

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

Objectifs spécifiques

À l'issue de ce chapitre, l'apprenant sera capable de :

- Connaître la définition et les objectifs du domaine de l'interaction Homme-Machine ;
- Distinguer la différence entre l'interaction Homme-Machine et Interface Homme-Machine ;
- Connaître l'historique de l'évolution des IHM ;
- Comprendre les principales fonctions d'une interfaces utilisateur ;
- Connaître les enjeux des IHM ;
- Comprendre les principaux problèmes liés aux IHM ;
- Connaître et comprendre le modelé processeur humaine.

1.1 Introduction

La Communication Homme-Machine (CHM) représente aujourd'hui un enjeu technologique, social et industriel majeur. En effet, au cours des dernières années, la puissance des ordinateurs (calcul et stockage d'informations) n'a pas cessé d'augmenter alors que leur prix et leur taille continuaient de diminuer. Aujourd'hui, le problème n'est plus seulement d'accroître encore ces performances, mais de faciliter les échanges d'informations avec l'utilisateur humain en s'adaptant à ses besoins et à ses capacités. La réalisation et la diffusion d'interfaces souples, faibles et conviviales n'est plus un luxe mais une exigence.

Les divers activités de recherche et de développement intervenant dans le champ de la Communication Homme-Machine, tout comme les acteurs en présence, sont d'origine diverses.

Les problèmes d'Interface Homme-Machine ont d'abord été traités selon des approches purement techniques (utilisateur exclu). Puis sont apparus les ordinateurs personnels avec leur interface graphique qu'on généralise l'usage de la souris.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

Aujourd'hui, avec la possibilité d'utiliser d'autres modes de communication (exemple : la parole) il est évident que les acquis de disciplines relativement étrangères à la culture informatique (Linguistique, psychologie cognitive et sociale) doivent être intégrés dans les modèles informatiques pour une véritable CHM adaptée aux besoins communicationnels et aux modes de raisonnement des utilisateurs. Ainsi, CHM doit assurer la coordination entre deux processus intelligents qui se déroulent l'un dans le cerveau de l'utilisateur et l'autre dans la machine.

1.2 Définitions de base

Dans cette section, nous présentons quelques définitions de base.

A. Système interactif : est un système dont le fonctionnement dépend d'informations fournies par un environnement externe qu'il ne contrôle pas [Kolski, 2001] c.-à-d. :

- 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 (Figure 1.1).

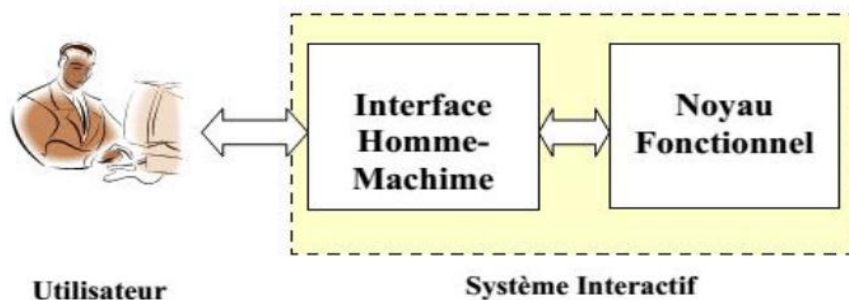


Figure 1 : Un système interactif [Kolski, 2001]

B. Interface Homme-Machine : est un ensemble des dispositifs matériels et logiciels (clavier, souris, tactile, logiciels, sites web, Ecran, etc.) permettant à un utilisateur de commander, contrôler, superviser un système interactif [Kolski, 2001].

