

Apports de la Psychologie Cognitive à la modélisation de l'utilisateur en IHM

MASTER INFORMATIQUE
2ème année, EID et PLS

Catherine Recanati
Université de Paris 13

1

Modélisation de l'utilisateur

- Caractérisation de son niveau d'expertise
 - Débutant, Confirmé, Expert
- Modélisation de ses processus cognitifs
 - Apprentissage, rapidité, connaissances, croyances
- Processus psychologiques
 - Importance du nombre magique 7 plus ou moins 2

2

Apports de la Psychologie Cognitive à la modélisation

- Modèle du Processeur humain
 - Trois sous-systèmes: sensoriel, moteur, cognitif
- Modèles GOMS et Keystroke
- La théorie de l'action de Norman
 - comment se fait l'accomplissement d'une tâche
- Modèle de Rasmussen

3

Modèle du Processeur Humain

S. Card, T. Moran, A. Newell
« The Psychology of Human-Computer
Interaction », 1983

4

Modèle du processeur humain

Dans ce modèle, le sujet humain est vu comme un système de traitement de l'information qui comporte 3 sous-systèmes interdépendants

- le **système sensoriel**,
- le **système moteur**,
- le **système cognitif**.

Chaque sous-système dispose

- d'un **processeur**
- d'une **mémoire**

Paramètre d'un processeur :

- τ , **cycle de base**, qui inclut le cycle d'accès à la mémoire. En général, ~ 100 ms

Paramètres d'une mémoire :

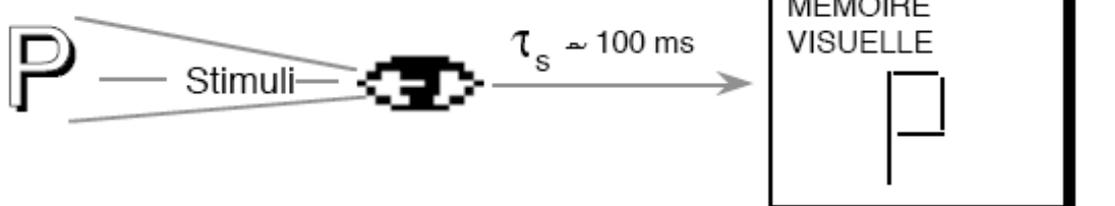
- μ , la **capacité** (c'est-à-dire le nombre d'éléments d'information mémorisés),
- δ , la **persistance** (c'est-à-dire le temps au bout duquel la probabilité de retrouver un élément d'information est inférieure à 0.5),
- K , le **type d'informations mémorisés** (physique, symbolique, etc.).

1- Le système sensoriel :

- ensemble des sous-systèmes spécialisés chacun dans le traitement d'une classe de stimuli.
- **stimulus** = phénomène physique détectable par un sous-système sensoriel.
- chaque sous-système dispose d'une mémoire spécifique dite **mémoire sensorielle** et d'un mécanisme de traitement intégré
- les stimuli sont codés dans la mémoire sensorielle pour exprimer les propriétés physiques du phénomène.

7

Le codage de la lettre P traduit les courbures et les dimensions de la lettre mais n'exprime pas sa reconnaissance, qui se concrétisera dans la mémoire à court terme.



8

- Lorsque, par suite de transferts, la capacité d'absorption de la mémoire à court terme atteint la limite de saturation, les informations des mémoires sensorielles ne sont plus transmises et se dégradent.
- Persistance des mémoires sensorielles :
 - 200 ms pour la mémoire visuelle
 - 1500 ms pour la mémoire auditive.

- Le cycle de base d'un processeur sensoriel est de l'ordre de 100 ms et varie inversement avec l'intensité du stimulus. Cela signifie qu'il faut en moyenne 100 ms pour qu'un stimulus soit représenté dans une mémoire sensorielle.
- La sensation de percevoir se manifeste plus rapidement lorsque le stimulus est intense. En conséquence, deux événements sensoriels similaires survenant dans le même cycle sont combinés en un seul mais la durée de ce cycle est sensible à l'intensité du stimulus.

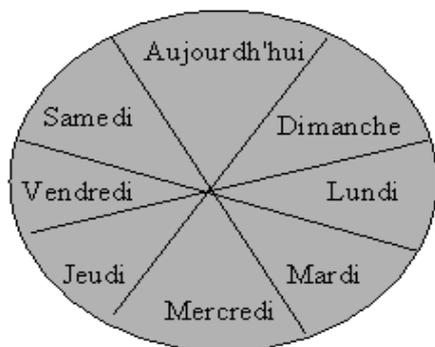
2- Le système moteur :

- C'est le système responsable des mouvements. Pour l'interaction homme-ordinateur, il s'agit généralement de la manipulation des claviers, écrans et des dispositifs de désignation.
- Un mouvement n'est pas continu mais est constitué d'une suite de micromouvements discrets. Chaque micromouvement s'accomplit en moyenne en 70 ms. Ce temps constitue le cycle de base t_m du processeur du système moteur.

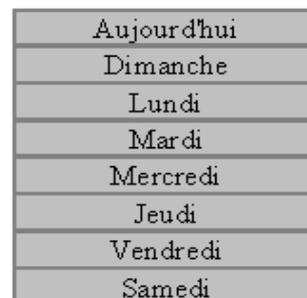
11

Exemple d'utilisation : la loi de Fitts

Menu Camembert



Menu linéaire



Lequel est le plus rapide en moyenne ?

12

3- Le système cognitif :

Le processeur du système cognitif contrôle le comportement de l'individu en fonction du contenu de sa mémoire. Cette mémoire comprend :

- la **mémoire à court terme** (appelée également mémoire de travail) qui détient les informations en cours de manipulation,
- la **mémoire à long terme**. C'est le lieu de stockage des connaissances permanentes. C'est une mémoire qualifiée parfois d'associative.

13

Mémoire à court terme

- **semblable aux registres d'un calculateur** : elle contient les opérandes d'entrée et les résultats intermédiaires des traitements en cours.

Les opérandes proviennent des mémoires sensorielles et/ou de la mémoire à long terme.

- **Les informations d'origine sensorielle sont représentées sous forme symbolique.**

Elles ne sont plus affectées des caractéristiques physiques.

ex: la représentation de P dans la mémoire à court terme traduit le fait qu'il s'agit de la lettre P.

14

Mémoire à court terme

- Les informations provenant de la mémoire à long terme sont des **mnèmes** (en anglais, "chunks") activés par le processeur cognitif.
- Un mnème est une unité cognitive symbolique, une abstraction qui peut être associée à d'autres unités. ex: " S, N, C, F " = un seul ou 4 mnèmes.
- mnème activé = disponible dans la mémoire à court terme. Les activations se propagent.
- La capacité estimée à 7 +/- 2 mnèmes (Miller 75)
- Saturation => conflit et interférence. Les éléments inutilisés se dégradent.

15

Mémoire à long terme

Rôle analogue aux mémoires centrales et secondaires d'un ordinateur :

- contient l'information de masse
- peut être lue ou modifiée
- son contenu est un réseau sémantique de mnèmes [qui représentent des procédures et des données, appelées respectivement connaissance procédurale (ou savoir-faire) et connaissance factuelle (ou connaissance de faits)].

16

Mémoire à long terme

- **opération de lecture = rechercher un mnème.**
Le succès de cette recherche transfère le mnème dans la mémoire à court terme avec un degré d'activation donné. L'échec a deux causes principales : soit aucune association n'est trouvée, soit plusieurs mnèmes interfèrent avec le mnème cible.
- **la persistance** des informations dans la mémoire à long terme **est infinie.**

17

Devinettes

- Quelle est la couleur du cheval blanc d'Henri IV ?
- Quelle est la couleur de la neige ?
- Que boit la vache ?

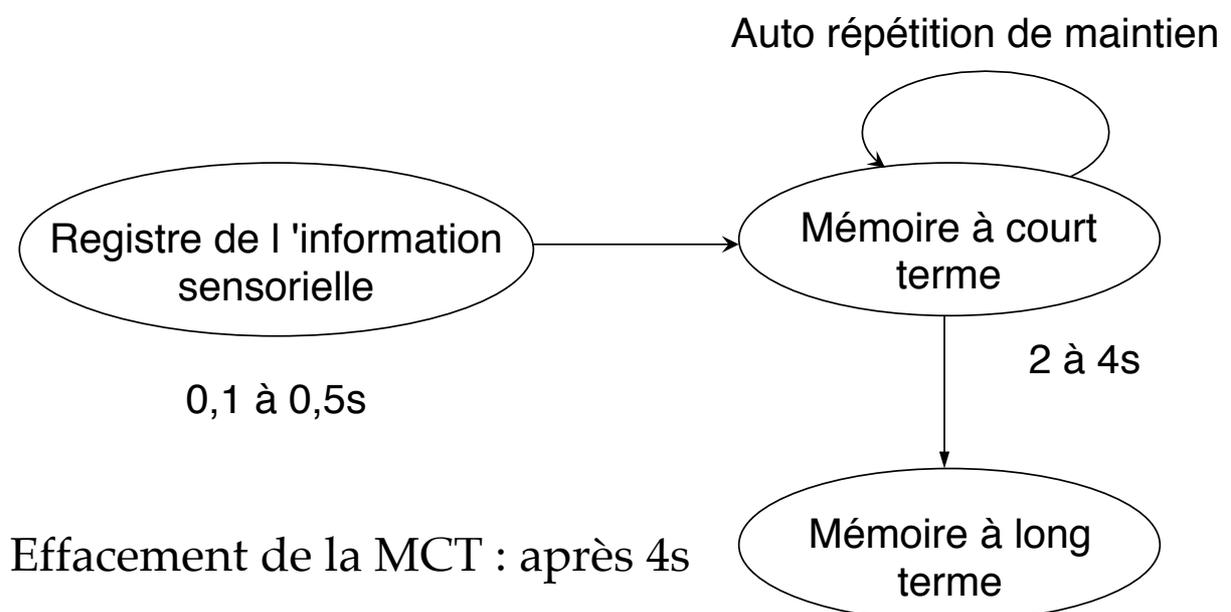
18

Mémoire à long terme

- Pour être inscrit dans la mémoire à long terme, un mnème de la mémoire à court terme doit être associé, selon des critères définis par l'individu, à un ou plusieurs mnèmes de la mémoire à long terme.
- Les chances de retrouver un mnème croissent avec le nombre d'associations discriminantes. Elles augmentent aussi avec le temps disponible pour effectuer ces associations.
- La capacité de la mémoire à long terme n'est pas limitée.

