

Interactions Homme-Machine

2 - Apports de la Psychologie Cognitive et Méthodes de conception

Plan du cours

1. IHM et facteurs humains
2. Apports de la psychologie cognitive
3. Modèles de traitement humain de l'information
4. Modèle du processeur humain
5. Modèle GOMS – Goal Operator Method Selection
6. Modèle KLM – Keystroke Level Model
7. Théorie de l'action - Norman

IHM et facteurs humains

- La réussite d'un projet informatique n'est pas seulement technique.
- La démarche ergonomique vise à intégrer la **composante humaine**.
- Comprendre et prendre en compte les capacités, les caractéristiques, et les objectifs de l'utilisateur.
- « point de vue utilisateur » dans le processus de **conception**.
- Le besoin de **modéliser l'utilisateur**.



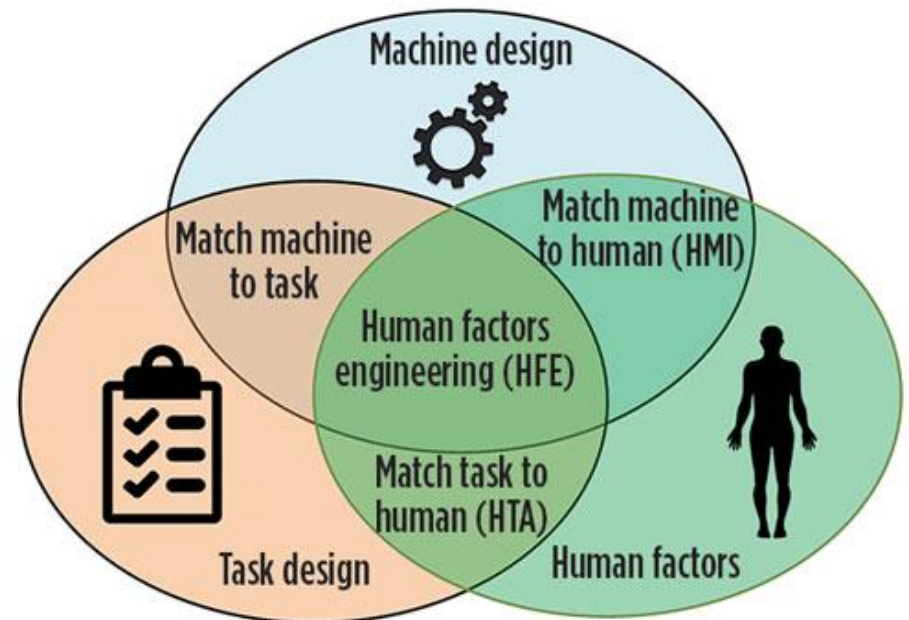
IHM et facteurs humains

Modélisation de l'utilisateur

- Représentation des connaissances et des préférences des utilisateurs en prenant en compte :
 - ✓ Caractérisation de son niveau d'expertise : Débutant, Confirmé, Expert.
 - ✓ Ses processus cognitifs : Apprentissage, connaissance, croyances.
 - ✓ Ses processus psychologiques et aspects socioculturels (langages, conventions sociales, etc.)
- Systèmes de personnalisation et d'adaptation aux besoins spécifiques de l'utilisateur .
- Représentation interne de l'utilisateur afin de mieux le servir.

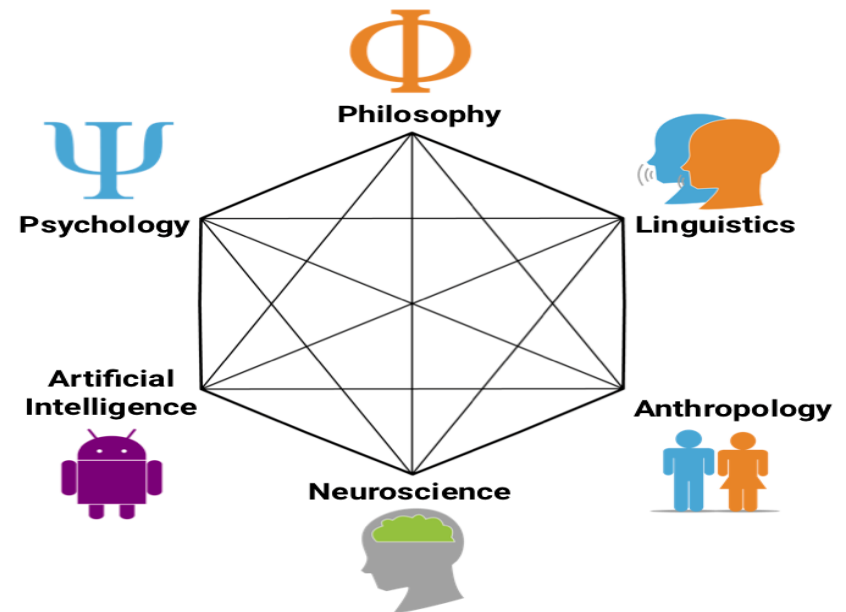
IHM et facteurs humains

- L'étude des facteurs humains prend racine dans la psychologie.
- L'étude des facteurs humains est consacrée à l'étude des limites et des avantages que présentent le corps et le cerveau humain dans leurs interactions avec l'environnement.
- Travaux de la Psychologie cognitive.



Apports de la psychologie cognitive

- **La psychologie cognitive :**
 - Comprendre les mécanismes fondamentaux du fonctionnement de l'esprit.
 - Etude des fonctions psychologiques de l'être humain telles que la **mémoire**, l'**attention**, le langage, le raisonnement, **perception**, l'intelligence, etc.
 - Produit des **modèles** pour prédire et expliquer le comportement du facteur humain.



Apports de la psychologie cognitive

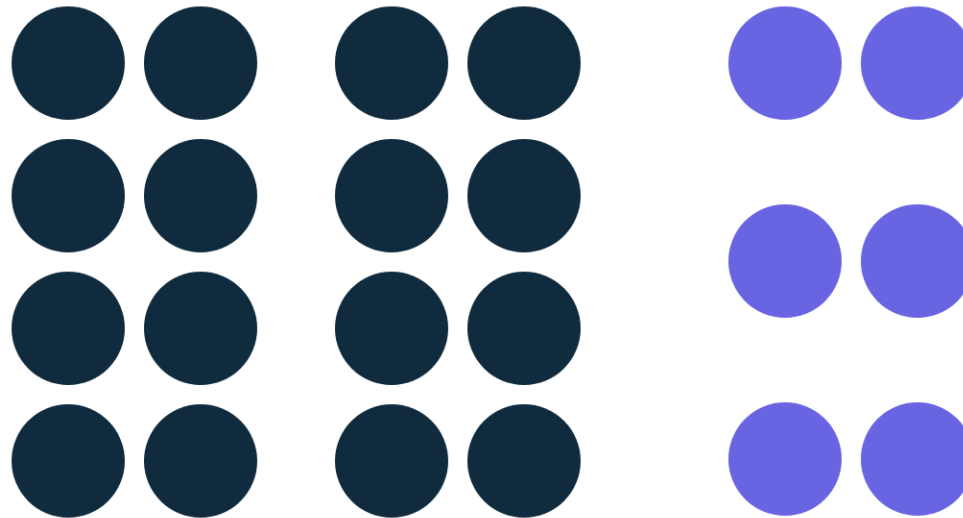
Notion de **Perception**

- Ensemble des mécanismes par lesquels nous reconnaissons, nous organisons et donnons du sens aux **sensations** que l'on reçoit à partir des **stimuli** de l'environnement.
- Elle fait appel aux 5 **sens** (surtout visuel) et permet d'interagir dans l'environnement. On parle de cycle **perception-action**.
- Ensemble des mécanismes psychologiques et physiologiques dont la fonction est de prendre de l'information et de l'interpréter :
 - ✓ pour élaborer un diagnostic
 - ✓ pour prendre une décision
 - ✓ pour construire un plan d'actions
 - ✓ pour emmagasiner des connaissances

Apports de la psychologie cognitive

Notion de **Perception**

- Quelques principes d'organisation perceptive: Gestalt Theory
- **Principe de proximité** : on a tendance à organiser, regrouper ensemble tout ce qui est proche dans le champ visuel.



Apports de la psychologie cognitive

Notion de **Perception**

- Quelques principes d'organisation perceptive: Gestalt Theory
- **Principe de similitude** : on a tendance à voir ensemble tout les objets qui ont la même forme, les éléments qui se ressemblent.



