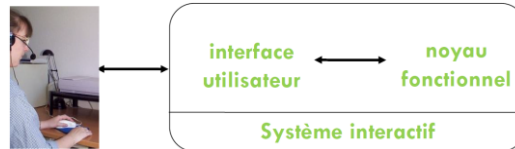


Fiche IHM

Interaction Humain Machine (IHM) : « Discipline consacrée à la conception, la mise en œuvre et à l'évaluation de systèmes informatiques interactifs destinés à des utilisateurs humains ainsi qu'à l'étude des principaux phénomènes qui les entourent. »

L'IHM c'est aussi l'étude des phénomènes cognitifs, matériels, logiciel et sociaux mis en jeu dans l'accomplissement de tâches sur support informatique.



1 Caractéristiques d'une bonne interface

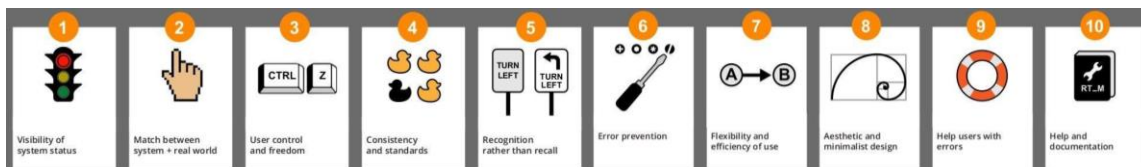
- Adaptée aux besoins
- Facile à apprendre
- Intuitive (prédictive) -> utilisation de métaphores
- Rassurante (apprentissage par essais erreurs)
- Agréable (esthétique, dynamique, ludique)
- Performante (tâches rapides à exécuter, réactions immédiates)

Deux grands principes : utilité et utilisabilité (efficacité, efficience, satisfaction) (Ergonomie ISO 9241 11, 1998) -> 2018

2 Dangers d'une mauvaise interaction

- Rejet ("technopathie") par les utilisateurs
- Coût d'apprentissage (formation)
- Perte de productivité des utilisateurs
- Manque à gagner dû à une utilisation incomplète
- Coûts de maintenance
- Perte de crédibilité

3 Quelques éléments de design



4 Phase d'analyse

- Comprendre et prendre en compte les capacités de l'utilisateur
- Comprendre « la tâche » de l'utilisateur
 - Modèles de tâches (bas niveau comme GOMS, Keystroke ou plus haut niveau comme CTTE, ...)
 - Observations, questionnaires, ...

4.1 Modèle humain

- Capacité(s) de perception ?
- Capacité(s) de traitement ?
- Capacité(s) d'action ?

4.1.1 Notion de perception

Définition : 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

Le rôle du contexte, exemple des illusions d'optiques ou de la tâche de Stroop [1935] : énoncer les couleurs de chaque mot

vert	vert
rouge	rouge
bleu	bleu
orange	orange
noir	noir
violet	violet

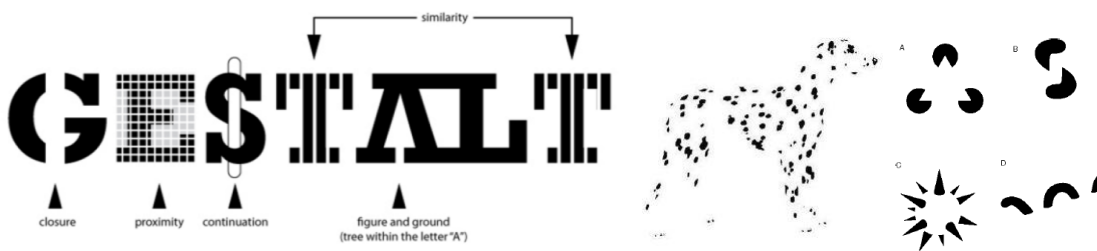
Traitement automatique et non intentionnel des mots

- Effet d'interférence : le temps requis pour nommer la couleur de l'encre des mots colorés est plus long aux essais incongruents (rouge) qu'aux essais neutres (corbeille)
- Ou effet de facilitation : le temps de nomination de la couleur est plus court aux essais congruents (bleu) qu'aux essais neutres