19

Mémoire à court et à long terme



20

Processeur cognitif (système cognitif)

- Cycle "Reconnaissance-Action"
- Le système cognitif reçoit des informations « symboliques » de la mémoire à court terme
 - Il utilise les informations stockées dans la mémoire à long terme pour prendre des décisions d'actions et formuler une réponse
 - Les actions modifient le contenu de la mémoire à court terme
- Cycle de base : 70 ms

21

Processeur cognitif

- Le fonctionnement du processeur cognitif est calqué sur le modèle des systèmes de production. Il opère selon le cycle « Reconnaissance-Action » (analogue au cycle « Recherche-Exécution » des calculateurs usuels)
- Dans la phase de Reconnaissance, le processeur détermine les actions de la mémoire à long terme associées aux mnèmes de la mémoire à court terme.

22

Processeur cognitif (suite)

- Dans la seconde phase, l'exécution, ces actions sont effectuées, provoquant une modification du contenu de la mémoire à court terme.
- Le cycle de base du processeur cognitif est de l'ordre de 70 ms.

23

Techniques pour favoriser la mémorisation à long terme

- Reformuler l'information
- Ajouter du sens (raconter une histoire)
- Imagination visuelle (techniques des sophistes)
- Organiser (créer un mnème)
- Faire des liens avec des connaissances existantes (catégories)

24

Exemple de perceptions

- Expérimentation: 1 volontaire SVP !
- Dire à haute voix la couleur des mots dans la liste des transparents suivants aussi vite que possible
- Dire « stop » quand c'est fini.

25

Voler
Agenda
Papier
Maison
Page
Modifier

26

Bleu
Jaune
Rouge
Blanc
Vert
Rouge

27

Autre exemple

- "Sloen une rhceerche mneée dnas une usiniervté aglanise, l'odre des ltrtes dnas un mot ne snot pas fnometadanl puor la cpremohton
- des mtos, ce qui est ipormatnt c'est que la pemrière et la dreinère letrte du mot syeont dnas les pnotisios crotecs. Les ltreets du mleilu pveeunt etre cleommpteent ierenvsés.
- Si le lteecur arirve a lrie les mtos cset prace que nuos ne lsonis pas cquhae ltrete seemparent mias le mot eientr!"

28

Exemple

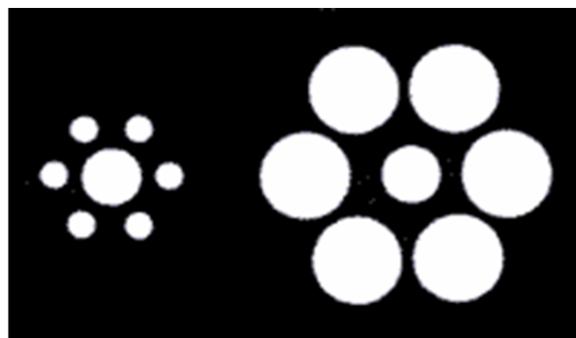
File	Edit	Reports
New...		Ctrl+N
Open...		Ctrl+O
Close		Ctrl+W
Save		Ctrl+S
Save As...		Shift+Ctrl+S
Find File		Ctrl+F
Summary Info		Ctrl+I
Print...		Ctrl+P ▶
Exit		Ctrl+Q

Avec séparateurs

File	Edit	Reports
New...		Ctrl+N
Open...		Ctrl+O
Close		Ctrl+W
Save		Ctrl+S
Save As...		Shift+Ctrl+S
Find File		Ctrl+F
Summary Info		Ctrl+I
Print...		Ctrl+P ▶
Exit		Ctrl+Q

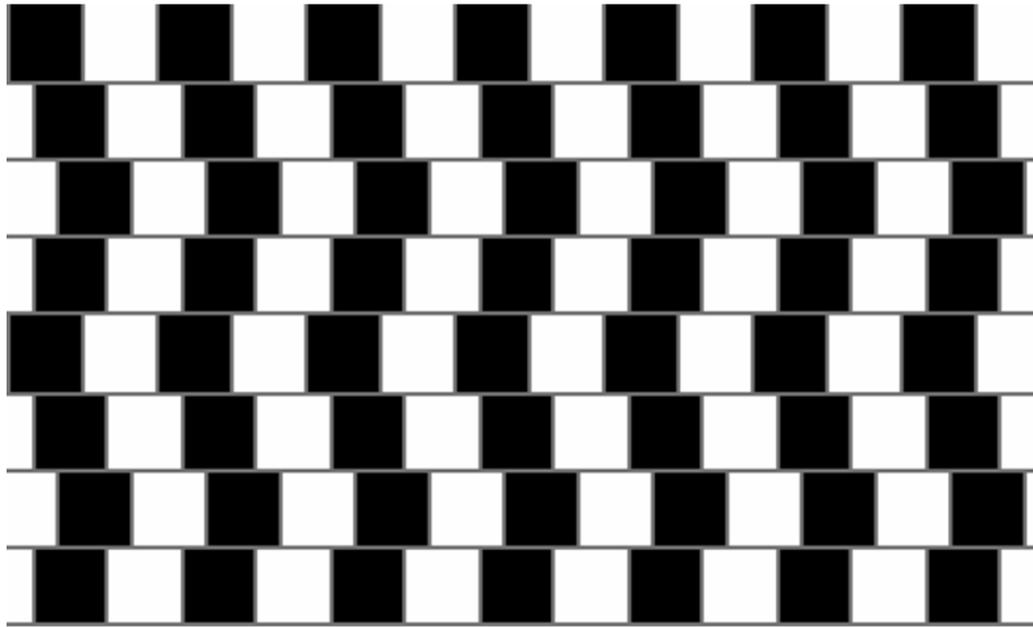
Sans séparateurs

29



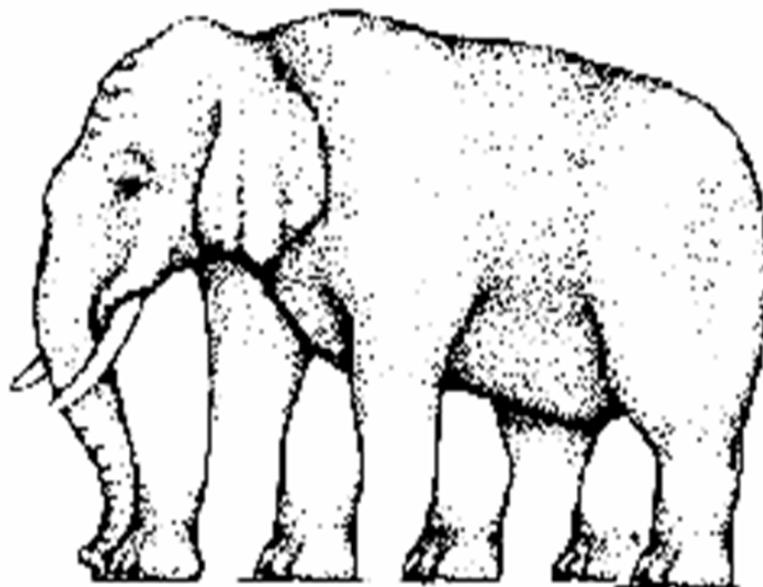
Dans ces deux figures, quel est le cercle central le plus grand ?

30



Les lignes « horizontales » sont-elles parallèles ou penchées ?

31



Combien de pieds à cet éléphant ?

32

Modèle du processeur humain

- Principes opératoires
- Limites du modèle

Principes opératoires

- **Principe du fonctionnement cyclique du processeur cognitif.**

Le système cognitif procède selon le cycle "Reconnaissance-Action".

- **Principe de Discrimination.**

La difficulté de retrouver une information est liée au nombre de candidats répondant aux mêmes indicateurs d'accès.

Principes opératoires (suite)

- **Principe de Rationalité.**

Pour atteindre un objectif, l'individu agit de manière rationnelle. Le comportement rationnel d'un individu résulte de l'union des ensembles : *buts* à atteindre, *structure de la tâche* à réaliser, *connaissances*.