Apports de la psychologie cognitive

Notion de **Perception**

- Principes d'organisation perceptive: Gestalt Theory
- **Principe de fermeture** : on a tendance à remplir les éléments vides.



Apports de la psychologie cognitive

Exemples de Perception

- Effet Stroop : est l'interférence que produit une information non pertinente au cours de l'exécution d'une tâche cognitive.
- Énoncer la couleur dans laquelle est écrit chacun de ces mots le plus rapidement possible :

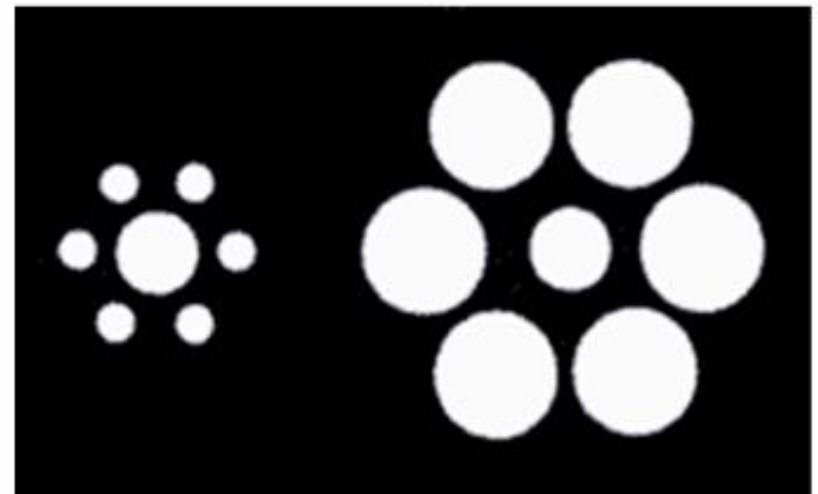
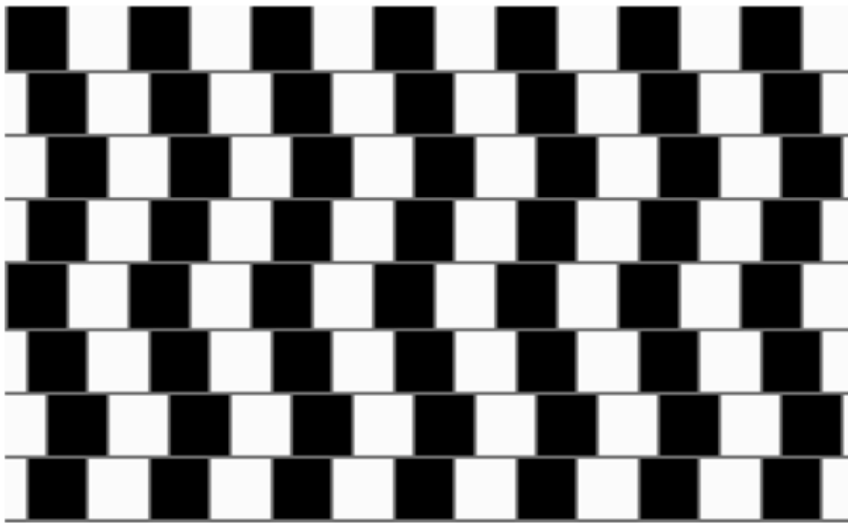
vert
rouge
bleu
orange
noir
violet

vert
rouge
bleu
orange
noir
violet

Apports de la psychologie cognitive

Exemples de Perception

- Sensations erronées



Apports de la psychologie cognitive

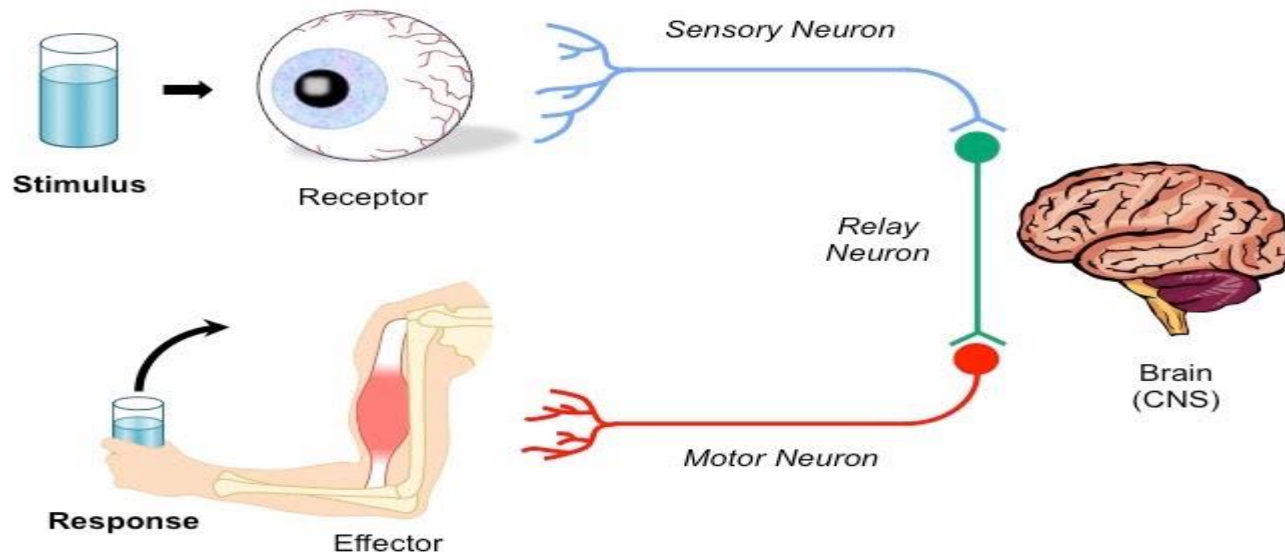
Exemples de Perception

- "Selon une recherche menée dans une université anglaise, l'ordre des lettres dans un mot ne sert pas fondamentalement pour la compréhension.
- des mots, ce qui est important c'est que la première et la dernière lettre du mot soient dans les positions correctes. Les lettres du milieu peuvent être complètement inversées.
- Si le lecteur arrive à lire les mots ce parce que nous ne lisons pas chaque lettre séparément mais le mot entier!"

Apports de la psychologie cognitive

Organisation de la **mémoire**

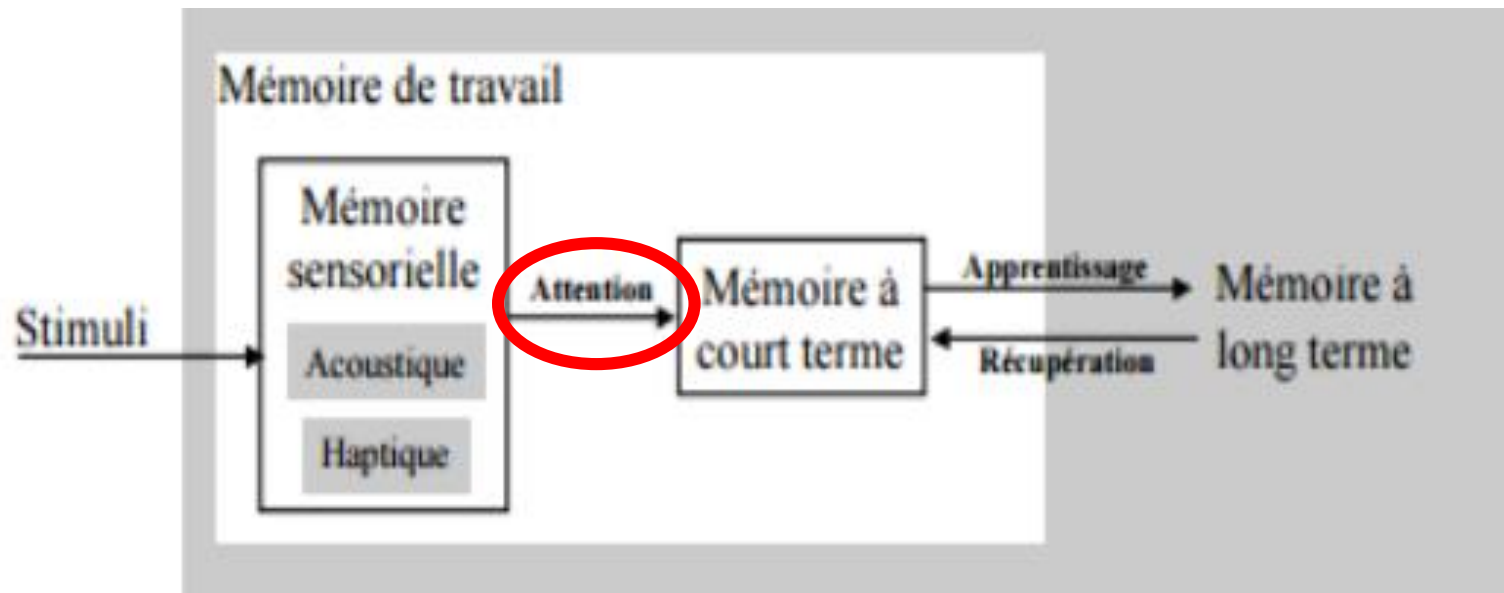
- Mémoire **sensorielle** : reçoit pour une période limitée les stimulus en provenance de nos sens (vue, ouïe).
- **Stimulus** : En psychologie expérimentale, celui-ci désigne tout ce qui a un effet excitant sur un organisme vivant : son, image, lumière, une source de chaleur, odeur, etc. Facteur qui déclenche une réaction physiologique.



