

# Interaction homme-machine

MASTER INFORMATIQUE

2ème année, PLS et EID<sup>2</sup>

Catherine Recanati

Université de Paris 13

# Organisation du cours

- 1- Introduction, vocabulaire, généralités, contours du domaine, 2 et 3- Historique des technologies de l'interaction Homme / Machine.
- Cours suivants : exposés (individuels) des étudiants. 4 exposés par séance (35 à 45 mn).
- Examen : questions de vocabulaire ou de synthèse portant sur les premiers cours et les exposés. Prenez des notes !!

# Vocabulaire: 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

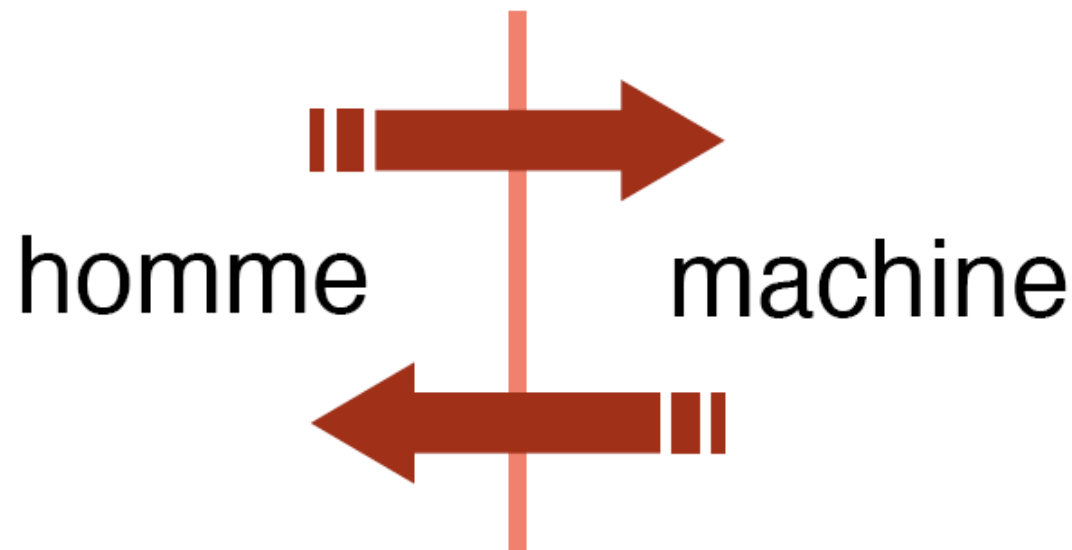
# Vous avez dit IHM ?

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 : orienté sécurité
- ⇒ bureautique : orienté productivité
- ⇒ jeux : stimuler l'engagement des utilisateurs

# Les interactions 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.

# Interaction Homme-Machine (1980)

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

## L'Interaction Homme-Machine

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

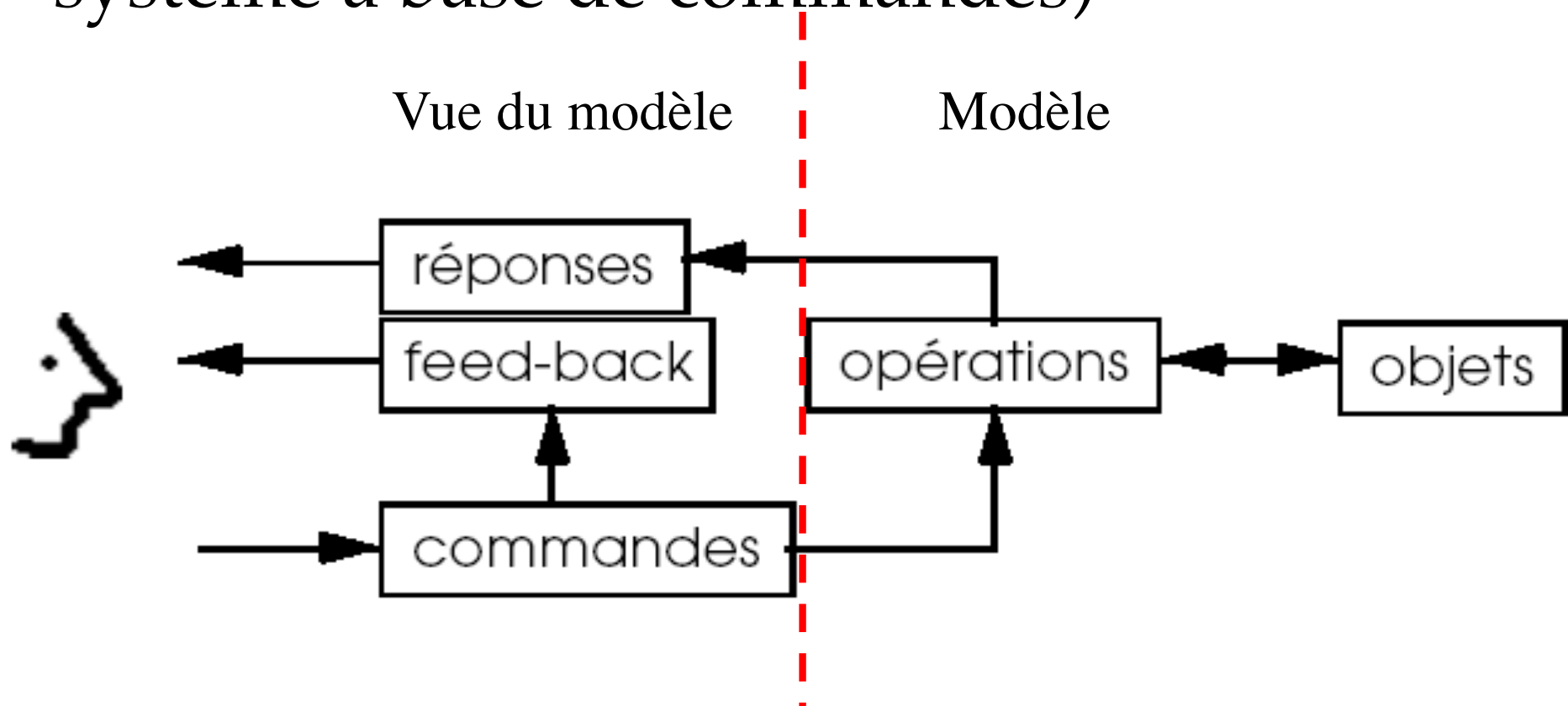


# Systeme (informatique) interactif

- « il 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)