- **Loi de Fitts.**

Le temps T pour placer la main sur une cible dépend uniquement du rapport entre la distance et la dimension de la cible.

35

Exemples d'application du modèle

1) Loi de Fitts et conception de la souris du Star

2) Cycle du processeur sensoriel et rafraîchissement de l'écran

En choisissant pour valeur moyenne d'un cycle 100ms, le système répond aux conditions s'il est capable de produire au moins 10 images/s. ex: Tracer d'un rectangle avec la souris.

3) Limites de la mémoire cognitive

Si un utilisateur lit une suite d'informations arbitraires, comme une quinzaine de noms de commandes dans une langue inconnue, comment va-t-il se comporter sur le plan mémorisation après avoir cessé de consulter la liste ?

36

La réponse est liée à la capacité de la mémoire à court terme (7 ± 2 mnèmes) et aux temps de persistance moyens des mémoires : 200 ms pour la mémoire sensorielle, 7 s pour la mémoire à court terme, et l'infini pour la mémoire à long terme.

La langue étant inconnue, chaque mot constitue un mnème. La liste comportant plus de 7 mnèmes, l'utilisateur va commettre des oublis, et les mots oubliés seront ceux du milieu de la liste.³⁷

Les premiers mots présentés, s'ils ont été mémorisés, sont accessibles depuis la mémoire à long terme car, au-delà de 200ms, ou bien l'information est perdue, ou bien elle est disponible dans la mémoire à long terme.

Les derniers éléments de la liste, s'ils ont été transférés depuis la mémoire sensorielle, sont encore présents dans la mémoire à court terme. Ce sont donc les éléments du milieu qui seront oubliés.

Évaluation du modèle du processeur humain

- Cadre fédérateur à diverses connaissances de psychologie
- Terminologie informatique
- Tentative de "psychologie appliquée"
- Niveau d'abstraction inadapté
- S'intéresse aux performances (motrices et perceptuelles) mais pas à la cognition
- N'indique aucune méthode de conception

39

Limites du modèle

- **Ce modèle concerne les performances motrices et perceptuelles** mais ne dit rien des structures cognitives du sujet humain. Quid de la conceptualisation et la reconstruction mnésiques qui interviennent dans l'apprentissage et la résolution de problèmes, la capacité à traiter plusieurs niveaux d'interruption, le phénomène du parallélisme et les erreurs ?
- **Le Modèle du Processeur Humain n'implique pas de méthode de conception.** Aucun élément du modèle n'indique comment satisfaire les contraintes de performance qu'il permet de déduire. **Les modèles GOMS et Keystroke, dérivés du modèle du processeur humain, tentent de combler cette lacune.**

40

GOMS

S. Card, T. Moran, A. Newell,
« The Psychology of Human-Computer
Interaction », 1983

41

GOMS

- Selon le **Principe de rationalité**, un individu s'efforce de s'adapter aux conditions de la tâche qu'il s'est fixé. Cela signifie que **son comportement est conditionné par l'environnement**.
- Selon Herbert Simon (1984) la complexité du comportement n'est pas due à la complexité interne de l'individu mais à celle de l'environnement. Il donne l'exemple de la trajectoire d'une fourmi sur le sable d'une plage (-> concept d'agent).
- ex: Traitement de texte avec Emacs "Ctrl-@ Esc-f Esc-f Ctrlw Ctrl-y Ctrl-n Ctrl-n Ctrl-n Ctrl-y" par opposition à MacWrite (qui utilise la souris).

42

GOMS

- GOMS permet de modéliser le comportement à différents niveaux d'abstraction, de celui de la *tâche* à celui des *actions physiques*.
- GOMS (= **G**oal, **O**perator, **M**ethod, **S**election) introduit quatre ensembles pour représenter l'activité cognitive d'un individu engagé dans la réalisation d'une tâche : les Buts, les Opérateurs, les Méthodes et les règles de Sélection.

43

Buts (Goals)

- But = structure symbolique qui définit un état recherché. Il lui est associé un ensemble de méthodes qui conduisent à cet état. En cas d'échec, il constitue un point de reprise à partir duquel il est possible d'amorcer d'autres tentatives.
- Les buts sont organisés de manière hiérarchique : un but complexe est atteint lorsque plusieurs sous-buts sont satisfaits.

44

Buts (Goals)

- Les buts élémentaires (sous-buts) sont réalisés par l'exécution d'une suite d'opérateurs.
- Les buts forment ainsi une structure arborescente dont les feuilles sont des opérateurs.

45

Opérateurs

- Un opérateur est une action élémentaire dont l'exécution provoque un changement d'état dans l'état mental de l'utilisateur et/ou dans l'état de l'environnement.
- Analogie entre l'ensemble des opérateurs et celui des instructions d'une machine abstraite. Un opérateur se caractérise par des opérands d'entrée et de sortie et par le temps nécessaire à son exécution.

46

Opérateurs

- Lorsque l'analyse est fine, l'opérateur reflète des mécanismes psychologiques élémentaires (sensoriels, moteurs ou cognitifs).
- Lorsqu'elle s'effectue à un niveau d'abstraction élevé, les opérateurs sont des unités d'action spécifiques à l'environnement (par exemple les commandes du système).

47

Méthodes

- Une méthode décrit le procédé permettant d'atteindre un but. C'est une suite conditionnelle de buts et d'opérateurs, dont les conditions font référence au contenu de la mémoire à court terme et à l'état de l'environnement.
- Elles représentent un **savoir-faire** et constituent la **connaissance procédurale**. Elles sont le résultat de l'expérience acquise et non pas celui des plans d'action construits dynamiquement pendant l'exécution de la tâche.

48

Exemple

Dans un éditeur textuel ayant des commandes clavier et des commandes souris, le choix entre les méthodes clavier ou souris pour déplacer le curseur d'entrée peut s'exprimer en fonction de la distance entre la position actuelle du curseur, et la localisation visée :

si le but à atteindre est placer le curseur au bas de la fenêtre

et

si la position actuelle du curseur est loin du bas de la fenêtre

alors utiliser la méthode M1;

49

Exemple (suite)

si le but à atteindre est placer le curseur au bas de la fenêtre

et

si la position actuelle du curseur est proche du bas de la fenêtre

alors utiliser la méthode M2;

M1: prendre la souris; déplacer la souris au point désiré; sélectionner;

M2: tant que le curseur n'est pas sur la ligne désirée taper ctrl-n; tant que le curseur n'est pas au point désiré taper esc-f;

50

S. Card, T. Moran et A. Newell définissent 4 niveaux d'analyse : niveau tâche, niveau fonctionnel, niveau argument et niveau physique.

- *Le niveau tâche* structure l'espace de travail en une **hiérarchie de sous-tâches** dont la nature dépend uniquement du domaine. Les éléments terminaux de la décomposition sont des **tâches conceptuelles élémentaires**.
- *L'analyse fonctionnelle* modélise les tâches élémentaires en termes de fonctions du système. A ce niveau de modélisation, **l'accomplissement d'une tâche est décrit par une suite de fonctions.**

51

- *Le niveau argument* précise, pour chaque fonction, sa réalisation par une suite de commandes. A ce niveau de modélisation, **l'accomplissement d'une tâche est décrit par une suite de commandes.**

- *Le niveau physique* décrit en termes **d'actions physiques** la spécification d'une commandes.

Keystroke est une illustration de cette dernière classe de modélisation.

52

Apports de GOMS

- GOMS véhicule une **méthode de conception compatible avec celle des informaticiens**. La modélisation d'une tâche peut être raffinée ou, au contraire, élaborée à partir de constituants élémentaires.
- GOMS fournit un support formel pour des **évaluations prédictives de performance**. En effet, la description d'une tâche donnée définit la suite des opérateurs que l'utilisateur va employer pour la réaliser. Connaissant le temps d'exécution de chaque opérateur, on peut prédire le temps nécessaire à la réalisation de la tâche.

53

Limites de GOMS

- GOMS n'offre **pas de support théorique d'aide à la structuration d'une tâche**. Nous avons vu que l'informaticien retrouve dans GOMS le repère familier de l'analyse descendante et ascendante. Mais ici, le sujet d'analyse n'est pas un programme mais une tâche, notion que l'informaticien n'a pas l'habitude de manipuler.
- La réussite d'une analyse de tâche suppose la connaissance approfondie des mécanismes de représentation mentale. GOMS n'offre aucun support théorique dans ce sens. **C'est un modèle prédictif et quantitatif de performance.**

54

Limites de GOMS

- Avec GOMS, le phénomène observé est l'accomplissement de **tâches de routine réalisées sans erreur**. Or, l'erreur est inévitable et le traitement des erreurs est un casse-tête, y compris dans le cas simple de systèmes déterministes.
- Dans le cas du sujet humain, le traitement d'une erreur peut se voir comme la réalisation d'une tâche particulière. S'il s'agit d'une tâche de routine, alors il lui correspond un plan qui peut être greffé sur l'arbre de résolution. La question qui se pose alors est le lieu d'insertion du sous-plan. A ce problème, GOMS n'apporte aucun élément de réponse.

55

Keystroke

S. Card, T. Moran, A. Newell

« The Psychology of Human-Computer Interaction » , 1983 .