L'interface est considérée comme un lien et un nœud de relation complexe entre l'utilisateur et la machine. C'est en ce lien que se noue l'action dans une unité de temps donnée et pour une tâche donnée.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

C. Interaction Homme-Machine : est une discipline consacrée à la **conception, la mise en œuvre (Implémentation)** et à l'**évaluation** des **systèmes interactifs** destinés à des utilisateurs humains ainsi qu'à l'**étude des principaux phénomènes** qui les entourent [Kolski, 2001], c'est-à-dire :

- **Conception :** Aspects créatifs (Design) ;
- **Implémentation :** Aspects techniques de réalisation (Programmation) ;
- **Evaluation :** Aspects liés à la validation de l'ergonomie (tests).

Il y a trois éléments à considérer : l'**utilisateur (Homme)**, le **système interactif (Machine)** et **la manière dont ils communiquent (Interface)** (Figure 1.2).

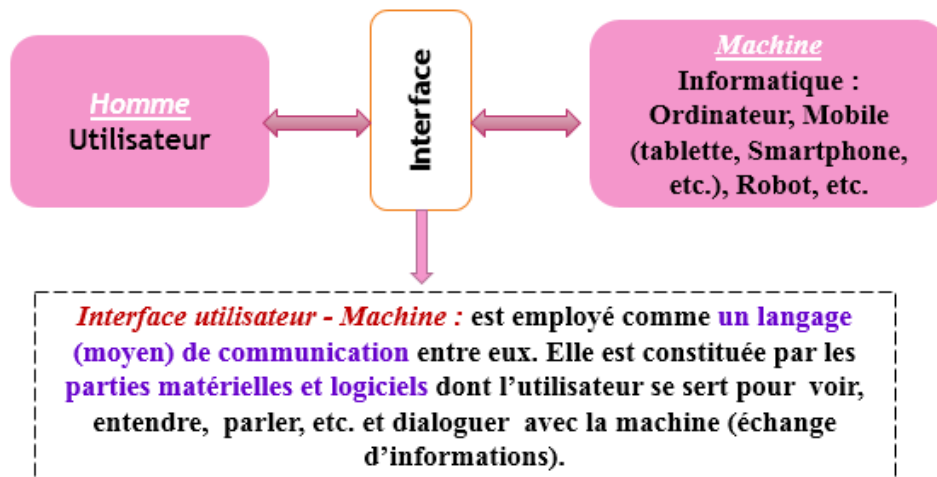


Figure 1.2 : Représentation des trois éléments (utilisateur, système interactif et interface).

L'Interaction Homme-Machine (IHM) est un domaine fortement **pluridisciplinaire** (Figure 1.3) :

1. Qui s'intéresse :
 - A la conception, à la mise en œuvre (Implémentation) ;
 - A l'évaluation des logiciels interactifs et de leurs interfaces.
2. Qui s'appuie sur des connaissances :
 - En sciences humaines et sociales : psychologie, sociologie, ergonomie, etc.
 - En informatique.
3. Qui met au point :
 - Des méthodes ;

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

- Des techniques ;
- Des outils.

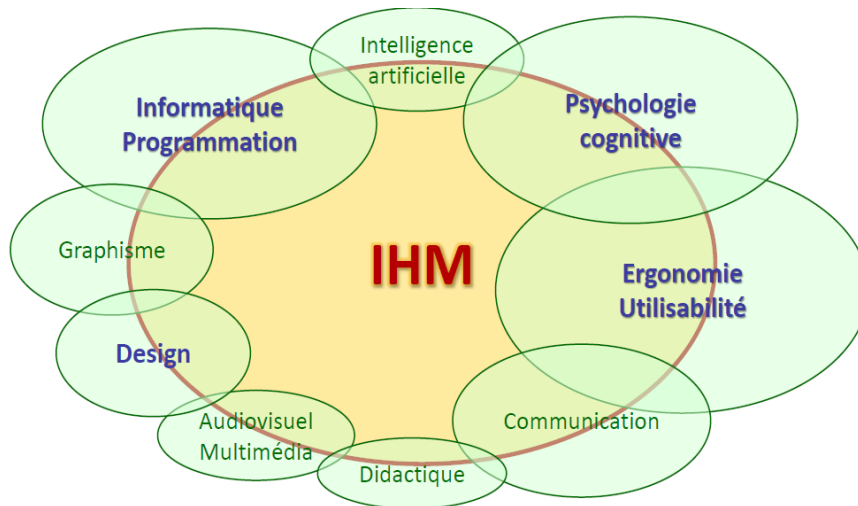


Figure 1.3 : Domain de l'Interaction Homme-Machine (IHM).