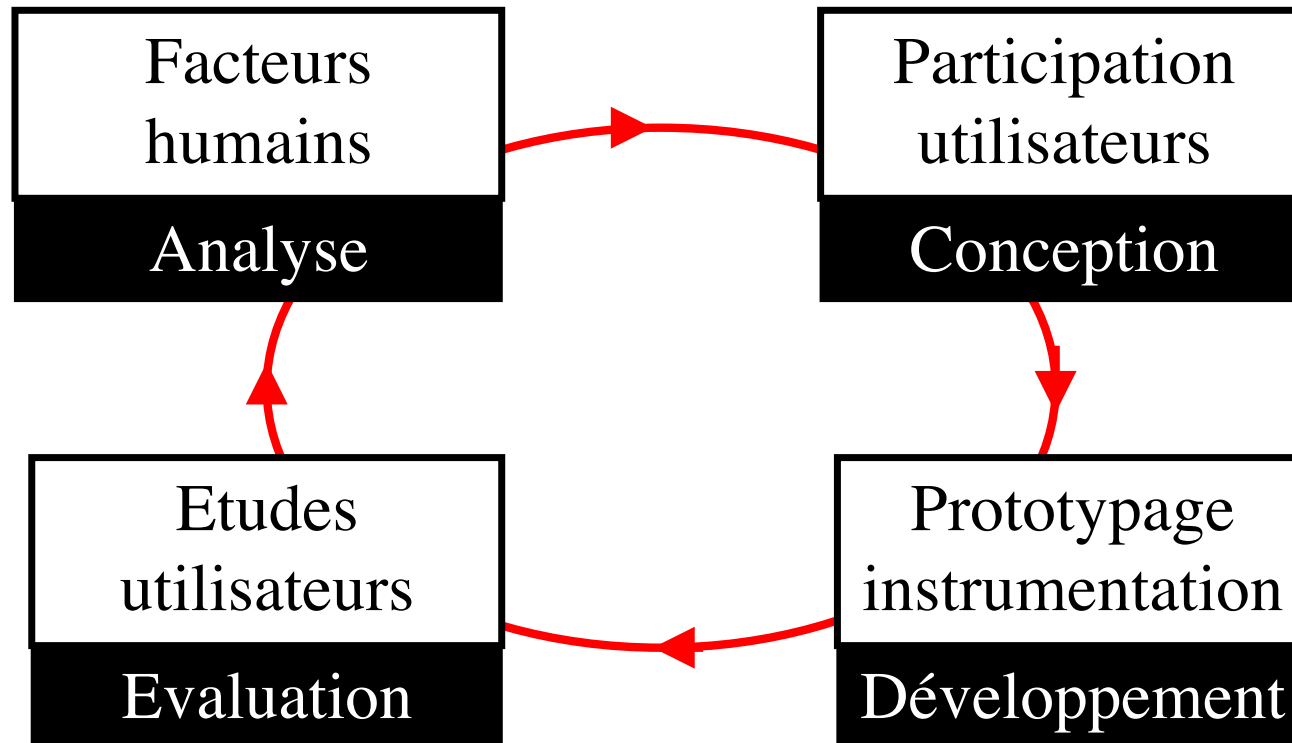
- Modèle mental de l'utilisateur (idéalement)

# Conception des systèmes interactifs

- Importance des **facteurs humains** (human factors)
  - absence de théories constructives ou qualitatives
  - quelques apports de la psychologie expérimentale
- Aspect chaotique de la conception.
  - parfois 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**

- **l'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>14</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 générale 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

En outre, 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 réseaux
- Les réseaux sociaux
- Appareil photo
- Écran tactile
- Wifi
- Visiophone
- E-mail
- Système d'exploitation intégré



Etat du marché des NTIC  
*les nouvelles tablettes,*  
*les nouveaux téléphones*



# 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, l'utilisateur final est souvent oublié

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

**HardWare**

Architecture

Physiologie  
& Anthropométrie

I.A.

Sociologie &  
Psychologie Sociale

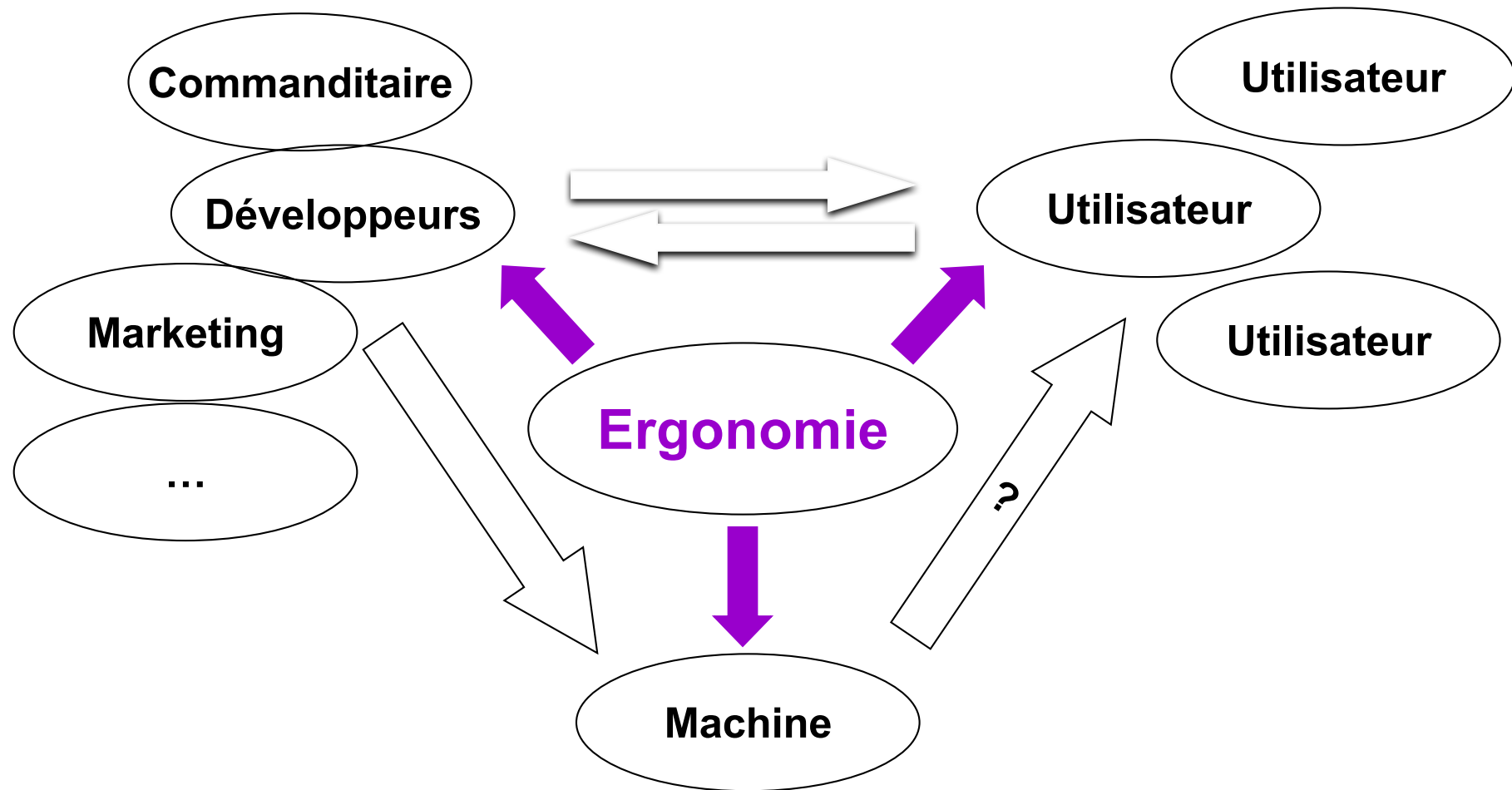
Psychologie  
Cognitive

**SoftWare**

Ergonomie



# 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 à l'utilisateur

- **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 (sens 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)
- industriel (augmenter la productivité, systèmes critiques: sécurité)