Apports de la psychologie cognitive

Organisation de la **mémoire**

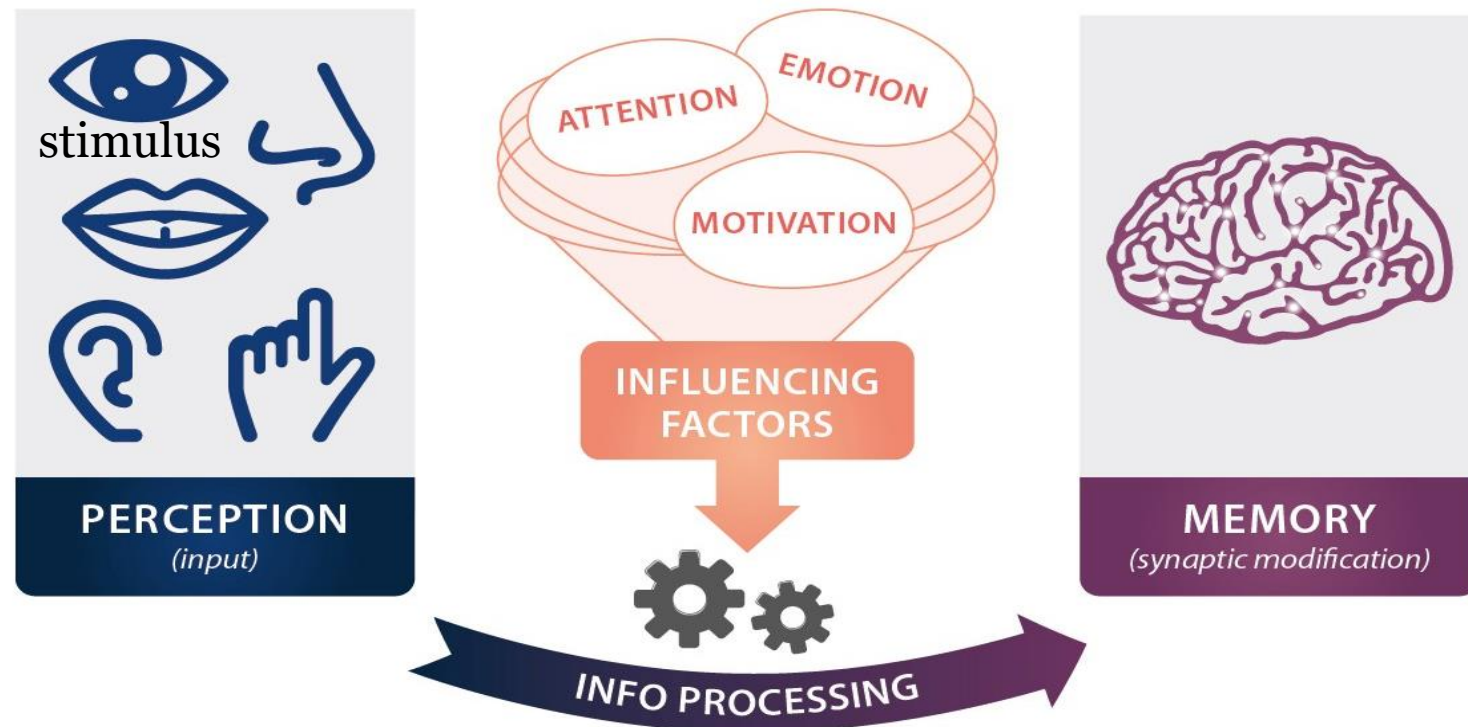
- Mémoire à court terme : (mémoire de travail) stocke l'information en cours de manipulation temporairement pour y subir une série de traitements (sélection, mémorisation ...)
- Mémoire à long terme : stocke et récupère les informations de façon permanente (Capacité illimitée)



Apports de la psychologie cognitive

Perception – Attention - Mémoire

Comment le cerveau humain **traite-t-il l'information** ?



Apports de la psychologie cognitive

Human Information Processing (HIP) Models

Modèles de traitement humain de l'information :

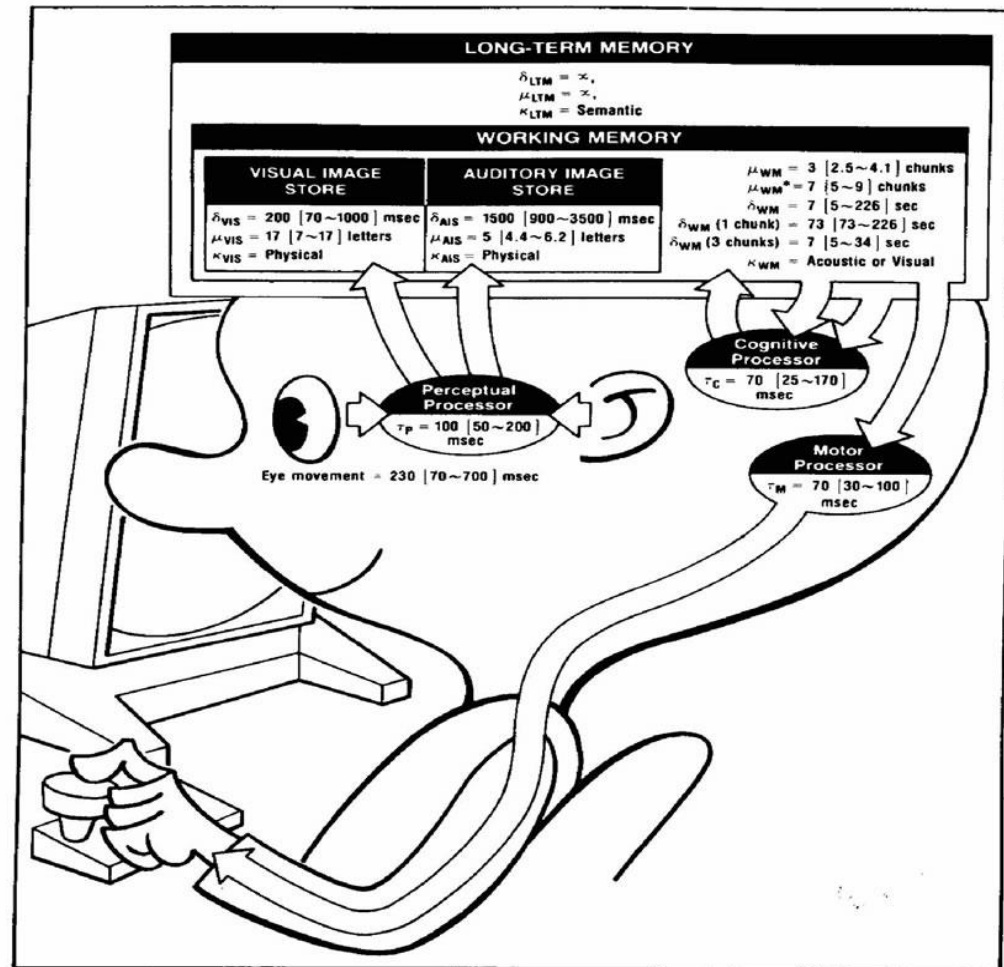
1. Modèle du processeur humain – Human Model Processor - 1983
2. Modèles GOMS et KLM - 1983
3. La théorie de l'action de Norman - 1986
4. Modèle de Rasmussen - 1986

Modèle du processeur humain

- Card, Moran, Newell, 1983 "The Psychology of Human-Computer Interaction".