1.3 Evolution des IHM (Historique)

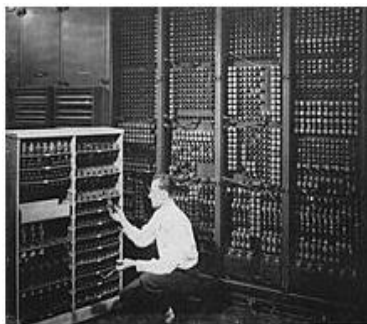
Nous avons trois générations d'ordinateur selon [Pew, 2003] :

1.3.1. Ordinateurs de 1^{ère} génération (1945-1956)

Les ordinateurs de 1^{ère} génération se caractérisent par :

- Interaction niveau matériel (langage dépendant de la machine) ;
- Calculateurs simples avec un temps d'exécution très long ;
- Utilisation réservée aux experts ;

Remarque : l'Interaction Homme-Machine quasiment-inexistante.



ENIAC (Eckert et Manchly 1946)



Manchester Mark I
(Newman et al., 1948)



EDVAC
(Von Neumann, 1949)

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

1.3.2 Ordinateurs de 2^{ème} et 3^{ème} génération (1956-1971)

Les ordinateurs de 1^{ère} génération se caractérisent par :

- **Technologie** : Séparation matériel/logiciel
 - Systèmes d'exploitation (OS/360, IT, DOS/360, Unix, etc.) ;
 - Langages de haut niveau (Fortran, Cobol, PL/1, Basic) ;
 - Syntaxe des commandes hermétique et difficile à apprendre.
- **Interaction** : Dispositifs d'entrée/sortie limités :
 - Console de grande taille,
 - Lecteurs/ Perforateur de cartes (pour écrire les programmes)
 - Imprimantes

Plusieurs années de recherches ont mené à la mise au point de nouveaux dispositifs d'interaction comme :

- **Les 1^{ers} claviers informatiques (1960)** ;
- **La souris** : inventée et présentée au public en **1968 par Douglas Engelbart**, basée sur le trackball.

Un des systèmes commercialisé avec de nouveaux dispositifs E/S est :

❖ **IBM 370 (Année 1970) :**

- *Clavier*
- *Ecran alphanumérique (Affichage de caractères)*
- *Interaction par langage de commandes.*

Remarque : l'Interaction est toujours réservée aux experts.

1.2.3 Ordinateurs modernes (1971, à ce jour)

Les ordinateurs modernes se caractérisent par :

- Evolution des ordinateurs personnels ;
- Interfaces graphiques (GUI : Graphical User Interface) (Figure 1.4).

L'utilisation des GUI ont permis d'obtenir des *systèmes conviviaux faciles à utiliser* :

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

- ❖ Manipulation directe sur les objets représentés à l'écran (disparition de la syntaxe) ;
 - Action direct sur les objets ;
 - Pas de syntaxe : erreurs limitées ;
 - Feedback rapide sur les actions ;
 - Visibilité des objets d'intérêt ;



Figure 1.4 : Interfaces graphiques

- ❖ *Navigateurs web : Surfer* le web à la recherche et l'acquisition des informations diffusées et partagées dans le monde des sites web.
 - Le web a été simplement conçu pour partager automatiquement des informations entre les scientifiques, universités et instituts du monde entier.
 - Le *World Wide Web (WWW)* fut le premier site web créé et mis en ligne par Berners-Lee en 1990 (*info.cern.ch*).