# Adapter l' IHM

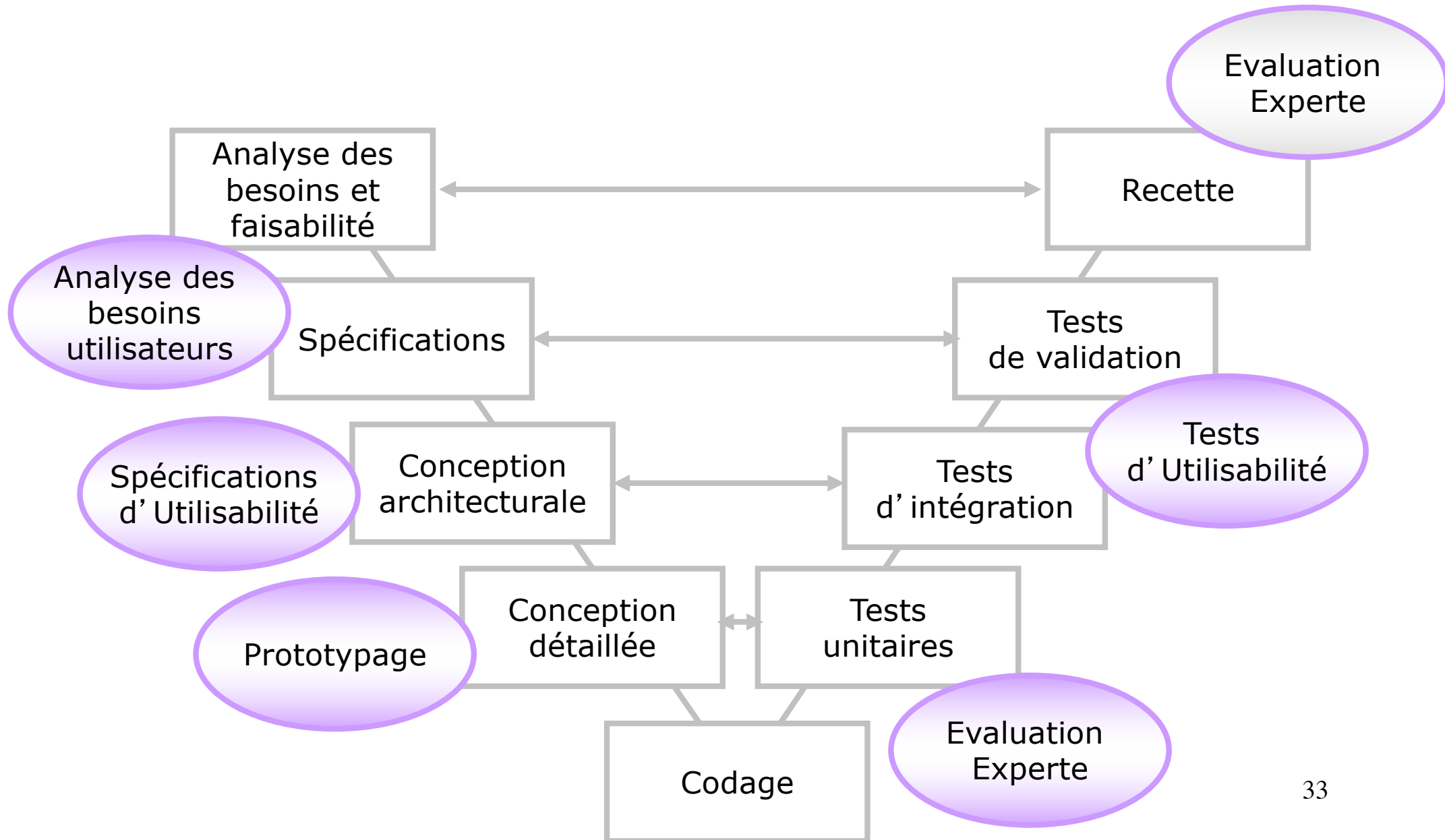
- **Caractéristiques de la tâche**
  - répétitive, régulière, occasionnelle, sensible aux modifications de l'environnement, contrainte par le temps, risquée, etc.
- **Contraintes techniques**
  - Plateforme
  - Taille mémoire,
  - Ecran, capteur, effecteurs
  - Réutilisation de code ancien

# L' IHM : domaine pluridisciplinaire

- Informatique
  - Programmation (en particulier celle de IG et du web)
  - 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 du génie logiciel