4.1.2 Théorie de la Gestalt

Gestalttheorie – Psychologie de la forme -> Le tout est plus que la somme des parties

- Loi de proximité
- Loi de similarité
- Loi de continuité



4.1.3 Illusion correctrice

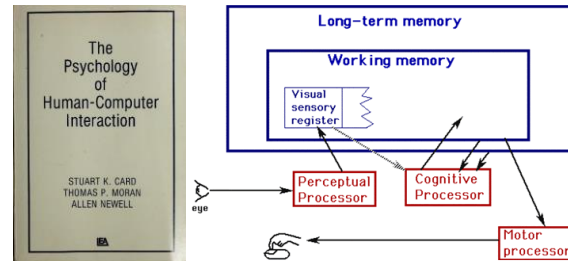
Effets d'optique et correction d'optique (important en typographie)



4.1.4 Théorie // Modèle Humain : Processeur

(Card, Moran, Newell, 1983) : l'humain est considéré comme un système de traitement de l'information composé de système :

- Sensoriel,
- Moteur,
- Et cognitif



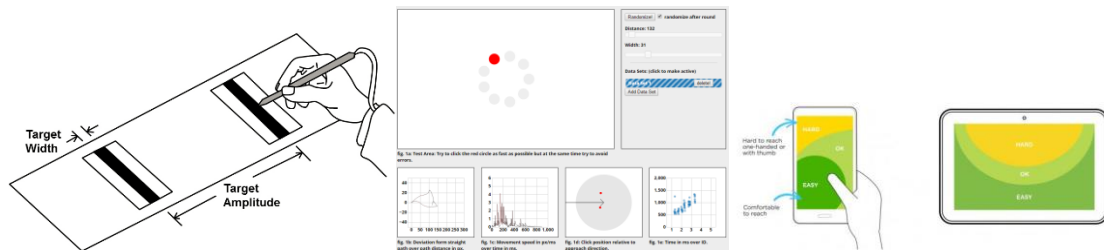
Quelques résultats appliqués :

- Temps de réaffichage : effet d'animation si réaffichage < 1/10 s (environ 15 images/seconde)
- Suivi de la souris : vitesse maximale de la main : 1 à 1,5 m/s

Le chiffre magique 7 ± 2 (Loi de Miller, 1956), par exemple, le nombre de commandes maximales dans un menu pour qu'elles soient mémorisables

4.1.4.1 Loi de Fitts (1954)

En psychologie expérimentale, en ergonomie et en interaction Homme-machine, la loi de Fitts est un modèle du mouvement humain, indice de la difficulté d'une tâche. La formulation la plus courante actuelle **exprime le temps requis pour aller rapidement d'une position de départ à une zone finale de destination, en fonction de la distance à la cible et de la taille de la cible**. La loi de Fitts est utilisée pour modéliser l'acte de « pointer », à la fois dans le vrai monde, par exemple avec une main ou un doigt, et sur les ordinateurs, par exemple avec une souris.



Note : Expérience de Paul Fitts -> « tapping » alterné -> loi déduite de l'expérience

Mathématiquement, la loi de Fitts a été formulée de plusieurs manières différentes. Une forme commune est la formulation de Shannon (proposée par Scott MacKenzie, et nommée d'après sa ressemblance avec le théorème de Shannon-Hartley) pour le mouvement suivant une unique dimension :

$$T = a + b \log_2 \left(1 + \frac{D}{L} \right)$$

- T est le temps moyen pris pour effectuer le mouvement ;
- a et b sont des paramètres pouvant être déterminés empiriquement par régression linéaire ;
- D est la distance séparant le point de départ du centre de la cible ;
- L est la largeur de la cible mesurée selon l'axe de mouvement ; L peut également être considérée comme la tolérance de la position finale, étant donné que le point final du mouvement peut tomber dans la fourchette de plus ou moins $L/2$ du centre.

À partir de l'équation, on voit un compromis « vitesse-précision » associé au pointage, où les cibles les plus petites ou éloignées nécessitent plus de temps pour être atteintes.

Toutes les techniques de pointage (en réalité, presque toutes les techniques d'interaction) sont comparées via cette loi (ou modèles issues de cette loi). Cela permet aussi d'évaluer sans utilisateur (modèles prédictifs).