- L'humain est considéré comme un système de traitement de l'information composé de 3 systèmes :

- Système **sensoriel/perceptuel**
- Système **cognitif**
- Système **moteur**



Modèle du processeur humain

Système **sensoriel** :

- Ensemble des sous-systèmes spécialisés chacun dans la **perception** et le traitement d'une classe de stimulus.
- Chaque sous-système dispose d'une mémoire spécifique dite **mémoire sensorielle** et d'un mécanisme de traitement intégré ,

Système **moteur** :

- Le système moteur est responsable des **mouvements**.
- Dans le cadre de l'interaction homme machine, les mouvements concernés sont les manipulations des claviers, écrans, etc.

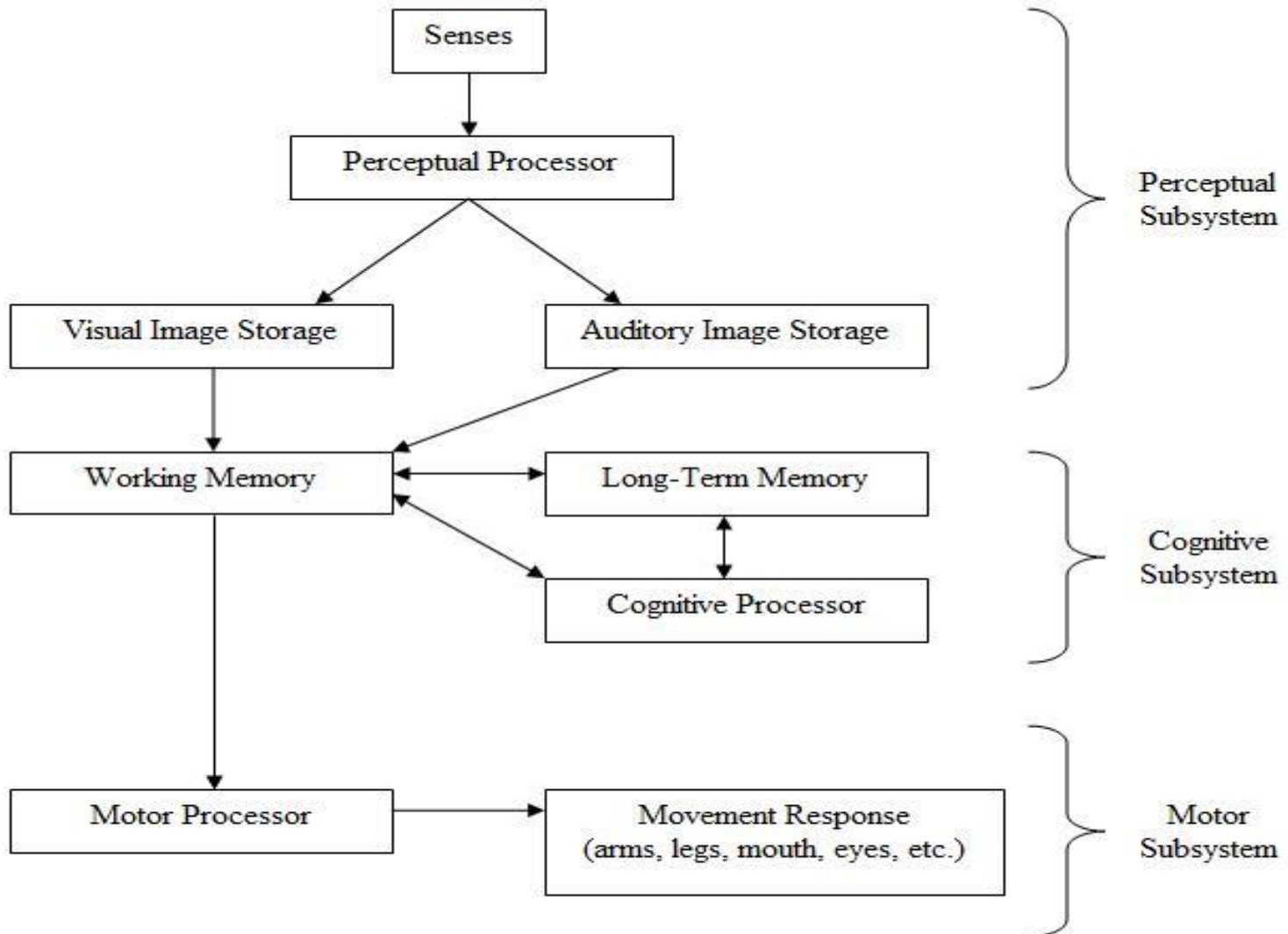
Modèle du processeur humain

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** et la **mémoire à long terme**.

- Cycle Reconnaissance-**Action** :
 - ✓ Le système cognitif reçoit des informations de la mémoire à court terme.
 - ✓ Le système cognitif utilise les informations stockés 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.

Modèle du processeur humain



Modèle du processeur humain

Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954

- Loi fondamentale de l'expérience utilisateur.
 - Elle permet d'évaluer le temps de pointage nécessaire pour un utilisateur. Plus il atteint rapidement ses objectifs, plus son expérience sera bonne.
 - Elle peut prédire le temps passé à se déplacer et sélectionner un élément cible.
 - Modéliser de manière mathématique, le mouvement humain:
-
- ✓ Le **temps** nécessaire pour aller rapidement d'une position de départ à une zone finale de destination dépend de la **taille** et de la **distance** de la cible.
 - ✓ Mathématiquement, la loi de Fitts a été formulée de plusieurs manières différentes. Une forme commune est la formulation de Shannon (reformulée par Mc Kenzie) :