# Principes ergonomiques

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

H = humain,

H



E = environnement,

E

M = machine

+ M

modalités sensorielles

représentations

raisonnements

modèles, objets

modes

de

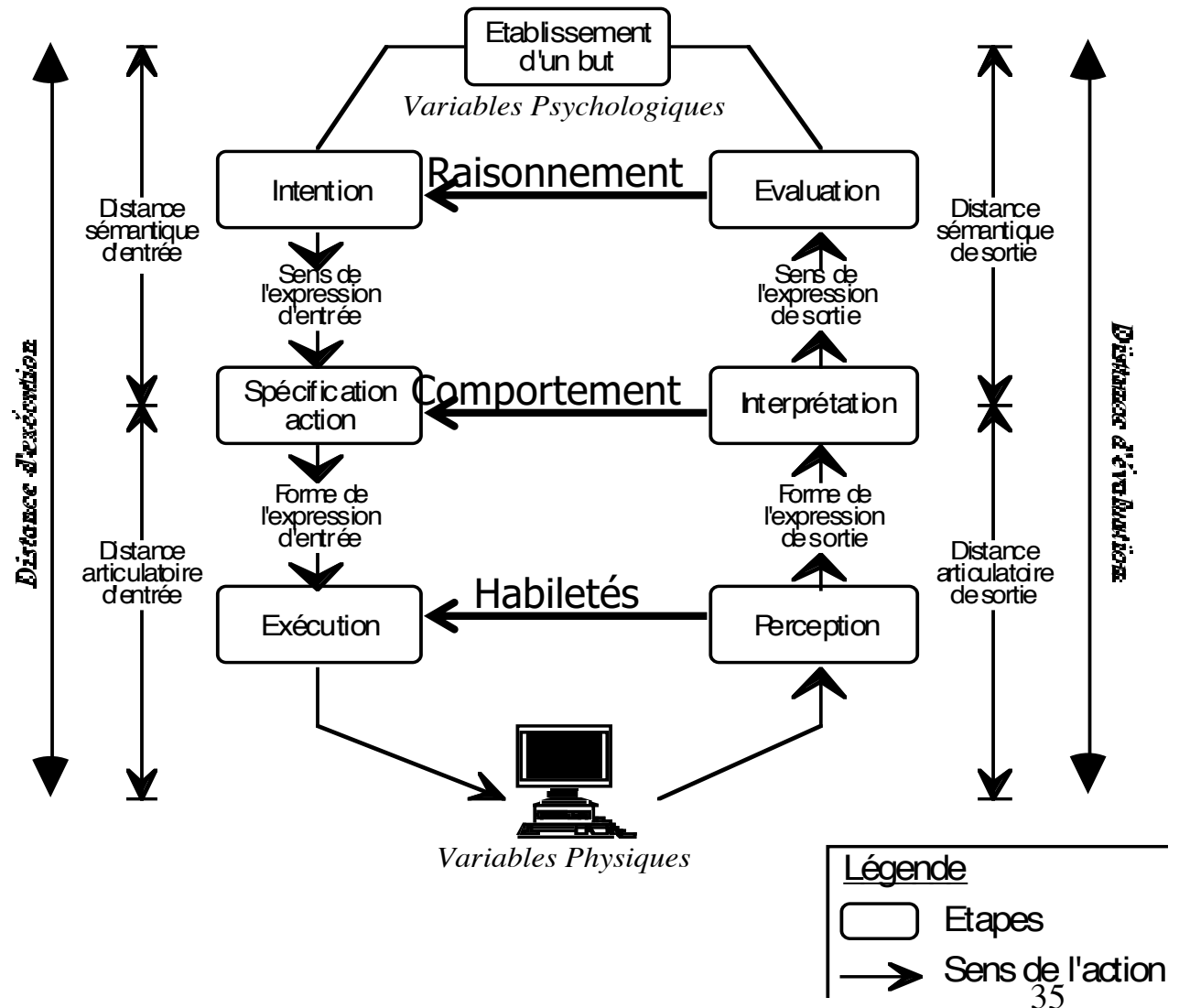
traitements

# Modélisation du processus interactionnel

Théorie de l'action  
[Norman, 86]

Modèle de  
Rasmussen [86]

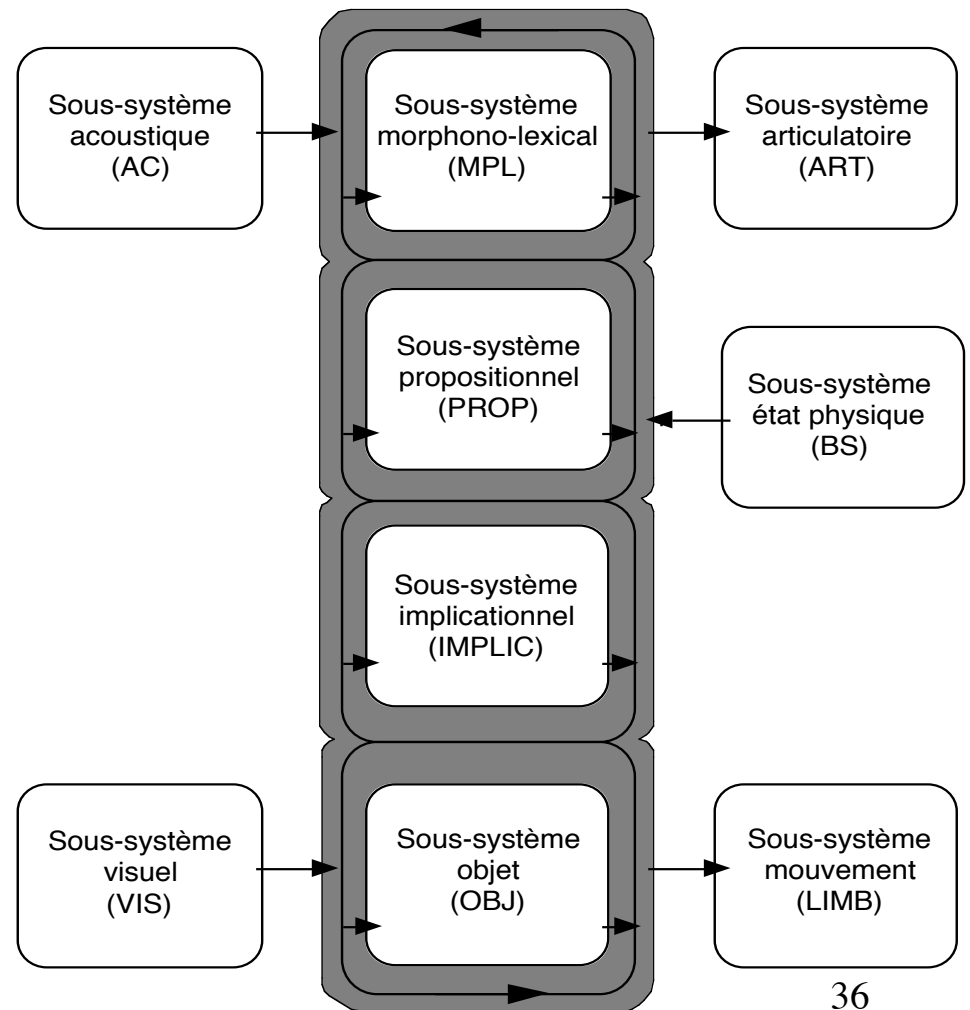
- Habiletés
- Comportement
- Raisonnement



# 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.



Apports de la psychologie  
expérimentale concernant la perception  
(vision, audition, attention,...) et le  
développement de ces modèles cognitifs  
: la suite dans vos exposés.