56

Keystroke

Etant donnés

- une tâche (constituée éventuellement de plusieurs sous-tâches),
- le langage de commande du système,
- les paramètres caractéristiques des capacités motrices de l'utilisateur,
- les paramètres des temps de réponse du système, et
- la méthode de réalisation de la tâche,

=> Prédire le temps d'exécution de cette tâche par un utilisateur expert.

57

- Comme GOMS, Keystroke s'intéresse aux performances sans erreur.
- Contrairement à GOMS, Keystroke ne prédit pas de choix de méthode : celle-ci est donnée.
- Seconde restriction par rapport à GOMS, Keystroke évalue le temps d'exécution, et pas le temps total d'accomplissement d'une tâche. (Le temps d'accomplissement d'une tâche est la somme du temps d'acquisition et du temps d'exécution. Pendant l'acquisition, l'utilisateur construit une représentation mentale de la tâche).

58

- L'exécution est la réalisation physique de la tâche. Le temps d'acquisition et le temps d'exécution sont considérés indépendants. **Keystroke s'intéresse uniquement au temps d'exécution.**
- Puisque Keystroke se situe au niveau lexical et que la méthode de réalisation de la tâche est donnée, les notions de buts et de règles de GOMS deviennent inutiles.
- **Keystroke n'utilise finalement que deux ensembles d'entités, les opérateurs et les méthodes.**

59

Opérateurs de Keystroke

Keystroke introduit six opérateurs pour décrire l'exécution d'une tâche élémentaire :

- K ("Keystroking", frappe de touches du clavier ou de la souris),
- P ("Pointing", désignation),
- H ("Homing", rapatriement de la main),
- D ("Drawing", action de dessiner),
- M ("Mental activity", activité mentale)
- R ("Response time", temps de réponse du système).

60

Le temps d'exécution d'une tâche est la somme des temps passés à exécuter chaque classe d'opérateurs.

$$T_{\text{exec}} = T_K + T_P + T_H + T_D + T_M + T_R$$

- L'opérateur K représente la frappe d'une touche du clavier ou l'acte d'appuyer sur un bouton de la souris (ou tout autre dispositif de désignation).

on peut estimer T_K sur une population à partir de tests avec

$$T_K = (\text{durée totale des tests}) / (\text{nombre touches frappées sans erreur})$$

61

- L'opérateur P représente le déplacement du curseur de la souris vers une cible. Une variante de la loi de Fitts donne le temps de saisie

$$T = K_0 + I \log_2(D/L + 0.5) \text{ secondes}$$

où K_0 , est une constante qui tient compte du temps nécessaire pour ajuster la saisie initiale de la souris et pour appuyer sur un bouton de sélection. Les mesures expérimentales de S. Card, et alii (83) fournissent $K_0 = 1.03 \text{ s}$

- I est une constante évaluée à : $I = 0.1 \text{ s}$,
- D est la distance entre la position actuelle de la souris et celle de la cible,
- L est la largeur de la cible.

62

et on en déduit $T_P = (K_0 - T_K) + I \log_2(D/L + 0.5)$. En remplaçant les constantes et les temps par leurs valeurs, on obtient pour T_P

borne inférieure : $T_P = 0.8$ s,

borne supérieure : $T_P = 1.5$ s (avec $D/L = 128$), et

valeur moyenne : $T_P = 1.1$ s

- L'opérateur H représente les aspects pragmatiques de l'interaction homme-machine, en particulier le changement d'utilisation d'un dispositif physique.

$T_H = 0.4$ s (d'après Card 83)

63

- L'opérateur D représente l'utilisation de la souris pour construire un dessin sur l'écran. Avec des tests de tracé de segments de droite, Card, Moran et Newell ont obtenu :

$T_D = 0.9 n + 0.16 l$ où n = le nb de segments,
et l = la somme de leurs longueurs

- L'opérateur M représente l'activité mentale dont l'individu a besoin pour se préparer à exécuter un opérateur physique K, P, H ou D.

Card, Moran et Newell (83) ont simplifié la situation et proposé une seule valeur : $T_M = 1.35$ s

64

- L'opérateur R a trait aux temps de traitement des commandes par le système. T_R est le temps pendant lequel le système fait attendre l'utilisateur.

Si n est le temps de traitement d'une commande par le système, et si t est le temps exploité par l'utilisateur pour exécuter un opérateur pendant le traitement de la commande, T_R vaut :

$$-T_R = 0 \quad \text{si } n \leq t$$

$$-T_R = n - t \quad \text{si } n > t$$

65

Codage des méthodes

Une méthode s'exprime sous la forme d'une suite d'opérateurs. Par exemple, pour entrer la commande unix **ls** au clavier, la méthode correspondante s'écrit :

M K[l] K[s] K[retour-chariot]

ou, de manière plus condensée :

M 3K[l s retour-chariot].

Si maintenant, la commande **ls** est spécifiée avec la souris, la méthode devient :

H[souris] M P[souris] K[bouton-souris] H[clavier] 66

- Les occurrences de M (= activité mentale) dans une méthode dépendent des opérateurs physiques et du savoir-faire de l'utilisateur. Le savoir-faire est une donnée spécifique à chaque utilisateur.
- Pour modéliser cette spécificité aux caractéristiques imprécises, Card, Moran et Newell utilisent des règles heuristiques.

La définition de ces heuristiques s'appuie sur l'observation qu'un utilisateur tend à partitionner une méthode en sous-méthodes et à insérer une activité mentale entre chacune. Les unités de base d'une méthode élémentaire correspondent essentiellement aux unités syntaxiques d'une commande.

67

Les règles suivantes déterminent de manière approximative la décomposition d'une méthode :

- *Règle 0* : insérer M devant tous les K qui ne font pas partie de chaînes argument. Insérer M devant un P qui correspond à la désignation d'un nom de commande.
- *Règle 1* : supprimer M si l'opérateur qui suit M peut être anticipé avec l'opérateur qui précède M (par exemple, dans PMK, K représente l'acte d'appuyer sur un bouton de la souris. On considère que l'activité mentale pour K est anticipée dans P).

68

- *Règle 2* : si une chaîne de la forme MKMK....MK, constitue un mnème, par ex., le nom d'une commande, supprimer tous les M sauf le premier.
- *Règle 3* : si K est un symbole de terminaison redondant, supprimer le M qui le précède. K est un symbole de terminaison redondant s'il suit un autre symbole de terminaison.
- *Règle 4* : si K termine une constante (par exemple un nom de commande et non pas un argument), supprimer le M qui le précède. Mais si K termine une variable (par exemple, un argument), alors conserver M.

69

Exemple : Appliqué à la tâche de l'exemple qui consiste à placer le curseur en bas de la fenêtre dans un éditeur de commandes souris / clavier, le modèle Keystroke prédira dans quels cas la méthode souris (M1) est préférable à la méthode clavier (M2).

Le codage d'une méthode s'effectue en 3 étapes :
 codage sous forme d'opérateurs physiques,
 introduction de d'opérateur M d'activité mentale avec la *règle 0*, puis application de *règles 1, 2, 3 et 4* pour supprimer les M.

70

Exemple pour M1: prendre la souris; déplacer la souris au point désiré; sélectionner;

1. H[souris] P[souris] K[bouton-souris] H[clavier]
2. H[souris] M P[souris] M K[bouton-souris] H[clavier]
3. H[souris] M P[souris] K[bouton-souris] H[clavier]

d'où

$$T_{M1} = 2t_H + t_P + t_K + t_M$$

Exemple pour M2 : tant que le curseur n'est pas sur la ligne désirée taper ctrl-n; tant que le curseur n'est pas sur le mot désiré taper esc-f;

Si l'utilisateur a tapé m fois ctrl-n et p fois esc-f :

1. K[touche control] m {K[touche n]} p {K[touche esc] K[touche f]}
2. M K[touche control] m {M K[touche n]} p {M K[touche esc] M K[touche f]}
3. M K[touche control] m {K[touche n]} M p {K[touche esc] K[touche f]}

$$\text{d'où } T_{M2} = 2t_M + (m + 2p + 1) t_K$$

Donc M1 est préférable à M2 si : $T_{M1} < T_{M2}$

c'est-à-dire si :

$$2t_H + t_P + t_K + t_M < 2t_M + (m + 2p + 1) t_K$$

en remplaçant les t par les temps moyens de Card et alii: ($t_H = 0.4$ s, $t_P = 1.1$ s, $t_K = 0.2$ s, $t_M = 1.35$ s)

on arrive à $m + 2p > (2t_H + t_P - t_M) / t_K$

soit (1) $m + 2p > 2.75$

⇒ pour $m=1$ et $p=1$, la souris est mieux adaptée.

Mais c'est un résultat hatif. Dans la relation, le facteur influent est t_M (1.35 s). Pour un expert Emacs, ce nb est surévalué, et peut-être absent !

73

Car si on supprime le terme t_M (en le considérant absent pour un expert) on obtient que M1 est préférable à M2 si :

$$(2) \quad m + 2p > 9.5$$

Ce résultat est compatible avec le comportement observé sur des utilisateurs expérimentés.

Cette différence importante entre (1) et (2) révèle deux difficultés : celle de définir une heuristique adaptée à l'utilisateur, et celle de déterminer la valeur des paramètres.