4.1.4.2 Loi de Hick Hyman (1952-1953)

La loi de Hick (ou loi de Hick-Hyman, d'après les noms du psychologue britannique William Edmund Hick et de son confrère américain Ray Hyman) est un modèle d'interaction homme-machine qui **décrit le temps qu'il faut à un utilisateur pour prendre une décision en fonction du nombre de choix à sa disposition** (exemple : menu Windows). Étant donnés n choix équiprobables, le temps moyen de réaction T requis pour choisir parmi eux est approximativement :

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

D'après Card, Moran, et Newell (1983), le $+1$ apparaît « parce qu'il y a une incertitude sur le fait qu'il faille répondre ou non, au même titre que sur le choix de la réponse. »

En cas de probabilités p_i non égales : $T = \sum p_i \log_2 \left(\frac{1}{p_i} + 1 \right)$

La loi de Hick est similaire à la loi de Fitts. Intuitivement, on peut faire le raisonnement que la loi de Hick a une forme logarithmique car les gens divisent le nombre total de choix en catégories, en éliminant environ la moitié des options restantes à chaque étape, au lieu de considérer chaque choix un par un, ce qui requerrait un temps linéaire.

La loi de Hick a été démontrée comme s'appliquant dans des expériences où l'on présente à l'utilisateur n boutons, chacun ayant une ampoule à côté de lui. Une ampoule est allumée au hasard, après quoi l'utilisateur doit presser le bouton correspondant le plus vite possible. Évidemment, la décision à prendre ici est très simple, et requiert peu de réflexion.

La loi de Hick est parfois citée pour justifier des choix de conception de menus informatiques.

4.1.4.3 GOMS et KLM

Des modèles (Card, Moran, Newell)

- GOMS (Goal Operator Method Selection)
 - Cadre pour les méthodes de conception d'interfaces
 - Évaluation prédictive des performances
- KLM (Keystroke Level Model)
 - Décomposition en tâches élémentaires pour prédire le temps d'exécution
 - Opérateurs : K (frappe), P (désignation), H (retour de la main), D (dessin), M (activité mentale), R (temps de réponse du système)

4.2 Théorie de l'action

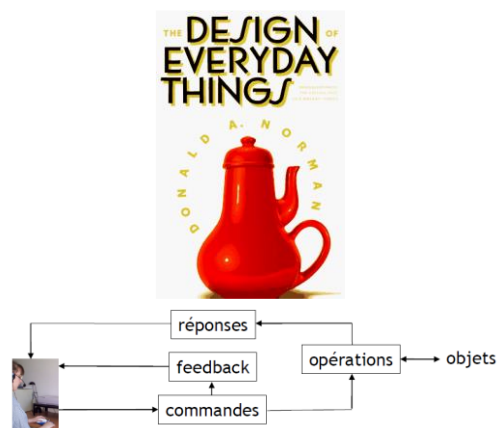
Modélise les processus psychologiques qui conduisent à un comportement (basé sur la réalisation d'une tâche :

- Etablissement 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
- Evaluation de l'état par rapport au but fixé

2 « gouffres » : celui de l'exécution et celui de l'évaluation

Modèles perceptuel et conceptuel -> La distance entre les deux modèles détermine l'utilisabilité du système

- Modèle perceptuel : modèle mental construit par l'utilisateur
- Modèle conceptuel : description et fonctionnement du système



4.2.1 Notion d'affordance (Gibson, 1977)

L'affordance fait référence aux "propriétés réelles et perçues d'une chose, et particulièrement à celles qui déterminent les actions pouvant être entreprises sur la chose" c'est à dire la capacité d'un objet à suggérer sa propre utilisation



Exercice : Lego

Affordance des pièces cylindres et trous

Des contraintes

- Physiques : repose sur les propriétés du monde physique
- Sémantiques : repose sur notre connaissance de la situation et du monde
- Culturelles : repose sur des conventions culturelles exemple : les phares
- Logiques : exemple : toutes les pièces doivent être utilisées

5 Phase de conception

- « There is no single recipe for human centered design » R.Kling & S. L. Star, 1998
- « The best way to have a good idea is to have lots of ideas. » L. Pauling