# Historique rapide de l'IHM dans le cadre de l'informatique

- 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

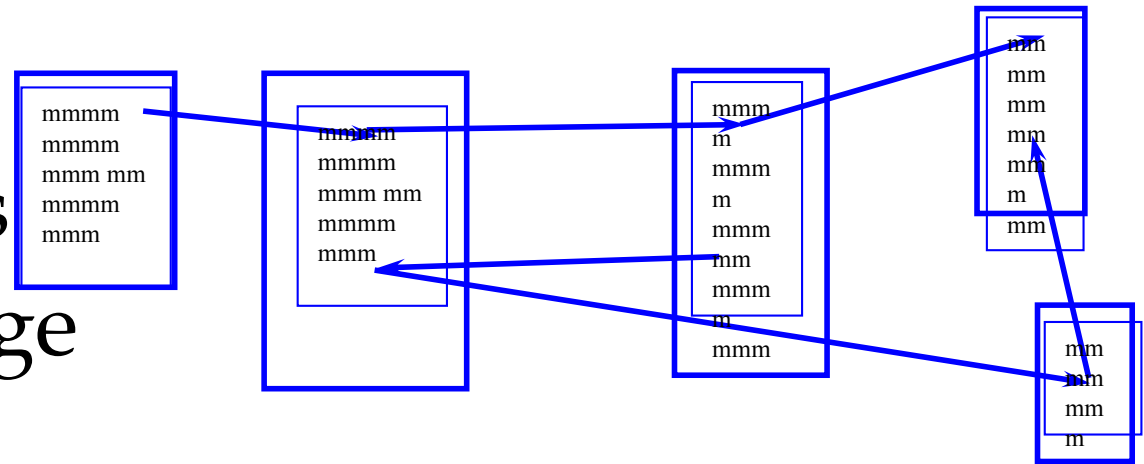
dialogue contrôlé par le système

```
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

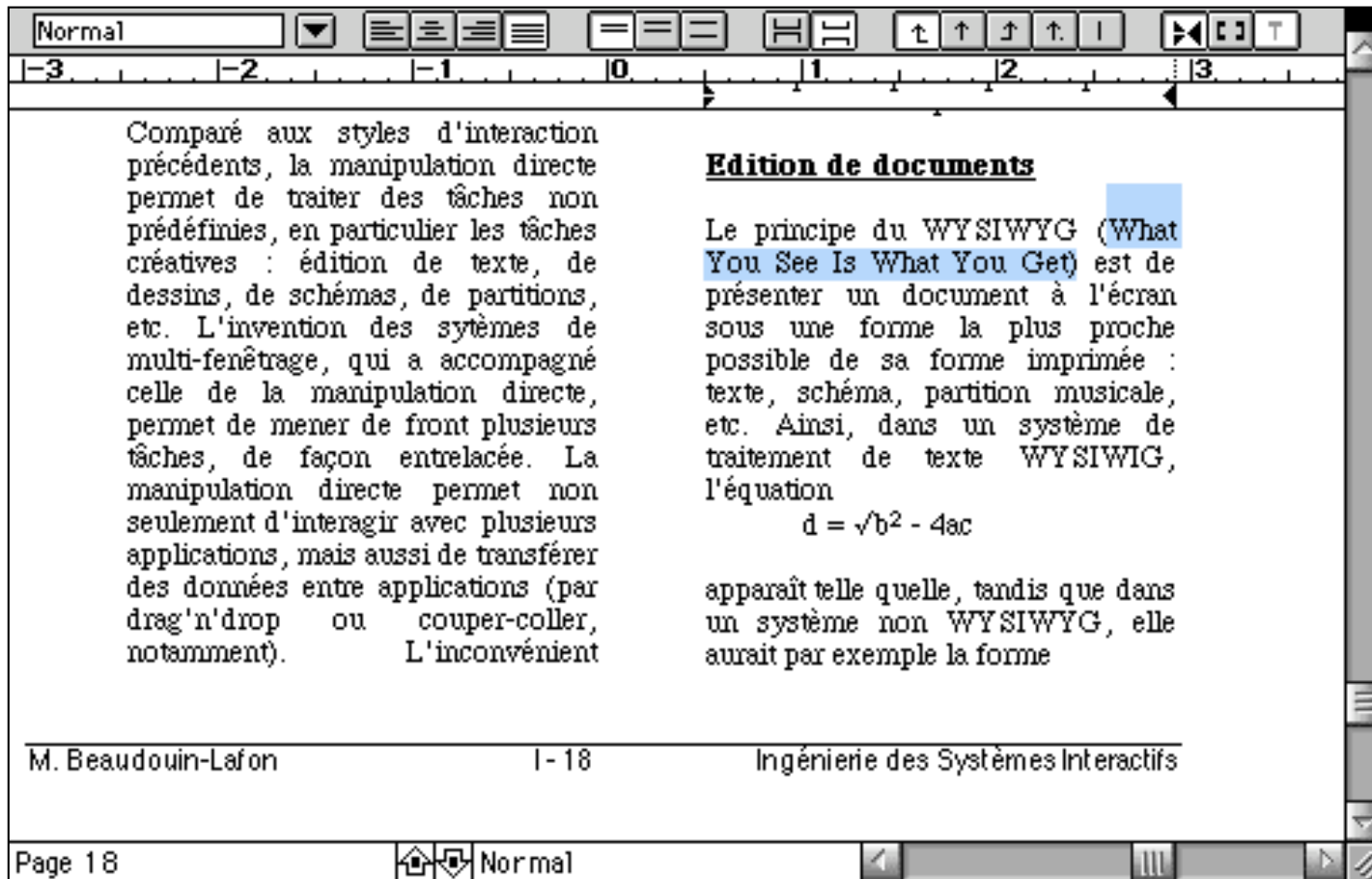
See

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**

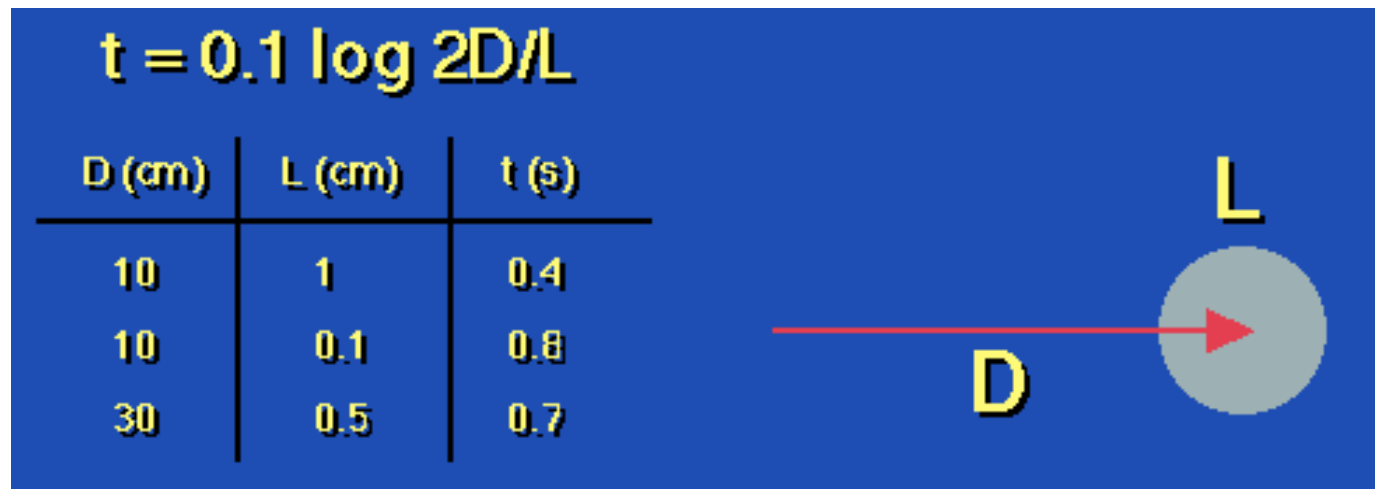
configuration du corps dans l'espace,  
appréhension de la forme d'un objet.

- **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 ( $7 \pm 2$ )

durée de stockage de 10 à 30 secondes

- **Mémoire à long terme**

capacité infinie

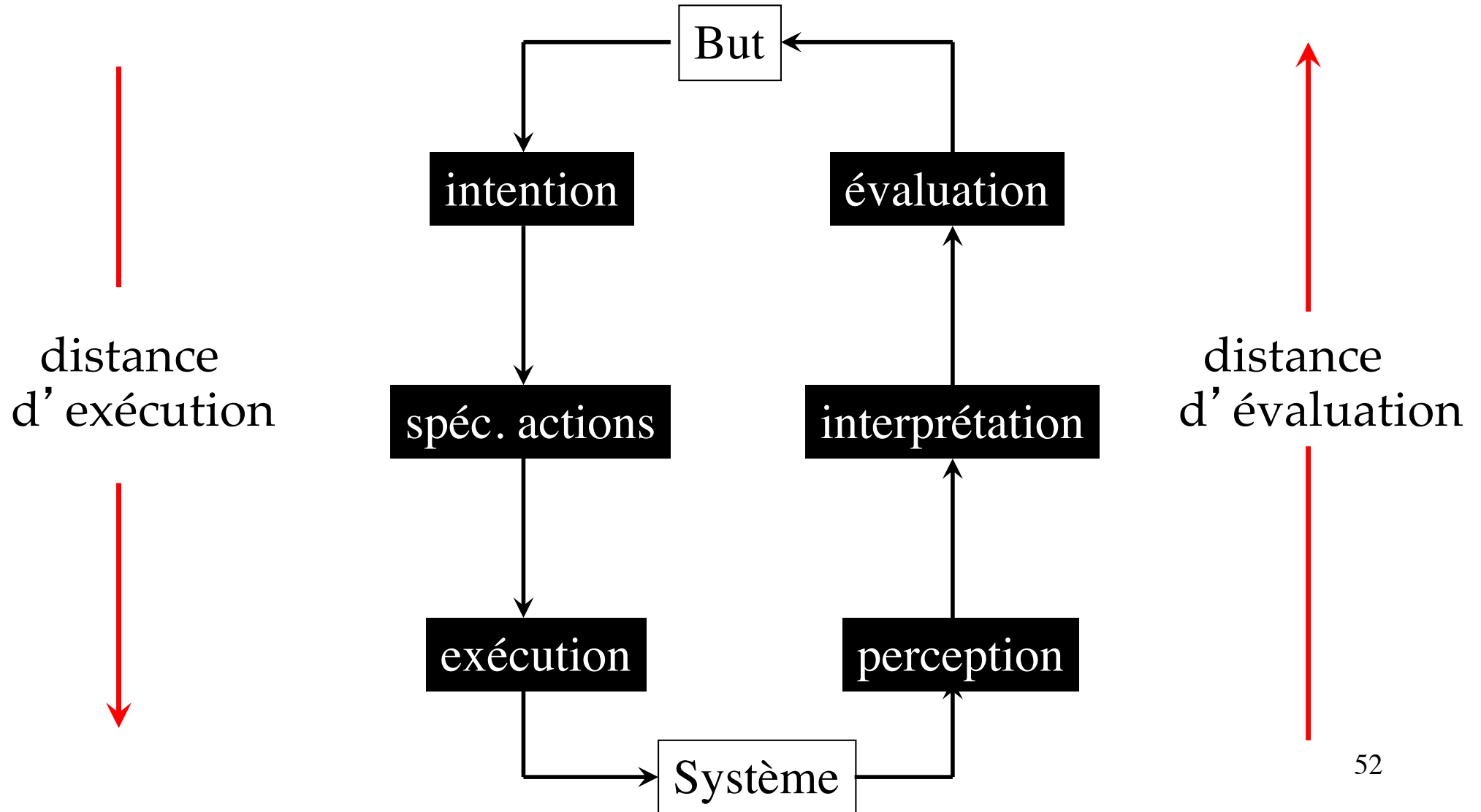
durée de stockage illimitée

accès associatif

- **Apprentissage par répétition**

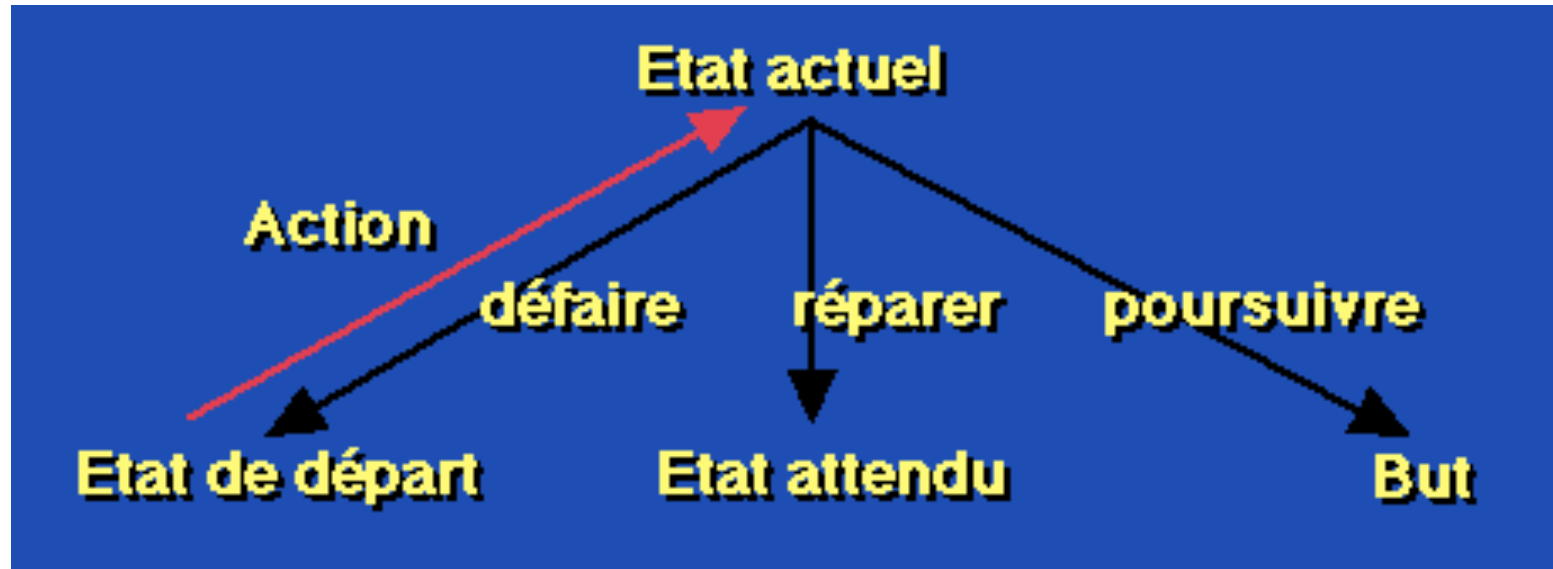
# Résolution de problèmes

## 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

rafraîchissement : images par seconde

taille mémoire (1024 x 1024 pixels) :

1 bit / pixel

128Ko

2 couleurs

8 bits / pixel

1 Mo

256 couleurs

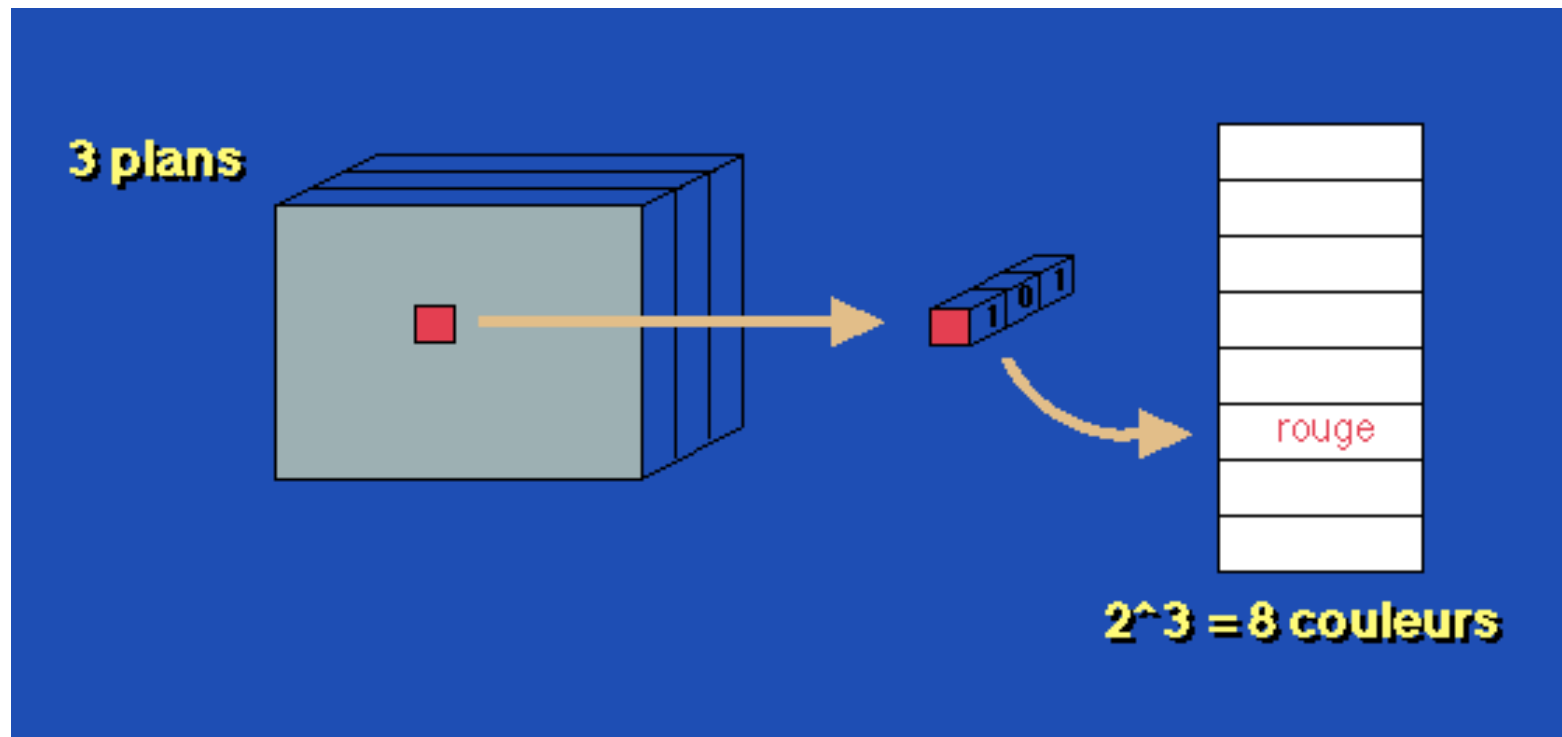
24 bits / pixel

3 Mo

16 millions de couleurs

# Ecrans

- Couleurs directes



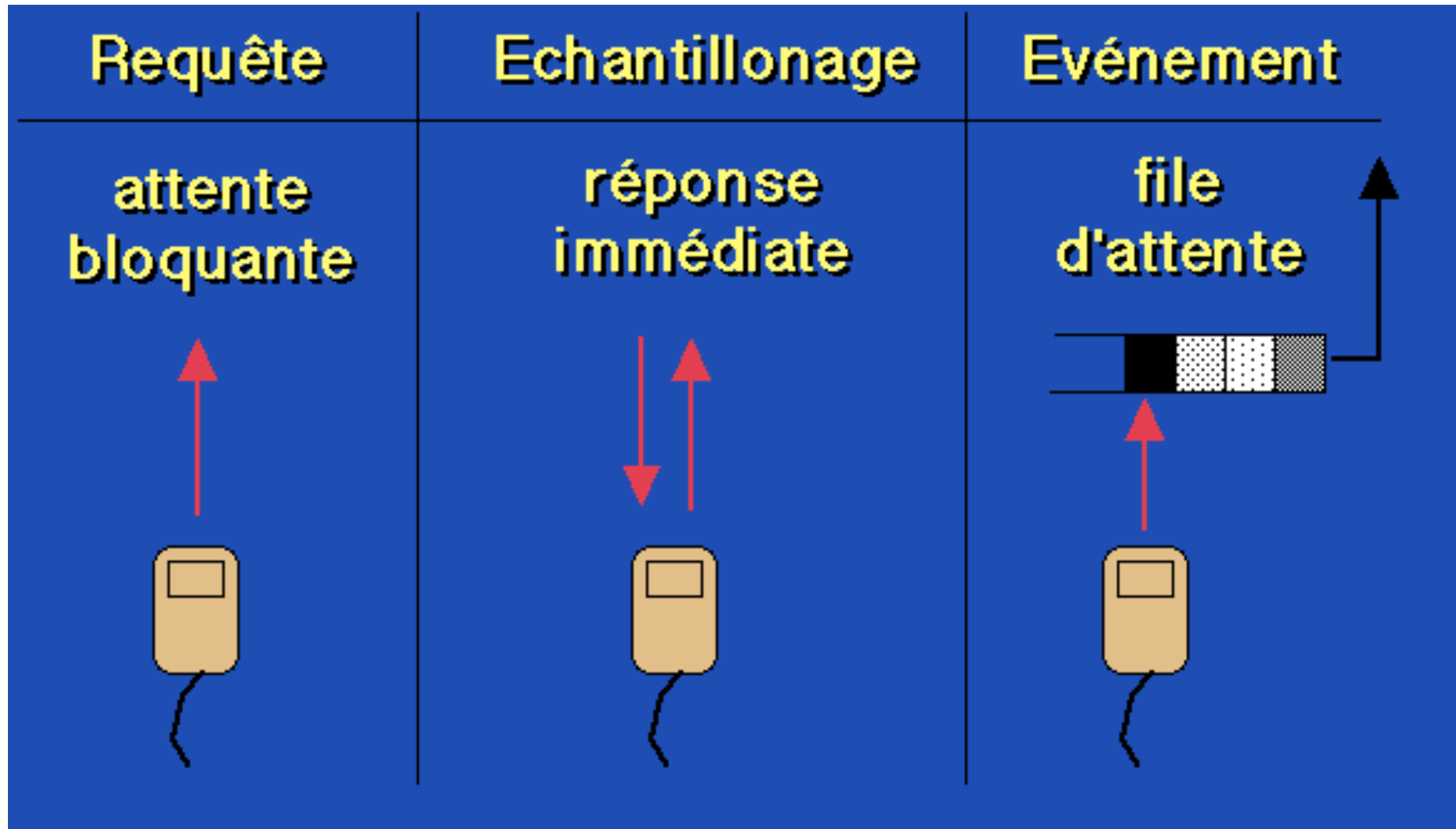
- Tables de couleurs



# 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

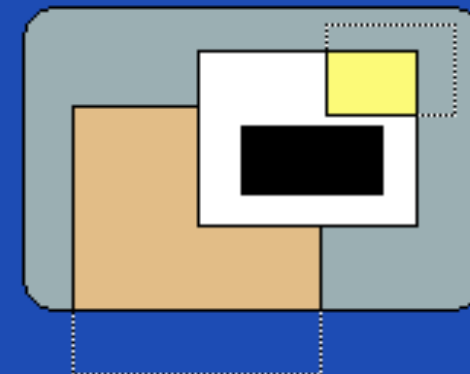