74

Évaluation de Keystroke

- C'est un outil d'analyse quantitative et prédictif
- La modélisation est simple et compréhensible (bémol: sur l'exemple du curseur cette simplicité n'est qu'apparente)
- La notion d'opération mentale (pause entre deux unités de sous-méthodes) est imprécise

Évaluation de Keystroke

- L'ajustement des règles requiert des compétences non informatiques
- On ne distingue pas les touches ordinaires et les touches de contrôle.
- L'analyse se fait au niveau local (lexical) des unités de base des sous-méthodes. Il n'y a pas de niveau sémantique global.

La Théorie de l'Action

D. Norman, « Cognitive Engineering, User Centered System Design », New Perspectives on Computer Interaction, 1986.

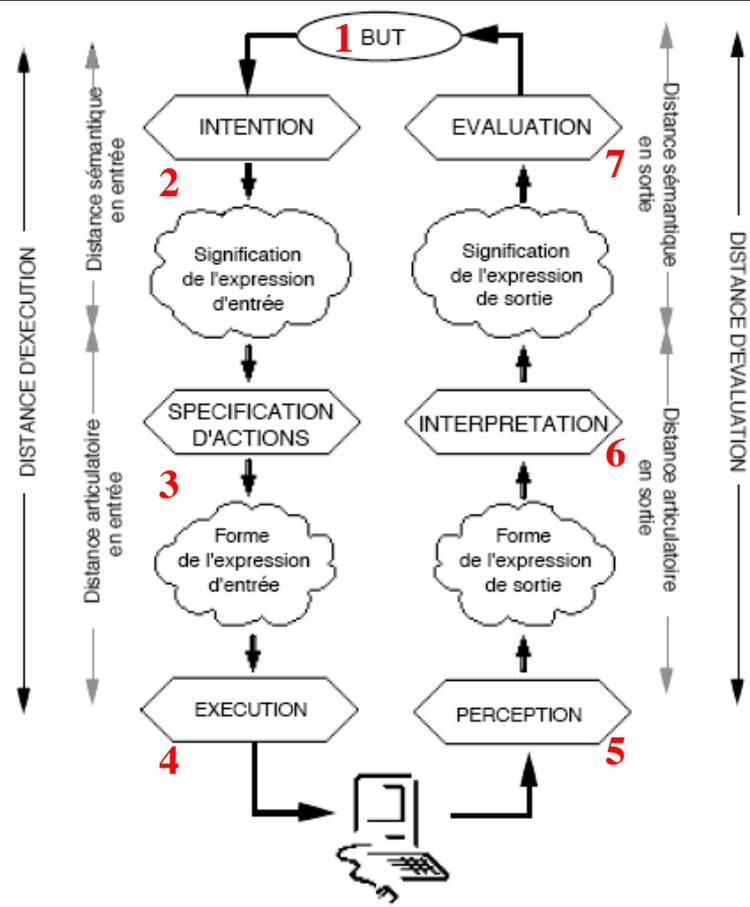
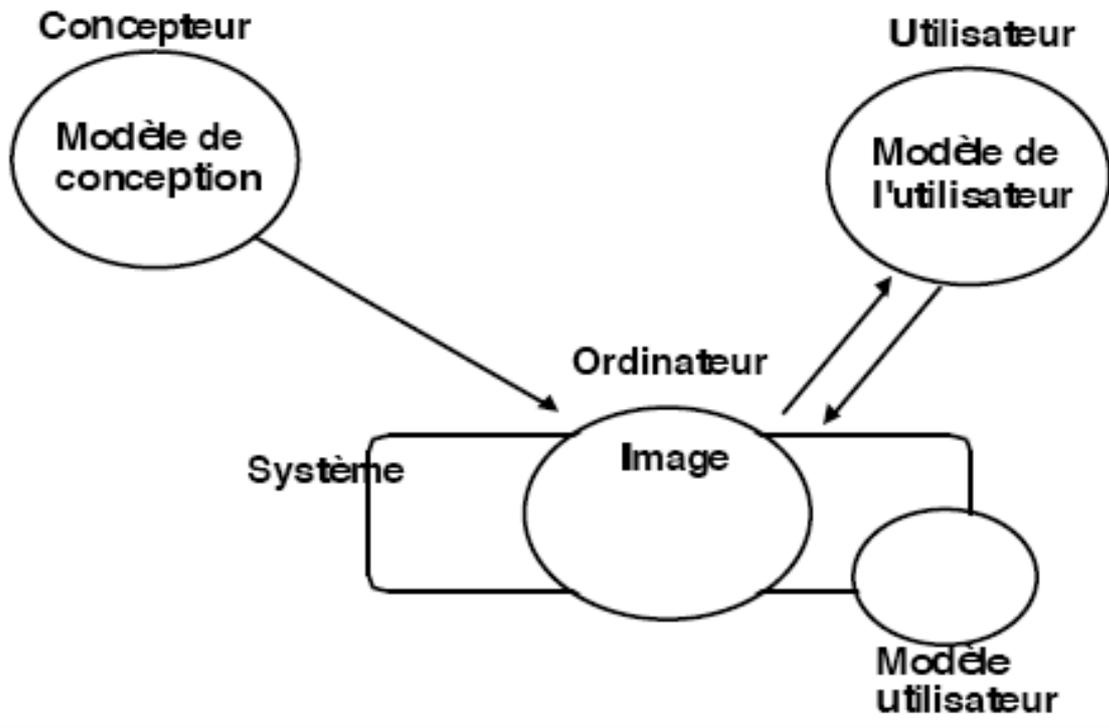
77

Théorie de l'action

- Théorie fondée sur la notion de modèle conceptuel
 - Modèle de l'utilisateur : des variables psychologiques
 - Modèle de conception : variables physiques
 - Image : représentation physique du système
- Permet de structurer l'accomplissement d'une tâche (par une décomposition en 7 activités)

78

Modèle Conceptuel



Découpage d'une tâche en 7 activités

L 'accomplissement d 'une tâche

- 1^{ère} étape : Établir un but
 - Le but = représentation mentale d'un état désiréExemple : détruire un fichier
- 2^{ème} étape : Formation d'une intention
 - Résulte de l'évaluation de la distance entre le but et l'état actuelExemple : détruire un fichier ➔ retirer l'objet sélectionné

81

L 'accomplissement d 'une tâche

- 3^{ème} étape : Spécification de la suite d'actions à entreprendre
 - traduction de l'intention en une suite d'actionsexemple : Mettre le fichier à la poubelle
- 4^{ème} étape : Exécution des actions
 - met en jeu le savoir-faire moteur

82

L 'accomplissement d 'une tâche

- 5^{ème} étape : Perception de l'état du système
exemple :
 - état antérieur : liste de fichiers contenant le fichier à supprimer
 - état actuel : liste de fichiers sans le fichier à supprimer
 - Perception possible : le fichier à supprimer a disparu
- 6^{ème} étape : Interprétation
exemple : le fichier a disparu → le fichier a été détruit

83

L 'accomplissement d 'une tâche

- 7^{ème} étape : Évaluation
 - établit une relation entre le but et la sémantique de l'expression de sortie
 - peut conduire à modifier le plan
 - exemple : comparer le fichier détruit avec le but

84

La théorie de l'action (résumé)

Objectif du concepteur : réduire les distances mentales par le biais de l'image du système

- **distance d'exécution** : l'effort cognitif de l'utilisateur pour la mise en correspondance entre la représentation mentale de sa tâche et la représentation physique induite de l'image du système
- **distance d'évaluation** : l'effort inverse

85

Exemple du bain

- Tâche de l'utilisateur :
 - remplir une baignoire avec deux robinets indépendants d'eau chaude et eau froide
- Objectif de l'utilisateur :
 - avoir une certaine température t et un certain débit d
- Variables psychologiques :
ici, d et t



Exemple du bain

- Variables physiques (du système)
 - d_c et t_c : débit et température de l'eau chaude c
 - d_f et t_f : débit et température de l'eau froide f
- commandes physiques : robinets de d_c et d_f
- relations entre les variables physiques et psychologiques :
 - $d = d_c + d_f$
 - $t = (d_c.t_c + d_f.t_f) / (d_c + d_f)$

87

Exemple du bain

- Etape 1 : fixer le but
 - remplir la baignoire avec une température spécifique et un débit spécifique
- Etape 2 : Comment atteindre le but ?
 - en tournant les 2 robinets
- Etape 3 : Planification
 - tourner le robinet d'eau chaude entièrement
 - tourner le robinet d'eau froide pas à pas

88

Exemple du bain

- Etape 4: exécuter les actions
- Etape 5: perception de l'état du système
 - mettre la main dans la baignoire ou sous le robinet pour percevoir la température de l'eau
- Etape 6: interprétation de l'état du système
 - la température t à une certaine température

89

Exemple du bain

- Etape 7 : évaluer l'état du système par rapport au but (et peut-être redéfinir des intentions)
 - l'eau n'est pas assez chaude, ce n'est pas la température voulue
 - en conséquence, je dois diminuer le débit d'eau froide

90

Exemple du bain

- Pour atteindre le but, il peut être nécessaire de refaire les sept étapes plusieurs fois !!!
 - Evaluer l'état du système et planifier d'autres actions
 - C'est trop chaud
 - C'est trop froid
 - Le débit n'est pas suffisant, etc.