Remarque : Les IHMs sont conviviales et non réservées aux spécialistes

- ❖ *IHM Aujourd'hui* : dépasse une interaction avec une simple interface graphique

=> **Nouveaux besoins et nouvelles technologies pour l'IHM !!**

- **De nouveaux dispositifs d'E/S pour interagir :**

La figure 1.5 représente quelques exemples de nouveaux dispositifs d'E/S.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)



*TouchPad:
Pointage sur PC-
Portable
(Pavé Tactile)*



*TrackBall
(nouvelle forme
pour la souris)*



*Manette de
jeux pour les
commander*



*Gant numérique
(portant des
capteurs de
positions et de
directions pour
interagir avec le
monde virtuelle en
temps réel)*



*Kinect destinée à la Xbox (Basée
sur la détection des mouvements
des objets face à une Caméra)*



*Casque 3D :
s'immerger dans un
monde virtuel 3D*



*Tablette graphique
(reconnaissance de : pointage,
tracé graphique, écriture
manuscrite)*



*Dispositifs Mobiles : petits,
puissants , offrent des
services de connexion*



*Système GPS : Géo-positionnement par
satellite*



*Synthétiseurs vocaux : créer de la
parole artificielle à partir d'un
texte saisi*

Figure 1.5 : Exemples de quelques nouveaux dispositifs d'E/S.

1.4 Fonction d'une interface

La fonction principale d'une interface est de motiver relationnellement et émotionnellement un individu devant une machine. L'interface doit donc refléter toutes les composantes relationnelles humaines qui le motivent et l'engagent vis-à-vis de la tâche qu'il a à accomplir.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

La composante émotionnelle est importante dans une interface et cela qui fait le succès des interfaces à manipulation directe à travers leur présentation esthétique et métaphorique.

Evidement pour pouvoir engager durablement l'utilisateur, l'interface doit avoir un ensemble de propriétés et de qualités de diverses natures. Parmi celles-ci on trouve :

- **Intuitive** : manipulation instinctive pour l'utilisateur ;
- **Visuelle** : proposée des choix à l'utilisateur ;
- **Concise** : limitée le nombre d'intervention de l'utilisateur ;
- **Explicative** : Aidée et assistée l'utilisateur ;
- **Flexible** : personnalisable par l'utilisateur et adaptable à la taille de l'écran ;
- **Etc.**

1.5 Importance de l'IHM

L'IHM est un élément clé du logiciel, le coût de son développement représente entre 30% et 70% des coûts de développement d'un projet du plus simple aux IHM les plus complexes. L'interface peut être modifiée ou reconstruite plusieurs fois, d'où l'importance de l'indépendance entre l'interface et le cœur du système.

Une large part du succès d'un logiciel dépend de son utilisation par un grand nombre d'utilisateurs. Pour cela, la conception doit correspondre aux besoins, connaissances et caractéristiques des utilisateurs. L'IHM doit être facile à apprendre, efficace et robuste permettant d'effectuer les tâches rapidement et sans erreurs.

1.6 Domaine d'application des IHM

Les principaux domaines d'application pour les IHM se répartissent dans trois grandes catégories :

1.6.1 Systèmes critiques

Généralement sont des systèmes temps réel (contrôle aérien, pilotage d'avions ou de centrales nucléaires, appareillage médical, etc.). Dans ce domaine, *la fiabilité* (faible taux d'erreur) et la *performance* (temps de réponse très court) sont des facteurs essentiels, y compris et en particulier dans des conditions de stress pour les utilisateurs. Ses critères sont souvent obtenus au prix de durées d'apprentissage plus longues, et la mémorisation est garantie par des entraînements fréquents.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)



De nombreux systèmes critiques et industriels disposant d'IHM mal conçues avaient des conséquences graves, par exemple :