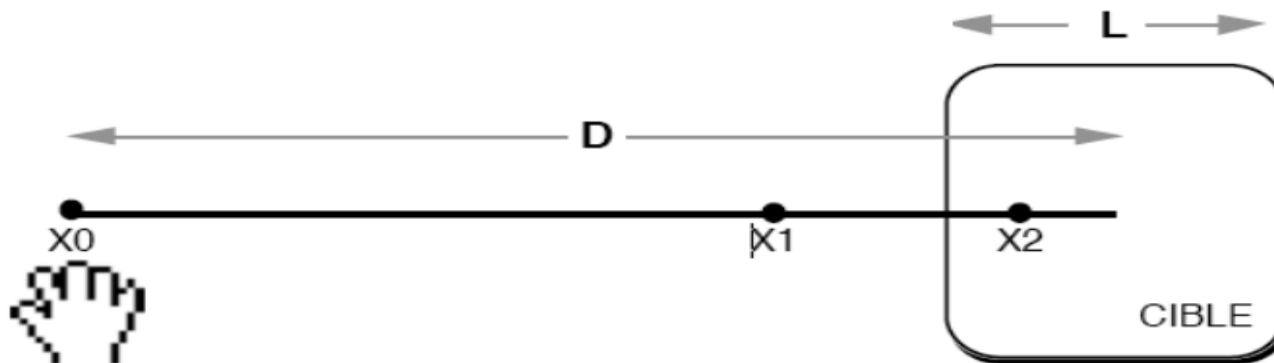
Modèle du processeur humain

Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954

$$T = a + b \log_2 (D/L + 1)$$

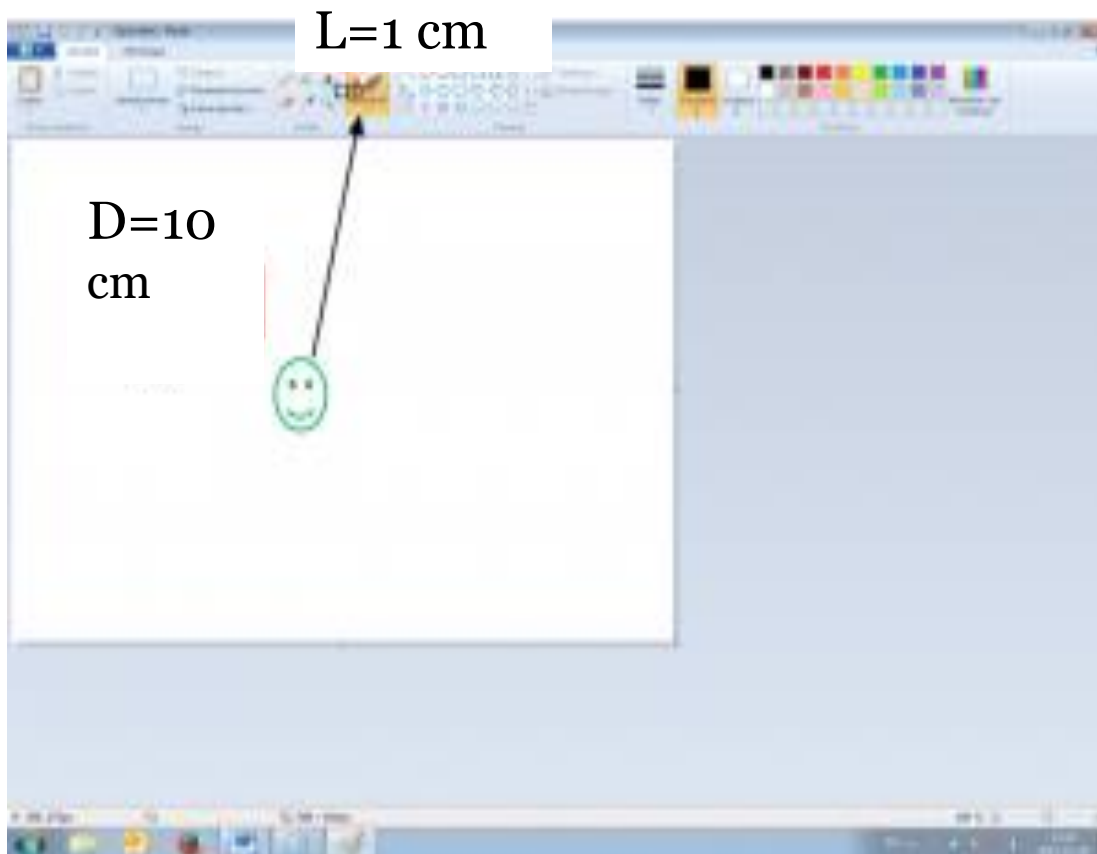
Diagram illustrating the Fitts' Law equation with annotations:

- T : Temps pour accomplir l'action
- a and b : Constantes empiriques
- D : distance séparant le point de départ du centre de la cible
- L : Largeur de la cible



Modèle du processeur humain

Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954 – Exemple 1



On pose a et $b = 0,1$:

$$T = a + b \log_2(D/L + 1)$$

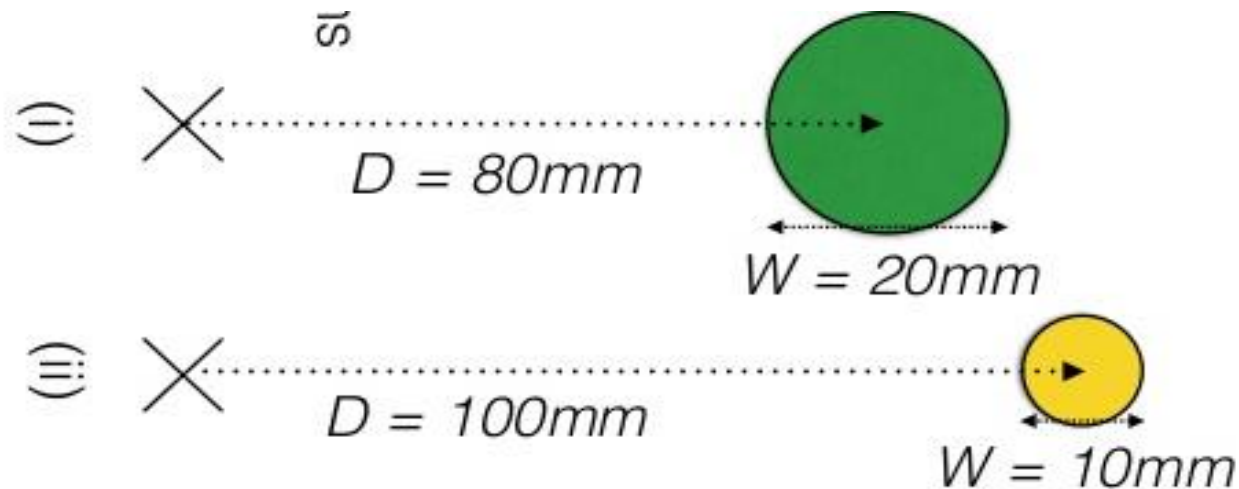
$$T = 0,1 + 0,1 \log_2(10/1 + 1)$$

$$T = \mathbf{0,45\ s}$$

$T \rightarrow$ indice de difficulté

Modèle du processeur humain

Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954 – Exemple 2



Assume $a = 50ms$, and $b = 150ms$

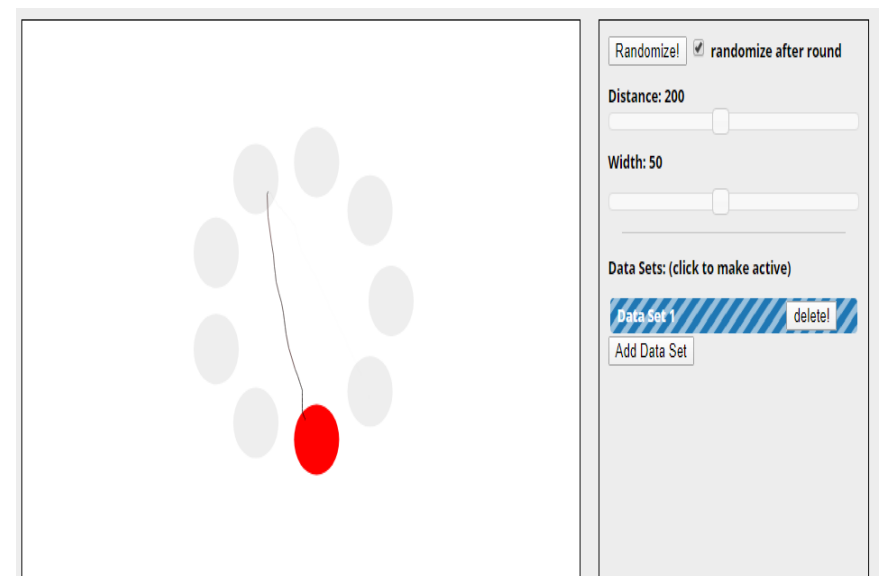
$$MT_i = 50 + 150 \log_2(80/20 + 1) = 398 \text{ ms}$$