91

Constat sur l'exemple du bain

Problèmes rencontrés par l'utilisateur

- correspondance entre les variables physiques et les dispositifs physiques
 - quel robinet dispense l'eau froide ?
 - comment faire varier le débit (dans quel sens tourner ?)
- correspondance entre variables physiques et variables psychologiques
 - refroidir le bain tout en gardant le débit ?
 - diminuer le débit en gardant la température constante ?

92

Constat : exemple du bain

Problèmes pour l'évaluation des résultats :

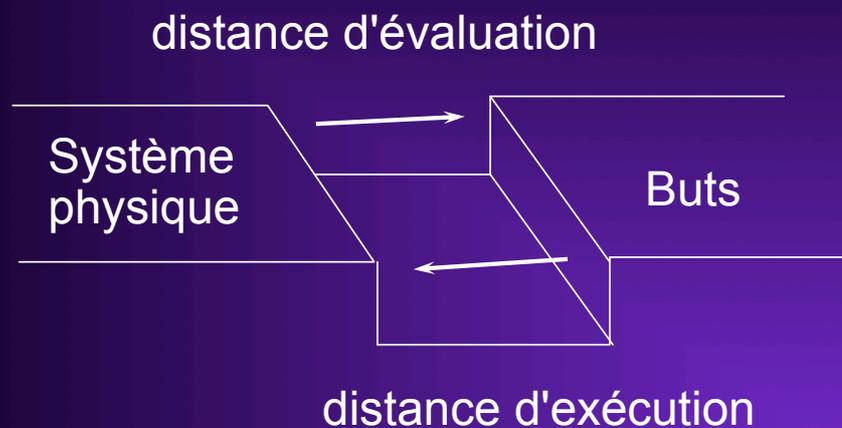
- évaluer la valeur du débit
- évaluer la valeur de la température

➔ Problème avec la réalisation de la tâche

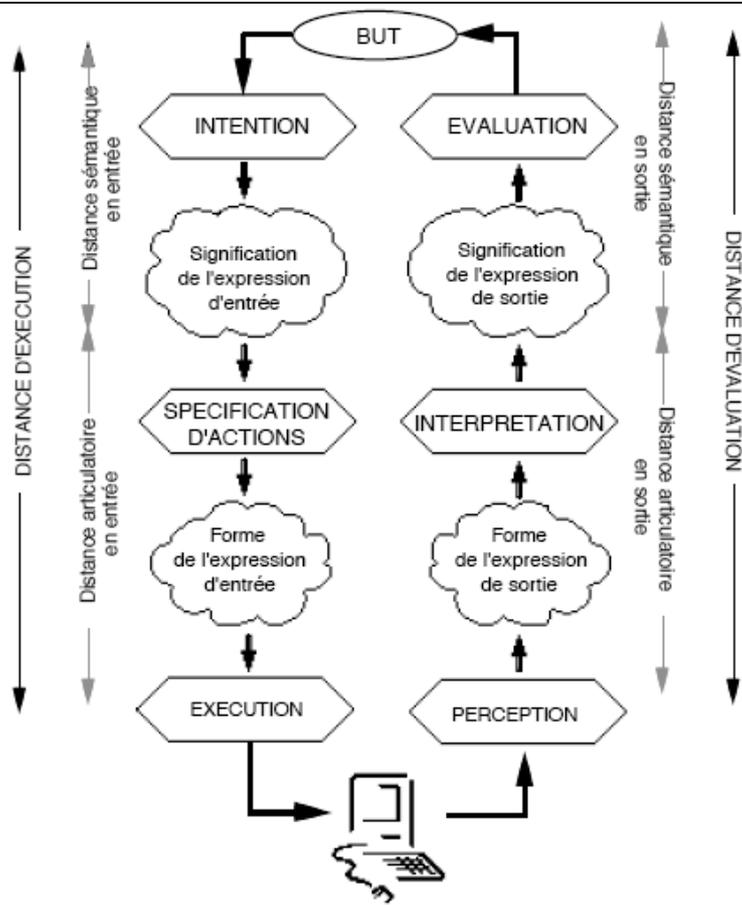
➔ Le dispositif physique du bain ici n'est pas adapté: il est orienté système mais pas utilisateur

93

Gouffre exécution / évaluation



94



95

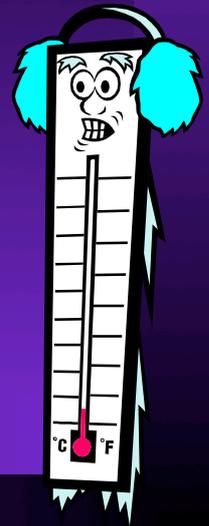
Réduire le gouffre de l'exécution

- Améliorer la mise en correspondance entre intention et sélection d'actions
- Jouer sur l'affordance visuelle des éléments d'interaction
 - capacité à suggérer leur fonction visuellement
- Feedback proactif des éléments d'interaction
 - doit anticiper les attentes

96

Exemple : un thermostat de chauffage central

- Vous rentrez chez vous et il fait froid. Que faites-vous avec le thermostat du chauffage central ?
 - A : Je le monte à fond
 - B : Je le monte à 20°



Interprétation de ce comportement

- Trois modèles de l'utilisateur possibles :
 - ① Le thermostat régule directement la température de l'eau dans les tuyaux (ou celle de la résistance électrique)
 - ② Le thermostat régule la proportion de temps où le chauffage fonctionne (0% du temps en bas, 100% du temps à fond)

Interprétation de ce comportement

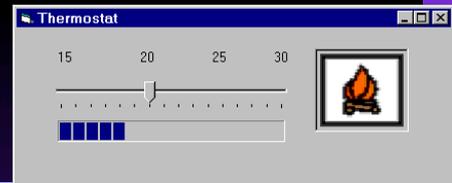
(Trois modèles possibles) :

- ③ Le thermostat agit comme un interrupteur, ouvrant le chauffage si la température est inférieure à celle programmée
- 

Problème ici pour réduire le « gouffre de l'évaluation »

- Manque de feedback
 - L'action sur le thermostat n'a pas d'effet immédiatement perceptible
 - Difficile de savoir si le but est atteint ou non (perception de la température)

Améliorations

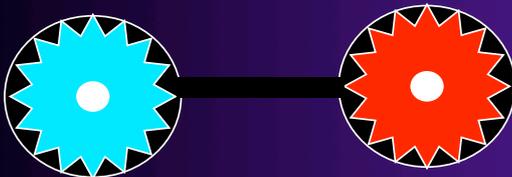


- Permettre à l'utilisateur de construire un meilleur modèle du système
- Améliorer le feedback
 - Indication visuelle du fonctionnement du chauffage (feedback immédiat)
 - Indication de la température réelle par rapport à la température programmée
 - Permet de déterminer facilement si le but est atteint

101

Correspondance entre intention et sélection des actions

- Intention « Supprimer un fichier » et les actions
 - Mettre l'icône du document sur celle de la poubelle
 - Activer « Supprimer » dans le menu « Fichier »
 - Taper `rm /users/recanati/fichier`
- Robinets mitigeurs: affordance



102

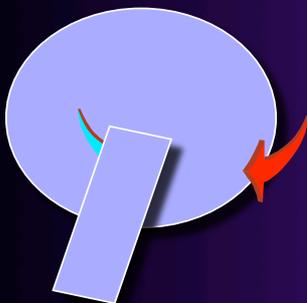
Affordance

- Fait référence à l'attribut d'un objet qui permet de savoir comment utiliser cet objet
 - Exemples : une poignée (classique) de porte invite à appuyer dessus pour ouvrir la porte. Les scrollbars invitent à bouger l'ascenseur vers le haut ou le bas
- Norman (1988) utilise ce terme pour discuter de la conception des objets physiques de tous les jours
- Le terme a été popularisé dans le cadre du design des objets des interfaces

103

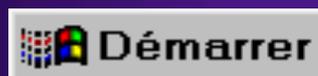
Affordance: problèmes

Robinet mitigeur

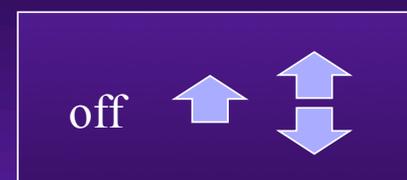


Comment avoir de l'eau plus chaude ?

Windows'95



Four électrique



Grille du haut ou du bas ?

Les télécommandes

104

Affordance: problèmes



Feedback Proactif

- Indiquer visuellement les actions significatives dans un contexte donné
 - Boutons, textes ou zones grisés
- Signaler la complétion d'une action
 - Signal d'acheminement Télécom
 - Barre de progression
 - Curseurs de souris

Modèle de Norman et Design

Avec quelle facilité un utilisateur peut-il :

- Déterminer les fonctions du système ?
- Connaître les actions disponibles ?
- Trouver les correspondances intention / action ?
- Exécuter les actions ?
- Percevoir l'état du système ?
- Déterminer si le système est dans l'état désiré ?

