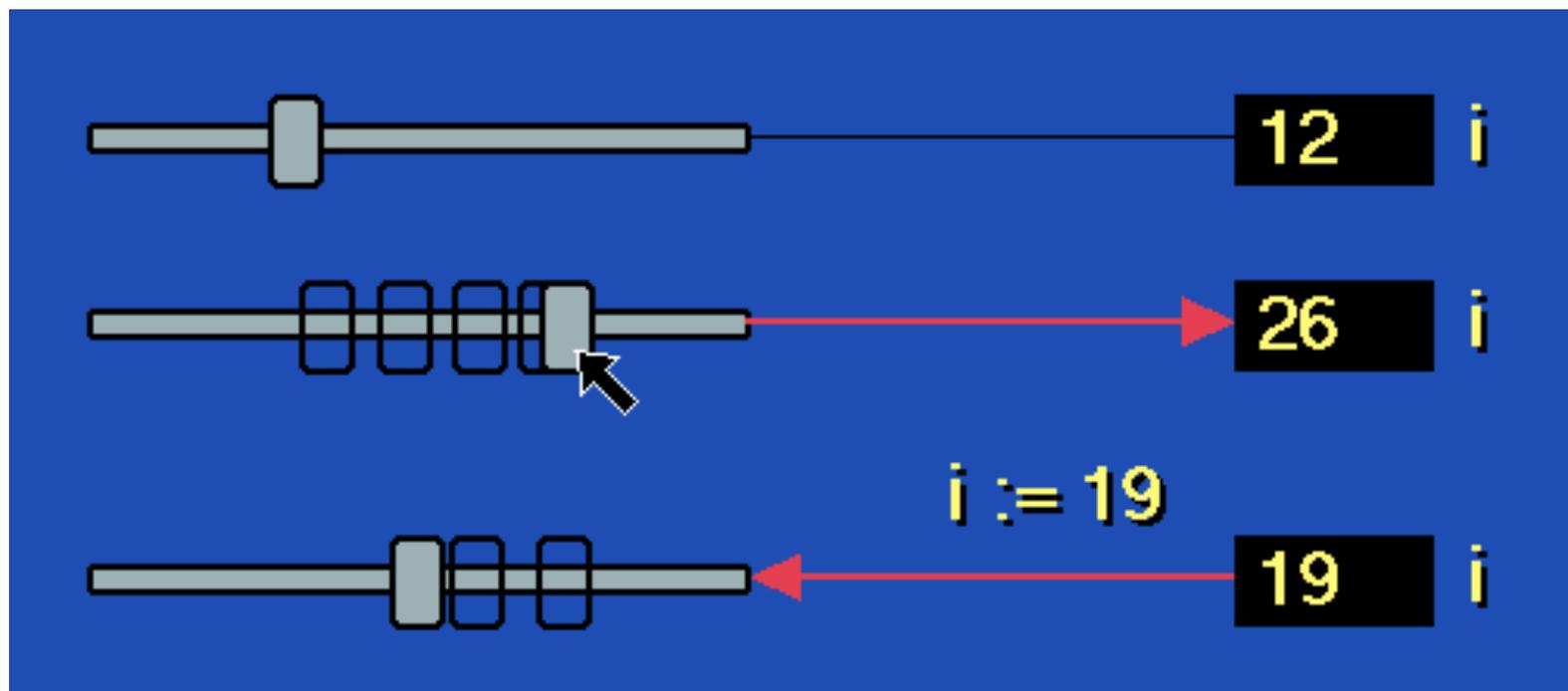
appelées par le widget lorsqu'il est activé



# Interface d'application

- Valeurs actives

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



# Interface d'application

- Événements ou messages

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



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



# 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

# Sources

- <http://www.lri.fr/~mbl/ENS/IHM/ecole-in2p3/720x540/intro-index.html>
- [http://www.clips.imag.fr/geod/User/jean.caelen/transparents\\_fichiers/IHM.ppt](http://www.clips.imag.fr/geod/User/jean.caelen/transparents_fichiers/IHM.ppt)
- *users.polytech.unice.fr/~pinna/MODULEIHM/Ergonomie1.ppt* (T. Colombi – LudoTIC )



# Organisation du cours

- Premières séances :

1- Introduction, vocabulaire, généralités, contours du domaine

2- Historique des technologies de l'IHM

3- Projection de vidéos sur l'historique de l'IHM

4- Ergonomie des applications ayant une IG

... suivis en février de vos exposés !

# Organisation du cours

- Un examen sur table. Questions, synthèse ou définition de termes de vocabulaire portant sur les exposés précédents (prenez des notes!).
- Note =  $\frac{2}{3}$  note exposé +  $\frac{1}{3}$  note examen.
- Note finale : la note précédente pondérée par une note de présence et de participation.