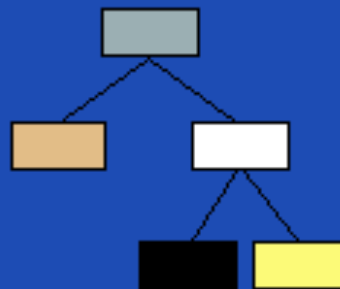
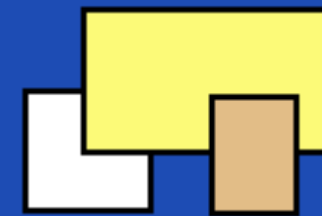


# Systemes de fenêtrage

- **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 fenêtre**

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

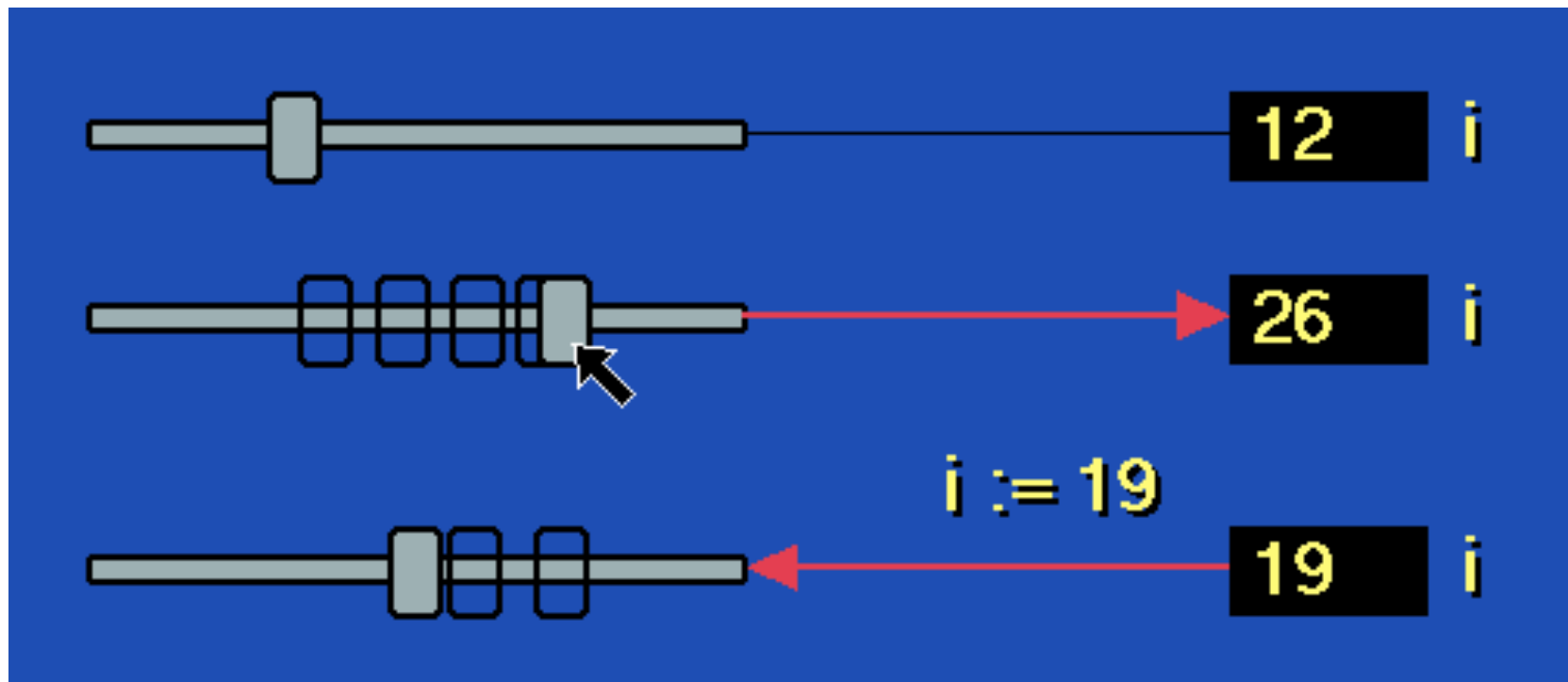




# Interface d'application

- 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 (callback)

- **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 – cours d'aujourd'hui

2- Historique des technologies de l'IHM

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

4- *Fondements ergonomiques des applications ayant une Interface Graphique*

Suivi ensuite de vos exposés.

# Evaluation du module

Un examen sur table. Questions, synthèse ou définition de termes de vocabulaire portant sur les premiers cours ou les exposés (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>01/02</u>	<b>1. Ergonomie et facteurs humains.</b> Apports de la Psychologie (vision, audition, cognition, organisation de la mémoire, etc.).
<u>01/02</u>	<b>2. Ergonomie et facteurs humains bis.</b> 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>01/02</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>01/02</u>	<p><b>4. Vision et couleur sur ordinateur.</b> La couleur, son traitement par la machine et sa perception sur écran. La vision des malvoyants et des daltoniens. Les codes, signification et utilisation des couleurs dans les interfaces graphiques.</p>