$$MT_{ii} = 50 + 150 \log_2(100/10 + 1) = 569 \text{ ms}$$

Modèle du processeur humain

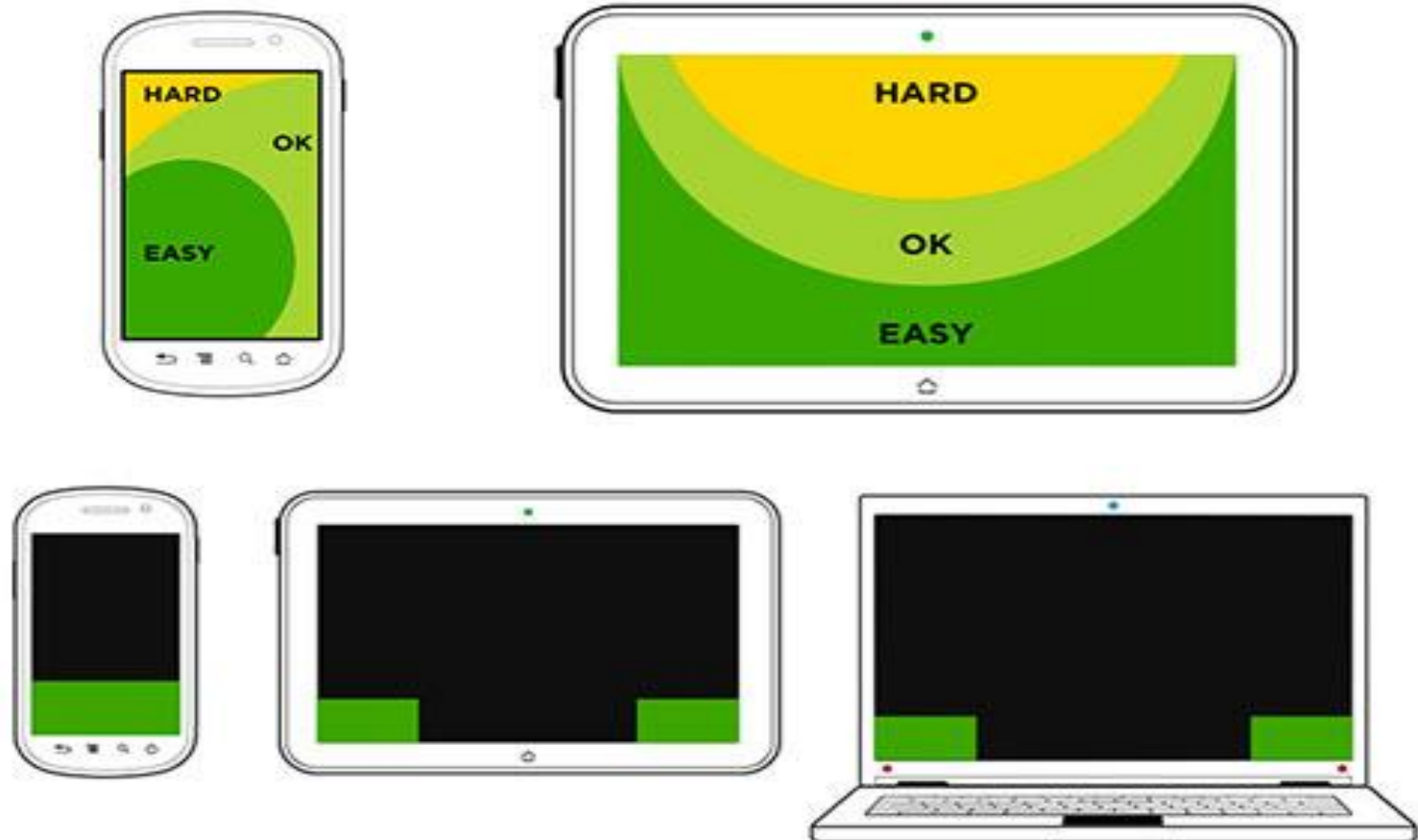
Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954

- Jouer et tester
- <http://fww.few.vu.nl/hci/interactive/fitts/>
- <http://simonwallner.at/ext/fitts/>



Modèle du processeur humain

Loi de Fitts, Paul Fitts, 1954



Modèle du processeur humain

Loi de Hick, Hick-Hyman (1952-1953)

- La loi de Hick permet de calculer le **temps** nécessaire pour prendre une décision parmi une multitude de choix.
- Temps prévu lié au repérage d'un item parmi **n** possibilité (**stimuli**).
- *Plus l'utilisateur a de choix, plus il prendra de temps à se décider.*



Modèle du processeur humain

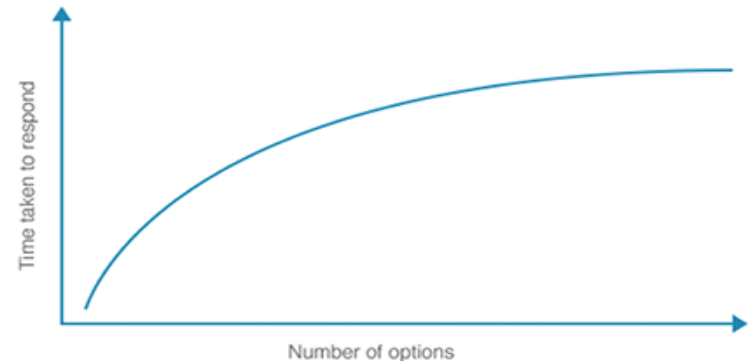
Loi de Hick, Hick-Hyman (1952-1953)

- Utilisée pour évaluer l'utilisabilité des interfaces.
- Cette loi établit une relation de cause à effet entre le **temps de réaction** d'un utilisateur et ses possibilités de choix. Le temps augmente en fonction du nombre de choix disponibles **n**.
- **T** représente l'entropie de la prise de décision.
- Ces deux lois nous donnent des moyens pour améliorer et calculer l'efficacité de diverses solutions de conception d'interfaces:

$$T = b \log_2(n+1)$$


en cas de probabilités p_i non égales

$$T = b \sum p_i \log_2(1/p_i + 1)$$



Modèle du processeur humain

Loi de Hick, Hick-Hyman (1952-1953)



Harder

- ☐ Mumbai
- ☐ New Delhi
- ☐ Bangalore
- ☐ Hyderabad
- ☐ Pune
- ☐ Kolkata
- ☐ Chennai
- ☐ Ahmedabad
- ☐ Jaipur
- ☐ Lucknow
- ☐ Chandigarh

Easier


Mumbai


- ☐ New Delhi
- ☐ Bangalore
- ☐ Hyderabad

Pune

Easiest

- ☐ Mumbai
- ☐ New Delhi
- ☐ Bangalore
- ☐ Hyderabad
- ☐ Others



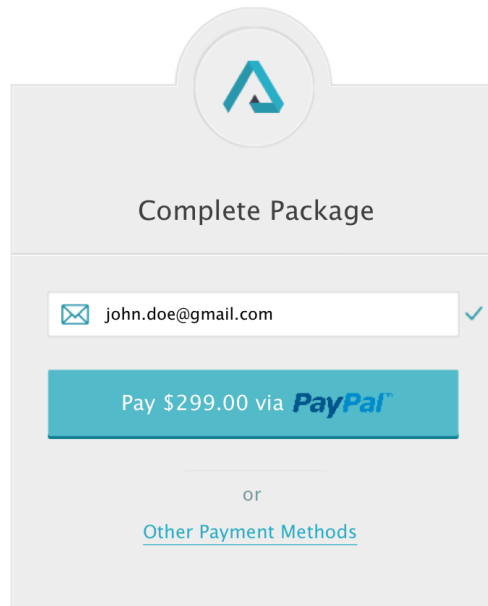
 **GOOD**

Autocomplete Field for known input

Modèle du processeur humain

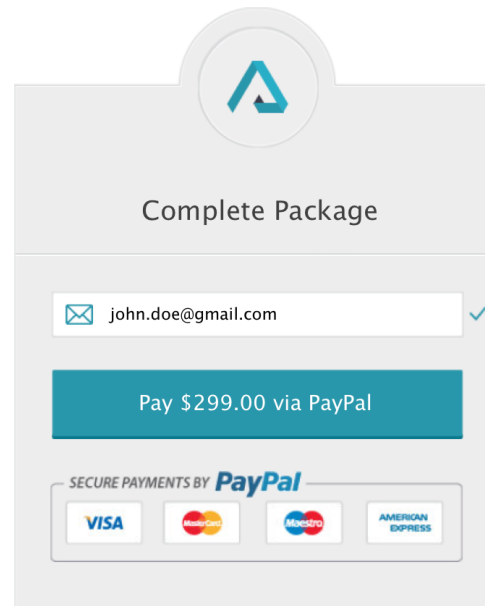
Loi de Hick, Hick-Hyman (1952-1953)

One option with hidden secondary options



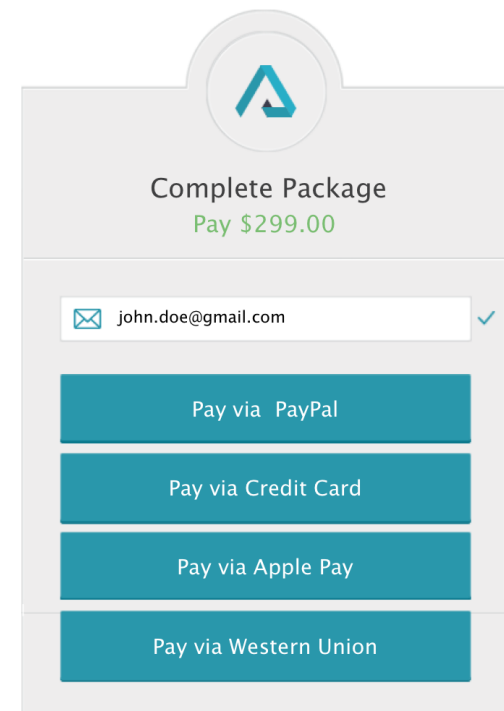
A light gray rectangular form with a rounded top. At the top center is a circular icon containing a blue stylized 'A' logo. Below the icon, the text 'Complete Package' is centered. Underneath is a white input field with an envelope icon on the left, the text 'john.doe@gmail.com', and a blue checkmark on the right. Below the input field is a large teal button with the text 'Pay \$299.00 via **PayPal**'. At the bottom, the word 'or' is centered, followed by a blue underlined link that says 'Other Payment Methods'.