5.1 UCD (User Centered Design) ou CCU (Conception Centrée Utilisateur)

Une première norme **ISO 13407** (1999)

- Constat : les utilisateurs finaux sont les mieux placés pour évaluer et influencer le développement d'un produit
- Conséquence : La CCU impose que le développement du produit doit être guidé par les besoins des utilisateurs plutôt que par les possibilités technologiques

ISO 13407 est mort, vive **ISO 9241-210** (2019) avec 5 critères d'application :

- La prise en compte en amont des utilisateurs, de leurs tâches et de leur environnement
- La participation active des utilisateurs, garantissant la fidélité des besoins et des exigences liées à leurs tâches
- La répartition appropriée des fonctions entre les utilisateurs et la technologie
- L'itération des solutions de conception, jusqu'à satisfaction des besoins et des exigences exprimés par les utilisateurs
- L'intervention d'une équipe de conception multidisciplinaire, visant une expérience utilisateur optimale

Méthodes

- **Interface** : vue de l'utilisateur sur le système
- Commencer le développement informatique par l'interface afin d'éviter les phénomènes de rejet ou sous-utilisation et favoriser l'appropriation rapide -> **Processus itératif et participatif**
- **Conception centrée utilisateur**
 - Observation sur le terrain
 - Scenarios
 - Personas
 - Maquettage
- **Évaluation centrée utilisateur**
 - Prédictive : sans utilisateur
 - Expérimentale : avec utilisateur
 - Magicien d'Oz

5.2 PD (Participatory design) : brainstorming, scénarios et prototypage

Complément au développement structuré, les concepteurs développent un ou plusieurs modèles opérationnels pour démontrer une idée. Le prototype implémente des idées les rendant visibles, compréhensibles et testables :

- **Prototypes basse fidélité** : papier, vidéo
- Prototypes moyenne fidélité hybrides
- **Prototypes haute-fidélités** : scripts, code, ...

5.3 Conclusion

Une IHM, c'est comme une maison : il faut de nombreuses compétences pour la construire ! Il faut comprendre les besoins pour concevoir et concevoir et maquetter pour comprendre les besoins c'est aussi un cycle à adapter en fonction du temps, du type d'applications, de la maturité des technologies, ...

6 Phase de prototypage

De nombreux outils sont mûrs pour développer des prototypes (voire des systèmes commercialisables !) en (très) peu de temps. Le plus difficile est souvent de choisir le bon périphérique et la bonne plateforme de développement.



Quelques « outils de prototypage rapide » intéressants

- Frameworks
 - <https://balsamiq.com/products/mockups>
 - <https://www.adobe.com/fr/products/xd.html>
 - <https://proto.io>
 - <https://www.figma.com>
- Langues :
 - Processing.org : Sur couche de java (reprend sa syntaxe) orienté pour les designers et les artistes et a donné naissance à Arduino
 - Python
 - Qt
- Bibliothèques :
 - OpenCV / boofCV
 - NyARToolkit
 - Speech API (reconnaissance et synthèse de parole), ...
- API et périphériques
 - Arduino : Microcontrôleur « à bas coût » (environ 20 € voire moins !), programmable en C qui s'interface facilement avec des capteurs et effecteurs physiques et qui communique facilement avec un PC (liaisons série USB, Bluetooth, Zigbee ou Ethernet filaire, wifi)
 - Raspberry Pi : Mini PC (de 5 à 100 € environ)
 - Phidgets : Ensemble de dispositifs physiques connectables et utilisables simplement. Accessibles par plusieurs langages (et même via des web services).
 - Devices : Kinect, Leap Motion, Tobii Gaze Tracker, ...
- Bus logiciels : (Développement distribué orienté événement) : ROS2, MQTT, ZeroMQ, ...

7 Phase d'évaluation

- Évaluation prédictive : Basée sur des modèles (GOMS, KLM, ...)
- Évaluation a posteriori : par heuristiques, par critères ergonomiques, Interviews, questionnaires SUS ou par expérimentation

8 Conclusion

- Des enjeux importants
- Des contraintes fortes
- De nombreux problèmes restent à résoudre dus à l'évolution des technologies, de multiples tâches, ...
- Avec un travail ... forcément « artisanal »