<u>08/02</u>	<p><b>5. 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>

# Sujets (suite)

<u>08/02</u>	<b>6. Hypertextualité.</b> Hypertexte, HyperCard, Intertextualité, web, etc. (Memex, histoire du web et histoire des Mac).
<u>08/02</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). Règles de conception ergonomiques d'applications informatiques comportant une IG.
<u>08/02</u>	<b>8. Web Design.</b> Conception d'une interface web : architecture interactionnelle, organisation des pages, arborescence et navigation, styles de pages, CSS. Illustration de CSS avec le projet Zen Garden.

# Sujets (suite)

<u>15/02</u>	<p><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) – un exemple de critères ergonomiques parmi : Meinadier, Nielsen, Schneiderman, Coutaz, Ravden et Johnson, Bastien et Scapin.</p>
<u>15/02</u>	<p><b>10. Evaluation des IHM.</b> Critères ergonomiques d'experts. Présentation de deux critères autres que celui traité dans l'exposé précédent (Meinadier, Nielsen, Schneiderman, Coutaz, Ravden et Johnson, Bastien et Scapin). Se mettre d'accord.</p>
<u>15/02</u>	<p><b>11. Interaction Multimodale.</b> Exemples d'interaction multimodale. Difficultés pour l'organisation des algorithmes. Notion d'entrée/sortie. Robotique.</p>