Only one option



A light gray rectangular form with a rounded top. At the top center is a circular icon containing a blue stylized 'A' logo. Below the icon, the text 'Complete Package' is centered. Underneath is a white input field with an envelope icon on the left, the text 'john.doe@gmail.com', and a blue checkmark on the right. Below the input field is a large teal button with the text 'Pay \$299.00 via PayPal'. At the bottom, the text 'SECURE PAYMENTS BY **PayPal**' is centered, followed by four small logos: VISA, MasterCard, Maestro, and AMERICAN EXPRESS.

Few options



A light gray rectangular form with a rounded top. At the top center is a circular icon containing a blue stylized 'A' logo. Below the icon, the text 'Complete Package' is centered, followed by 'Pay \$299.00' in green. Underneath is a white input field with an envelope icon on the left, the text 'john.doe@gmail.com', and a blue checkmark on the right. Below the input field are four stacked teal buttons with the following text from top to bottom: 'Pay via PayPal', 'Pay via Credit Card', 'Pay via Apple Pay', and 'Pay via Western Union'.

Modèle du processeur humain

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. Loi de Hick.
- 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**.

Modèle du processeur humain

Limites du modèle

- Ce modèle concerne les performances motrices et perceptuelles mais ne dit rien des structures cognitives du sujet humain.
- Le Modèle du Processeur Humain n'indique aucune méthode de conception. Aucun élément du modèle n'indique comment satisfaire les contraintes de performance qu'il permet de déduire.
- Les modèles **GOMS** et **KLM** sont des dérivés du modèle du processeur humain qui tentent de combler cette lacune.
- Ces **outils de modélisation cognitive** peuvent être utilisés pour prédire les performances humaines sur les conceptions d'interface avant leur mise en œuvre et sans avoir besoin de tests utilisateur.

Le modèle GOMS

- **GOMS** = Goal Operator Method Selection
- GOMS utilise comme point de départ le **principe de rationalité** du Modèle du Processeur Humain.
- Principe de Rationalité : un individu s'efforce de s'adapter aux conditions de la **tâche** qu'il s'est fixé. Ceci signifie que le comportement est conditionné par l'environnement.
- La complexité du comportement n'est pas due à la complexité interne de l'individu mais à celle de l'environnement. - Herbert Simon.
- L'apport essentiel de GOMS :
 - ✓ Organiser le **processus/méthodes de conception**.
 - ✓ **évaluation prédictive** de performance et d'utilisabilité.
 - ✓ Eliminer le développement d'actions inutiles, Réduit le temps et les coûts.

Le modèle GOMS

- **GOMS** = Goal Operator Method Selection
- GOMS permet de modéliser le comportement à différents niveaux d'abstraction, depuis la tâche jusqu'aux actions physiques.
- La **méthode de conception** induite par GOMS s'effectue selon deux axes :
 - ✓ **Analyse de tâche** (puisque c'est elle qui détermine le comportement)
 - ✓ **Evaluation prédictive** du comportement de l'utilisateur dans l'accomplissement de cette tâche.
- Introduit quatre ensembles pour représenter l'activité cognitive d'un individu engagé dans la réalisation d'une tâche:
 - ✓ **Buts**
 - ✓ **Opérateurs**
 - ✓ **Méthodes**
 - ✓ **Règles de Sélection**

Le modèle GOMS

- **But – Goal**

- Un but est une structure symbolique qui définit un état recherché.
- Il lui est associé un ensemble de méthodes qui toutes conduisent à cet état.

- **Opérateur - Operator**

- Un opérateur est une **action élémentaire** dont l'exécution provoque un changement d'état (état mental de l'utilisateur et/ou état de l'environnement).
- Un opérateur se caractérise par des opérandes d'entrée et de sortie et par le temps nécessaire à son exécution.

Le modèle GOMS

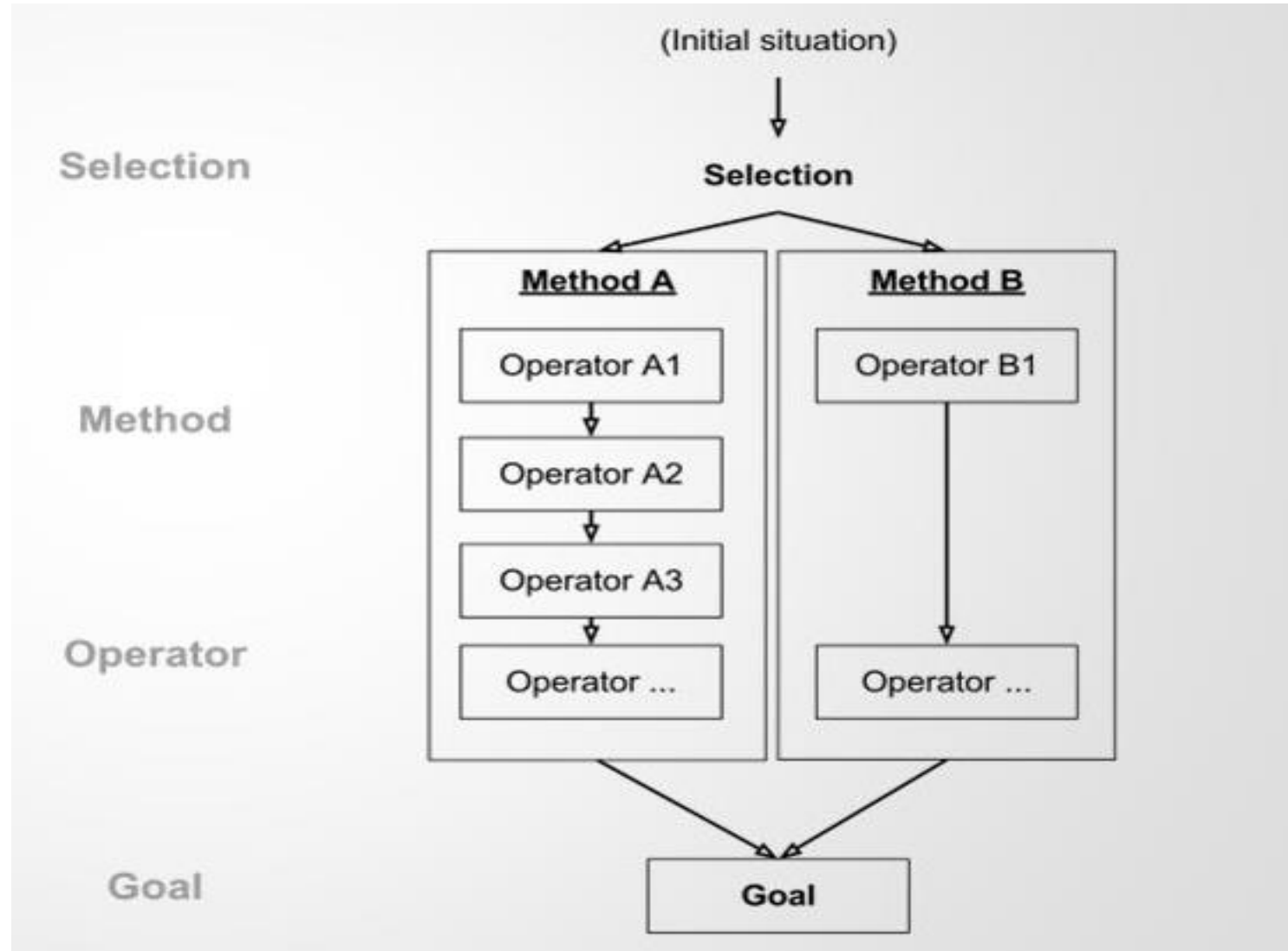
▪ **Méthode – Method**

- Une méthode décrit le **procédé** qui permet d'atteindre un but.
- Elle s'exprime sous la forme d'une suite conditionnelle de buts et d'opérateurs où les conditions font référence au contenu de la mémoire à court terme et à l'état de l'environnement

▪ **Règle de sélection - Selection**

- Une règle de Sélection exprime le **choix d'une méthode** lorsqu'il y a conflit, c'est-à-dire lorsque plusieurs méthodes conduisent au même but.
- Une règle est de la forme :
 Si <condition sur la situation actuelle est vraie>
 alors utiliser la méthode M;

Le modèle GOMS



Le modèle KLM

- **KLM** = Keystroke Level Model
- Décomposition en tâches élémentaires pour prédire le **temps d'exécution**.
- KLM évalue le temps d'exécution, non 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.
- L'exécution est la réalisation effective physique de la tâche.