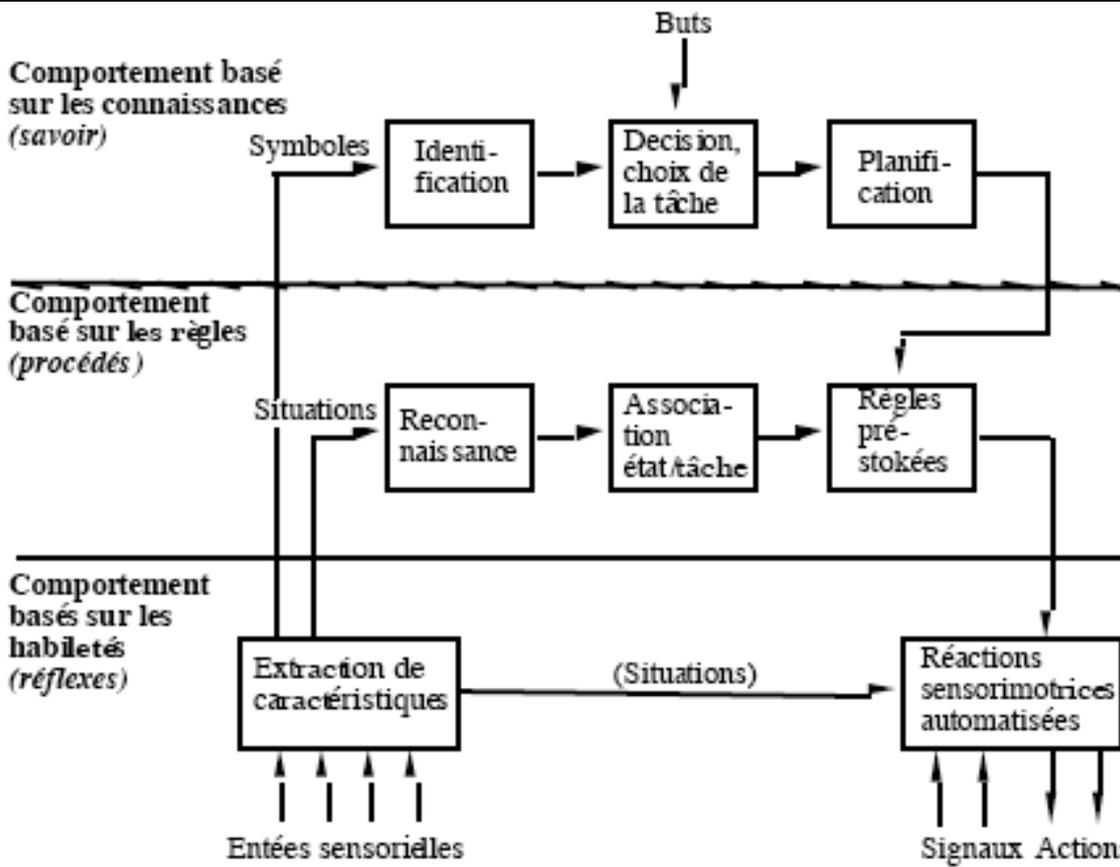
107

Modèle de Rasmussen

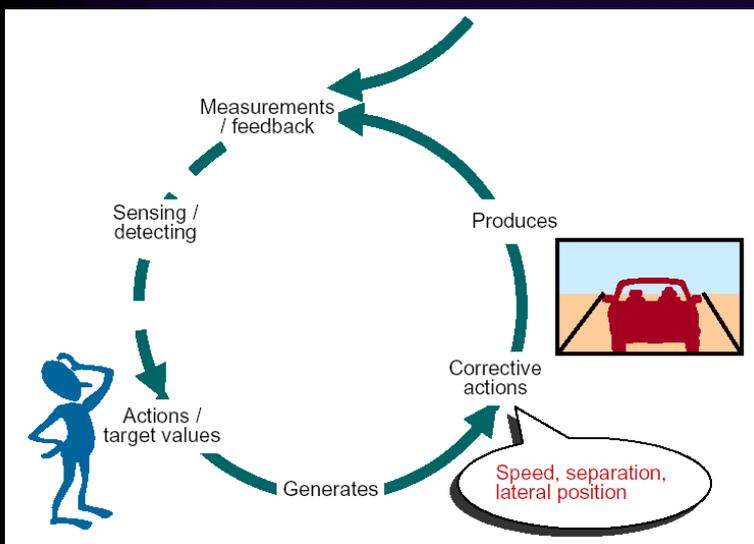
Un modèle simplifié des 3 niveaux de contrôle des comportements humains

J. Rasmussen, « Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering », 1986

108



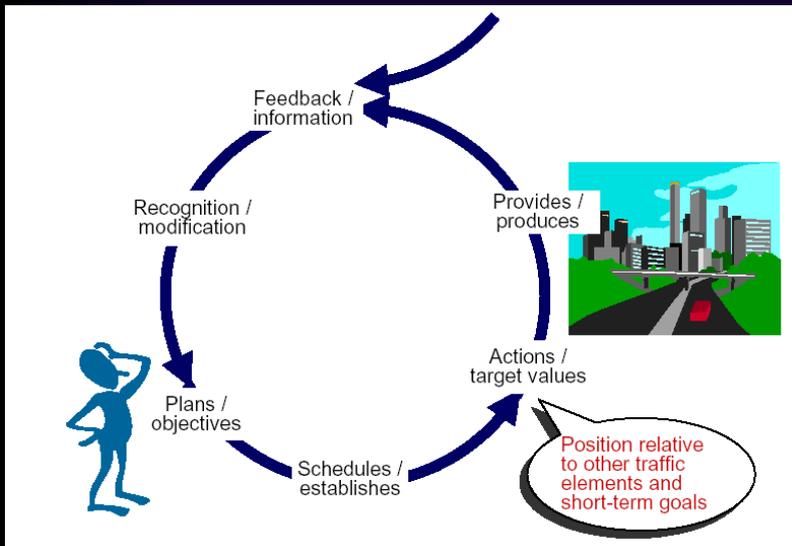
La conduite : niveau « réflexe »



A ce niveau, les activités d'un conducteur expérimenté sont réalisées quasi automatiquement, sans y porter bcp d'attention et avec peu d'effort.

Exemples : suivre la route, rouler à une certaine vitesse, etc.

La conduite : niveau « procédés »

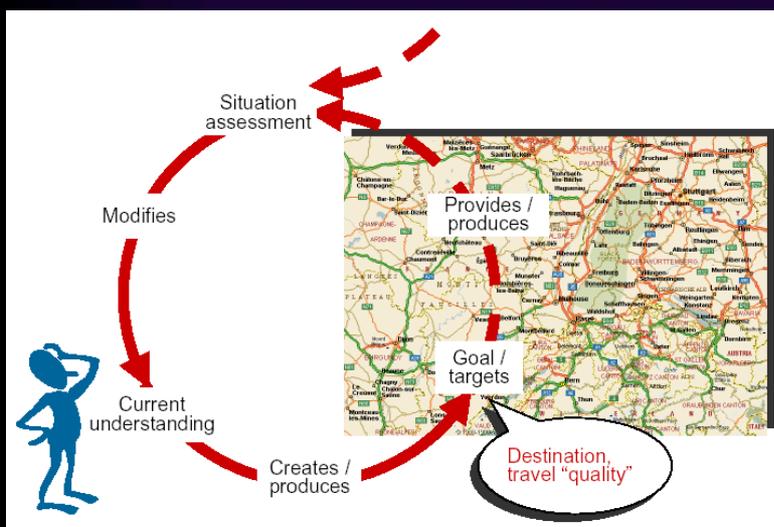


A ce niveau, les activités ne sont pas réalisées automatiquement. L'utilisateur sait ce qu'il fait et ce qu'il souhaite.

Ex : doubler une voiture, éviter un obstacle détecté à l'avance

111

La conduite : niveau « savoir »



A ce niveau, les activités sont choisies et réalisées dans un but précis. L'utilisateur détermine ce qu'il doit faire pour atteindre ce but.

Ex : l'utilisateur pense qu'il va y avoir des bouchons. Il change d'itinéraire en fonction de l'endroit où il se trouve.

112

Le modèle de Rasmussen

- **Avantages**

- fournit un cadre de modélisation de l'utilisateur
- complète la théorie de l'action de Norman

- **Inconvénients**

- Le niveau de détail ne permet pas de dépasser les trois classes novice/intermédiaire/expert
- Il ne distingue pas les différents types de connaissances de l'utilisateur, par exemple la connaissance du domaine et celle de l'interface

113

Merci à

Christelle Farenc de l'IRIT
pour son cours de DEA

www.irit.fr/recherches/HIC/farenc/documents/cours_dea_2il_2003.ppt

Et à Joëlle Coutaz

pour les 2 chapitres de son livre

<http://iihm.imag.fr/nigay/ENSEIG/M2ProGI/MODELESIHM/Chap1-ProcHumain.pdf>

<http://iihm.imag.fr/nigay/ENSEIG/M2ProGI/MODELESIHM/Chap2-GomsKestroke.pdf>

114

Modélisation de la tâche

Modélisation de la tâche

- Objectif : décrire la manière typique dont un utilisateur peut utiliser un système donné pour parvenir à un but donné
 - but : état final du système Homme-Machine
- La tâche sera décrite comme une suite de commandes offertes par le système (séquences, parallélisme, synchronisation)