## Sujets (suite)

<u>15/02</u>	<b>12. TAP.</b> Traitement Automatique de la Parole: fondements théoriques. Logiciels de reconnaissance vocale, de synthèse vocale, exemples et applications.
<u>22/02</u>	<b>13. Dispositifs d'interaction spécifiques</b> pour handicapés, mal-entendants ou malvoyants.
<u>22/02</u>	<b>14. Systèmes d'interaction basés sur des capteurs cérébraux.</b> Exemples et applications potentielles.
<u>22/02</u>	<b>15. TAL.</b> Traitement Automatique du langage: Recherche d'information, traduction automatique, résumé de textes, compréhension. (Choisir et développer un de ces domaines)
<u>22/02</u>	<b>16. TAL bis.</b> Développer un des domaines précités non traité dans l'exposé précédent. (se mettre d'accord).

## Sujets (suite)

<b>22/03</b>	<b>16. La réalité virtuelle.</b> Définitions, exemples.
<b>22/03</b>	<b>17. La réalité augmentée.</b> Définitions, exemples.
<b>22/03</b> <b>2 pers.</b>	<b>18. IHM.2.0.</b> Les IHM du futur. Exemples: jeux vidéo, appareils ménagers, domotique, domaine médical, objets connectés, etc.
<b>22/03</b>	<b>19. Web sémantique.</b> Web2: impact sur les IHM. Plasticité.
	<b>20. 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.
	<b>21. Les robots.</b> Qu'est-ce qu'un robot ? Interaction avec les robots. <b>22. La singularité.</b> Mythe ou réalité ?