- Crash airbus A320 au Mont Saint –Odile en 1992 dû à une confusion liée à l'affichage du taux de descente dans le cockpit de l'A320, une telle catastrophe pourrait heurter la réputation du constructeur et donc entrainent des conséquences économiques.
- Absence de prise en compte de la dimension humaine dans le processus de supervision (accident nucléaire de Three Mile Island en 1979)

1.6.2 Systèmes commerciaux et industriels

Applications de types transactionnels, dans le domaine des banques, assurances, gestion de stocks, comptabilité, réservations, vente, etc.). Le facteur déterminant dans ce type d'applications est le coût, en effet, la formation des utilisateurs coûte très cher ; la durée d'apprentissage devra donc être réduite tout en garantissant cependant des taux d'erreurs représentent également un coût, qui est souvent mesurable. La rapidité d'exécution (nombre d'opérations réalisées par unité de temps) est également importante.

1.6.3 Systèmes personnels et de loisirs

Suites bureautiques, jeux, applications éducatives, etc., la satisfaction subjective des utilisateurs est le facteur central car c'est souvent le critère déterminant pour le choix d'un système. La rapidité de l'apprentissage et de faible taux d'erreurs sont également déterminants. L'extrême variété des utilisateurs (du novice à l'expert confirmé) nécessite souvent une structure à plusieurs niveaux pour les interfaces.

1.7 Principaux problèmes liés à l'IHM

L'ordinateur est un collaborateur beaucoup plus qu'un outil :

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

- **Outil** : instrument sans pouvoir de décision (conçu pour être manipulé).
- **Collaborateur** : participe activement à l'atteinte d'un objectif (il est conçu pour aider à la résolution d'un problème).

L'efficacité de l'aide dépend alors du degré de connaissance des difficultés et des différents mécanismes de résolution.

1.7.1 Problèmes liés aux concepteurs du système interactif

Il est primordial d'élaborer une description aussi fidèle que possible du problème et des processus cognitifs de l'utilisateur et de concevoir aussi fidèlement que possible cette représentation. Si la description est correcte et si la transcription logicielle est conforme à cette description alors le système peut être l'extension électronique des facultés intellectuelles de l'utilisateur.

La difficulté aussi réside dans le fait que les utilisateurs peuvent être de formations et de compétences différentes (novices, experts, occasionnels, réguliers, etc.).

Le concepteur du système interactif doit donc déterminer les limites du chemin mental de l'utilisateur, cette détermination se fera par l'appel au système cognitif.

1.7.2 Problèmes liés aux informaticiens

Les principales préoccupations sont les suivantes :

- Se plier aux exigences informatiques avant de répondre à celle de l'utilisateur (les informaticiens pensent en fonction de la machine et se contentent uniquement sur le fonctionnement du système).
- Croire que l'ergonomie est une affaire de déduction, de bon sens, et d'intuition.
- Croire que ce qui est du goût de l'informaticien conviendra au goût de l'utilisateur.
- Croire que c'est à l'utilisateur de s'adapter à la machine.
- Traiter l'interface en dernier alors que ce qu'il faut retenir est que pour l'utilisateur, l'interface est (ou presque) la seule chose qu'il connaît du logiciel construit.

1.7.3. Problèmes liés aux sciences cognitives

Dans le dialogue Homme-Machine, c'est essentiellement la capacité de l'homme à traiter des informations symboliques qui est mise en jeu. Le problème qui se pose qu'il est impossible de déterminer rigoureusement les caractéristiques cognitives d'un utilisateur.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

1.8 Modèle du processeur humain (MPH)

Le modèle du processeur humain est proposé par Card et al, 1985. Les auteurs de ce modèle représentent l'individu comme un système de traitement d'informations régi par des règles.

Le processeur humain comprend trois sous-systèmes interdépendants :

- Le système sensoriel ;
- Le système moteur ;
- Le système cognitif.