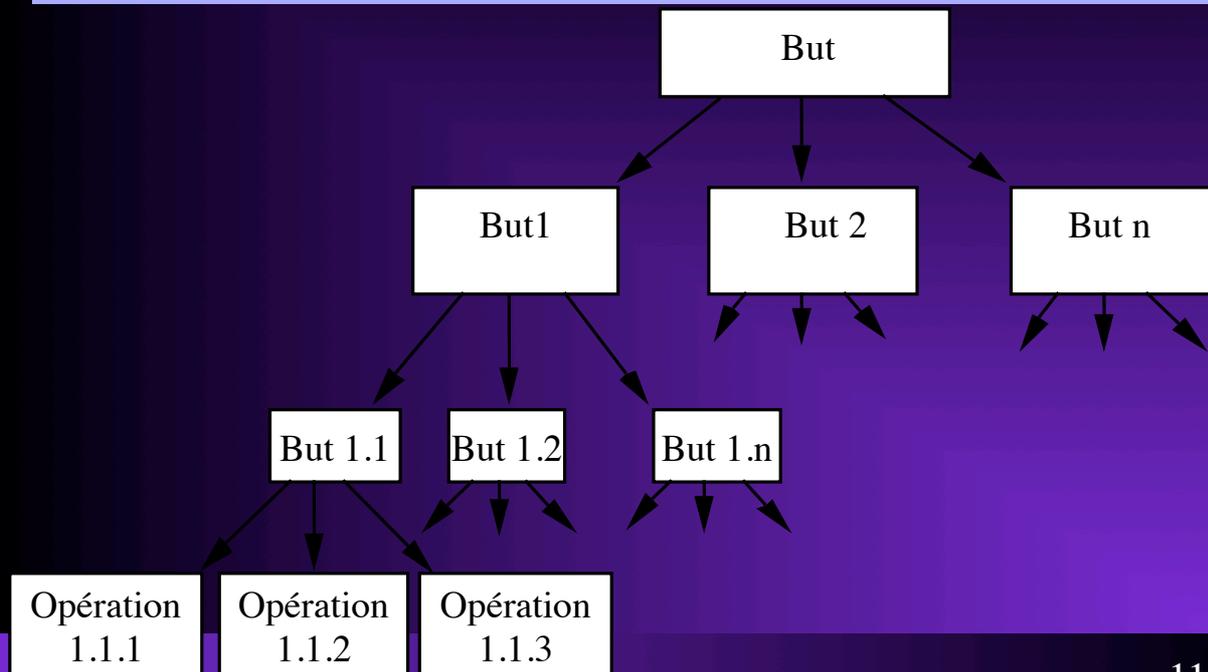
117

Modélisation de la tâche

- Planification hiérarchique
 - Description de la tâche guidée par les buts
 - Convient aux tâche préplanifiées et éventuellement procédurales
 - Ne convient pas aux tâches nouvelles ni à la résolution de problèmes

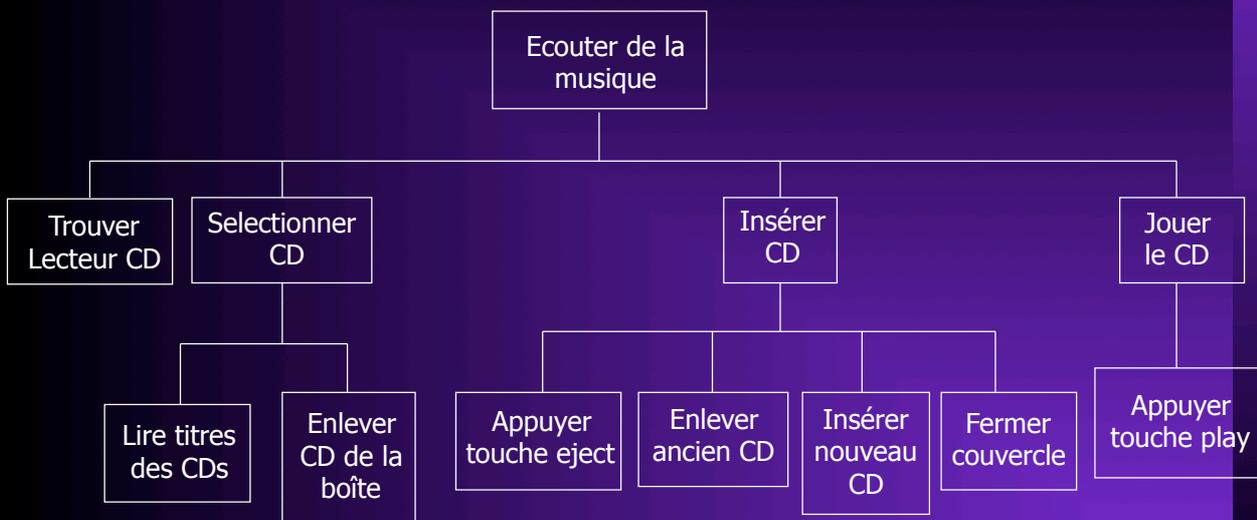
118

Planification hiérarchique



119

Exemple



120

But de la tâche

- Le BUT est très important !
- L'utilisateur interagit avec le système pour atteindre son but. Quand le but est atteint, l'utilisateur arrête son interaction
 - Exemples :
 - Distributeur de billets ou de services bancaires
 - Distributeur de timbres de la poste

121

Catégories de tâches

- Tâche prescrite (prévue)
 - Recueillie par l'analyste par interview.
 - Recommandée, standard.
- Tâche effective
 - Recueillie par l'observation des opérateurs
- Influence le mode de recueil des besoins utilisateur
 - entretiens/observations/interviews

122

Exemple de catégories de tâches

- Une bibliothèque

- Bibliothécaire : « quand je reçois une demande d'achat de livre, je cherche le numéro ISBN, je rempli un bon de commande et je faxe le BC à la librairie ». C'est une tâche prescrite.

- La tâche effective (obtenue par observation) : comme il y a beaucoup de travail dans la bibliothèque, les demandes d'achat sont stockées et une seule fois par semaine, les achats sont faits

➔ **Conséquence:** l'outil doit permettre de rechercher et d'acheter une LISTE de livres, et non pas un seul.

123

Utilisation d'un modèle de tâche

- Evaluer la complexité de réalisation d'une tâche donnée avec les fonctionnalités offertes par le système
- Optimiser le système afin de faciliter l'accomplissement des tâches typiques
- Construire un système en suivant une logique d'utilisation et non pas de fonctionnement

124

Fonctionnement / Utilisation

- Logique de fonctionnement
 - décrit l'application du point de vue informatique
- Logique d'utilisation
 - décrit l'application du point de vue de l'utilisateur qu'en fera l'utilisateur pour l'exécution de sa tâche
 - utilisé pour concevoir la structure des menus et le guidage

125

Fonctionnement / Utilisation

- Exemple du robinet mitigeur
 - Variables physiques : débit d'eau chaude, débit d'eau froide
 - Grande distance entre le but et les opérateurs offerts
 - Variables psychologiques : débit global, température
 - Effort dans la conception du système pour se rapprocher des préoccupations de l'utilisateur

126

Logique de fonctionnement ou d'utilisation

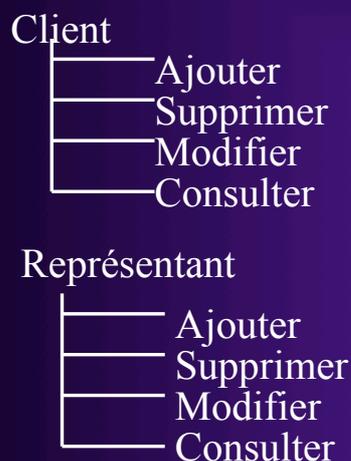
- exemple d'un système informatique



127

Logique de fonctionnement

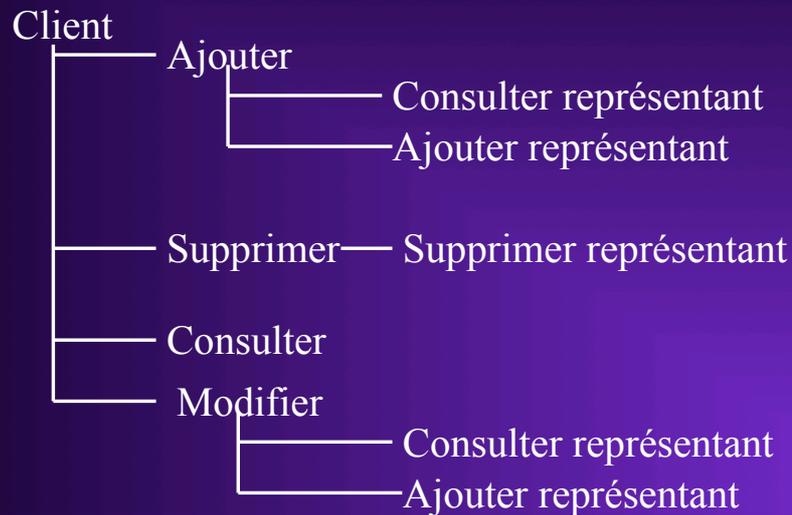
- Vision de l'informaticien (les fonctionnalités)



128

Logique d'utilisation

Organiser le système d'après l'analyse de la tâche



129

Comment modéliser la tâche ?

Différents modèles et notations de tâches existent, par exemple :

- UAN (User Action Notation, H. Hartson)
- MAD (Méthode Analytique de Description de tâches, D. Scapin)
- CTT (Concurrent Task Tree, Paterno)

mais il en existe beaucoup d'autres.

130