Le modèle KLM

- KLM utilisent deux ensembles d'entités : les **opérateurs** et les **méthodes**.
- KLM 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, déplacement du curseur de la souris),
 - ✓ **H** ("Homing", aller de la souris au clavier vice et versa),
 - ✓ **D** ("Drawing", action de dessiner),
 - ✓ **M** ("Mental activity", activité mentale pour se préparer à exécuter un opérateur physique K, P, H ou D).
 - ✓ **R** ("Response time", temps de réponse du système, le temps pendant lequel le système fait attendre l'utilisateur)
- Le temps d'exécution **Texec** d'une tâche :

$$\mathbf{Texec} = TK + TP + TH + TD + TM + TR$$

Le modèle KLM

- Keystroke utilisent deux ensembles d'entités : les **opérateurs** et les **méthodes**.
- Une **méthode** s'exprime sous la forme d'une suite d'opérateurs.
- Codage des méthodes :
- Exemple - Entrer la commande linux ls au clavier :

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

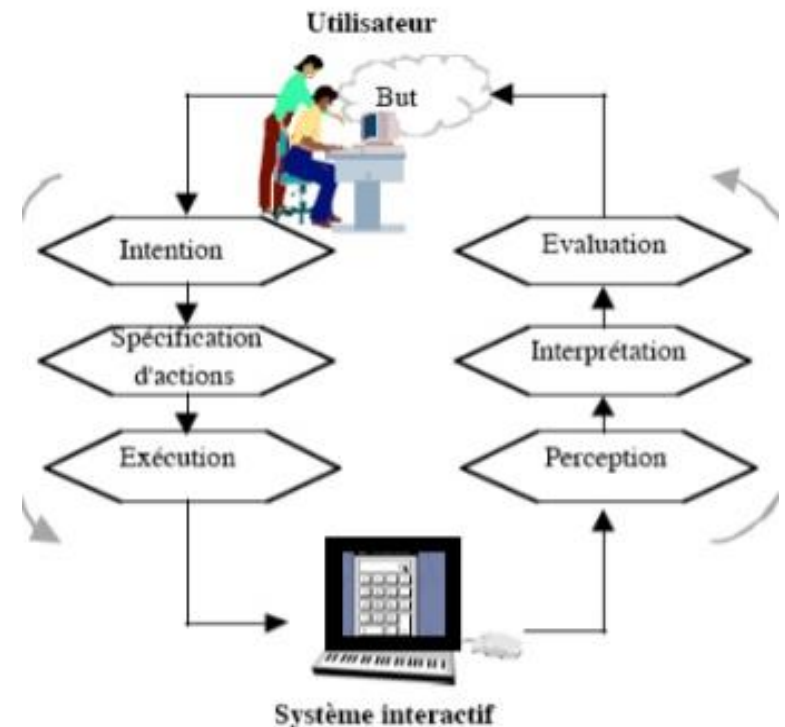
ou, de manière plus condensée : **M 3K[l s retour-chariot]**.

- Exemple, si la commande ls est spécifiée avec la souris:

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

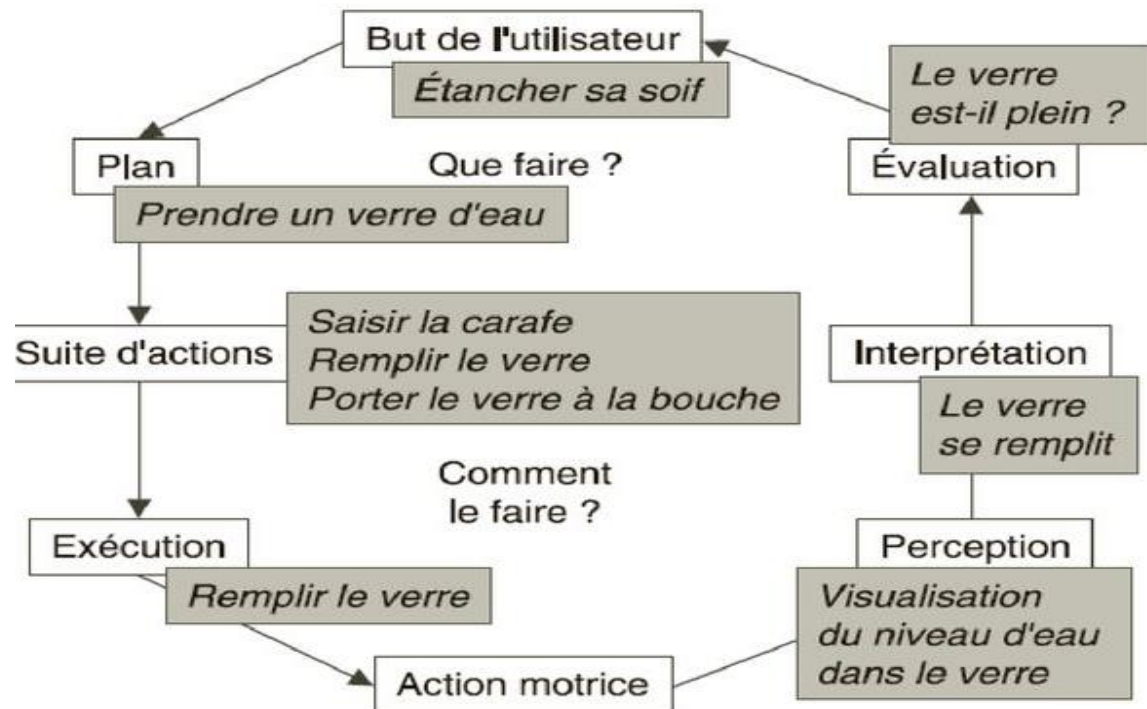
Théorie de l'action

- D. Norman, « Cognitive Engineering, User Centered System Design », New Perspectives on Computer Interaction, 1986.
- Modélise les processus psychologiques qui conduisent à un **comportement**.
- Structure l'accomplissement d'une tâche en 7 étapes:
 - ✓ établissement du but
 - ✓ formation d'une intention
 - ✓ spécification d'une suite d'actions
 - ✓ exécution des actions
 - ✓ perception de l'état du système
 - ✓ interprétation de l'état du système
 - ✓ évaluation de l'état par rapport au but fixé



Théorie de l'action

Cycle de l'action (Norman)

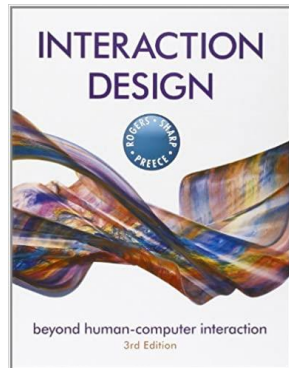


Références



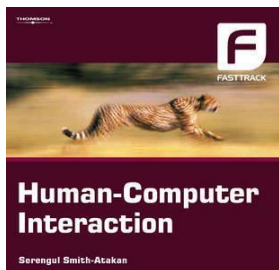
Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design, 3rd Edition

- ✓ Auteur : David Benyon
- ✓ Éditeur : Pearson
- ✓ Edition : 2013



Interaction Design: beyond human-computer interaction (3rd edition)

- ✓ Auteur : Yvonne Rogers, Helen Sharp & Jenny Preece
- ✓ Éditeur : Wiley
- ✓ Edition : 2011



The FastTrack to Human-Computer Interaction

- ✓ Auteur : Serengul Smith-Atakan
- ✓ Éditeur : Thomson Learning
- ✓ Edition : 2006

Références

Cours – Catherine Recanati – IHM

✓ <https://lipn.univ-paris13.fr/~recanati/docs/M2-InHM/>

Cours – Laurence Nigay et Thibault Louis - IHM

<http://iihm.imag.fr/nigay/enseig/M2GI/MULTIMOBILE/Chap2-GomsKestroke.pdf>

Cours – Philippe Truillet - IHM

✓ https://www.irit.fr/~Philippe.Truillet/ens/ens/m2ice/cours/survol_ihm_3_3.pdf

Cours – IHM

✓ <https://inf1420.teluq.ca/>