Chaque sous-système possède une mémoire et à un processeur dont les performances se caractérisent à l'aide de paramètres.

a) **La mémoire** : les paramètres essentiels sont :

- ✓ Capacité (μ) : représente le nombre d'éléments d'informations mémorisées.
- ✓ Persistance (σ) : représente le temps au bout duquel la probabilité de retrouver une information est inférieure à un seuil d'oubli (0.5 ms)
- ✓ Type (k) représente le type d'information mémorisée (symbolique, physique, etc.).

b) **Le processeur** caractérisé par un cycle (temps) de base Π (temps d'action) qui inclut le cycle d'accès à sa mémoire locale.

1.8.1. Système sensoriel

Un système sensoriel désigne l'ensemble des sous-systèmes spécialisés chacun dans le traitement des classes des stimuli (un stimulus est un phénomène physique détectable par un sous-système sensoriel). Chaque sous-système sensoriel dispose d'une mémoire spécifique, dite mémoire sensorielle (mémoire visuelle, mémoire auditive, etc.) et d'un système de traitement intégré.

Le stimuli est codé dans la mémoire sensorielle et ce codage exprime les propriétés physiques du phénomène.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

Exemple :

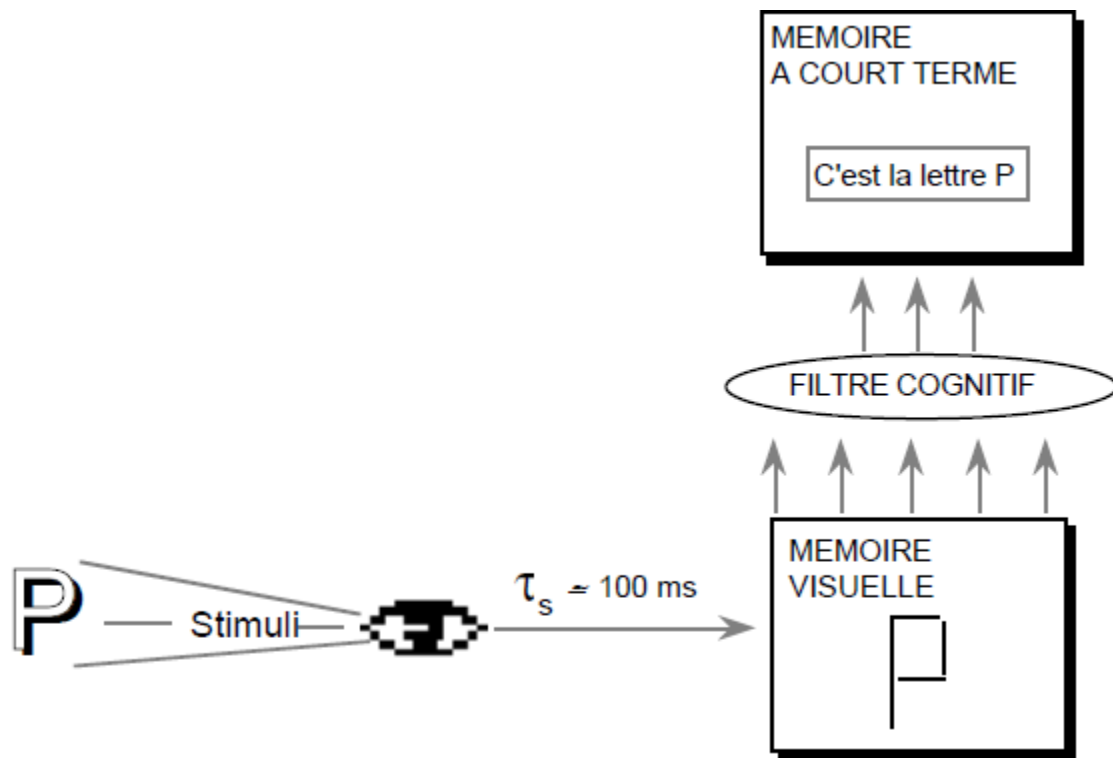


Figure 1.6 : Le système sensoriel visuel et sa relation avec le système cognitif

Dans la mémoire visuelle, le codage de la lettre P traduit des courbures et les dimensions de la lettre mais n'exprime pas sa reconnaissance.