# Sujets et Planning (approximatif)

<u>05/02</u>	<b>1. Ergonomie et facteurs humains I.</b> Apports de la Psychologie (vision, organisation de la mémoire); Modèles cognitifs (modèles prédictifs: GOMS, loi de Fitts et ses variantes), modèle du processeur humain, modèle de Rasmussen, modèle ICS (P. Barnard), théorie de l'action (Norman) et formalismes associés.
<u>05/02</u>	<b>2. Ergonomie et facteurs humains II.</b>
<u>05/02</u>	<b>3. Interaction graphique.</b> Historique et principes de la manipulation directe (Sketchpad de Sutherland) ; utilisation des machines à états pour décrire les interactions, taxonomie des tâches élémentaires d'interaction, notion de mode dans les interfaces à manipulation directe. Outils de développement des IG, en particulier les générateurs d'interface.

# Sujets (suite)

<u>12/02</u>	<p><b>4. Théories et techniques pour la modélisation d'IG. La modélisation centrée utilisateur.</b> Méthodes qualitatives (introspection, observation directe, interviews, questionnaires), Analyse quantitative et conception amont : analyse de données (statistiques élémentaires, exploration de données); produire des idées avec les utilisateurs (analyse de tâches, scénarios, brainstorming, ateliers).</p>
<u>12/02</u>	<p><b>5. Modèles d'architecture et liens avec les outils de production d'interface H/M.</b> Modèles multi-agents et approche à objet, modèles hybrides. Architectures logicielles : modèle de Seeheim et modèle de l'Arche, les modèles PAC et MVC.</p>

## Sujets (suite)

<u>12/02</u>	<b>6. Vision (et/ou audition) sur ordinateur.</b> La couleur, son traitement par la machine et sa perception sur écran. Les dispositifs pour handicapés, en particulier ceux pour malvoyants.
<u>19/02</u>	<b>7. Conception des IHM.</b> Logiciels Interactifs et Ergonomie : modèles et méthodes de conception, modèle de tâches et formalismes. Erreurs de conception à ne pas commettre (cf. //hallofshame.gp.co.at).
<u>19/02</u>	<b>8. Web Design.</b> Conception d'une interface web : architecture interactionnelle, organisation des pages, arborescence et navigation, styles (cf. CSS projet Zen Garden) et couleurs. Ergonomie, utilisabilité et accessibilité.

## Sujets (suite)

<u>19/02</u>	<b>9. Evaluation des IHM.</b> Expériences, tests/validation, méthodes. Découvrir les activités des utilisateurs (utilisation de la vidéo). Conception d'expériences (expériences contrôlées, quasi-expériences, études d'utilisabilité) – critères ergonomiques (Meinadier, Nielsen, Schneiderman, Coutaz, Ravden et Johnson, Bastien et Scapin).
<u>04/03</u>	<b>10. Hypertextualité.</b> Hypertexte, HyperCard, Intertextualité, web, etc. (Memex, histoire du web et de Mac).
<u>04/03</u>	<b>11. Jeux video.</b> Historique. Problématique, techniques et apports potentiels à l'IHM.
<u>04/03</u>	<b>12. Interaction Multimodale.</b> Exemples d'interaction multimodale. Difficultés pour l'organisation des algorithmes. Notion d'entrée/sortie. Robotique.

## Sujets (suite)

<u>11/03</u>	<b>13. TAP.</b> Traitement automatique de la parole: reconnaissance vocale, synthèse vocale, logiciels pour malvoyants, etc.
<u>11/03</u>	<b>14. TAL.</b> Traitement automatique du langage: recherche d'information, traduction automatique, résumé, compréhension.
<u>11/03</u>	<b>15. Dialogues.</b> Modélisations informatiques du Dialogue Homme/Machine. Apports potentiels des théories linguistiques et de la philosophie du langage [faire un choix: sémantique et pragmatique, maximes de Grice, actes de langage, présuppositions et implicatures, (Austin, Searle, Vanderveken, Roulet, Moeschler) théorie de l'argumentation de Ducrot].

## Sujets (suite)

<u>11/03</u>	<b>16. Hypertextualité.</b> Hypertexte, HyperCard, Intertextualité, web, etc. (Historique: Memex et histoire du web).
<u>18/03</u>	<b>17. Web sémantique.</b> Web2: impact sur les IHM. Plasticité.
<u>18/03</u>	<b>18. Réalité virtuelle ou augmentée.</b> 1 ou 2 exposés séparés.
<u>18/03</u>	<b>19. IHM.2.0.</b> Les IHM du futur. Exemples (jeux video, appareils ménager, domotique, dispositifs bio-).
<u>18/03</u>	<b>20. Les robots.</b> Qu'est-ce qu'un robot ? Interaction avec les robots.
	<b>21. ...????...</b>