Explication de la figure 1.6 :

- Les mémoires sensorielle sont intimement liées à la mémoire à court terme du système cognitif. Ce dernier dispose d'un filtre qui détermine la nature des informations à transférer entre les mémoires sensorielle et la mémoire à court terme.
- La persistance des mémoires sensorielles est de l'ordre de 200 ms pour la mémoire visuelle et légèrement supérieure, 1500 ms, pour la mémoire auditive.
- Le cycle de base d'un processeur sensoriel est de l'ordre de 100 ms (il varie inversement avec l'intensité du stimulus) : il faut 100 ms pour qu'un stimulus soit représenté dans une mémoire sensorielle (c'est-à-dire pour que l'individu ait la sensation de percevoir) et que la sensation de percevoir se manifeste plus rapidement lorsque le stimulus est intense.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

1.8.2 Système moteur

Le système moteur est responsable des mouvements. Dans le cadre de l'Interaction Homme-Ordinateur, les mouvements d'intérêt sont les manipulations des unités physiques de commande, telles que les claviers, les écrans et les dispositifs de désignation.

Un mouvement n'est pas continu mais est constitué d'une suite de micromouvements discrets. Chaque micromouvement s'accomplit en moyenne de 70 ms. Ce temps constitue le cycle de base Π_m du processeur du système moteur.

Il est possible de déterminer le temps théorique T nécessaire au placement de la main sur une cible donnée, par la loi de Fitts¹ suivante :

$$T = I \cdot \log_2\left(\frac{2D}{L}\right)$$

où

- D est la distance à parcourir par la main,
- L est la largeur de la cible, et
- I une constante évaluée à 0,1 seconde.

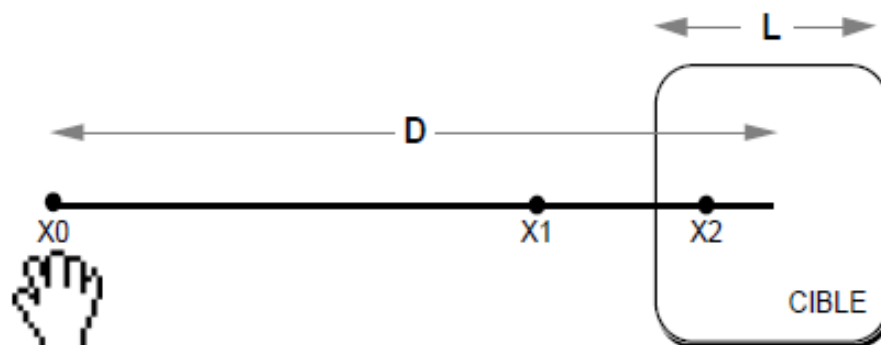


Figure 1.7 : Déplacement de la main vers la cible.

Remarque : La loi de Fitts est utilisée dans le domaine de l'ergonomie du web pour déterminer le temps nécessaire pour cliquer sur une zone ou un élément cliquable.

¹ : <https://www.usabilis.com/definition-loi-de-fitts/>

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

D'après le modèle du processeur humain, le temps théorique pour effectuer un micromouvement comprend :

- Un cycle Π_s du processeur sensoriel (pour vérifier la localisation actuelle de la main) ;
- Un cycle Π_c du processeur cognitif (pour ordonner l'exécution du micromouvement) ;
- Un cycle Π_m du processeur moteur (pour effectuer le micromouvement).

Ce qui donne $\Pi = \Pi_s + \Pi_c + \Pi_m$ (Cycle total).

1.8.3 Système cognitif

Ensemble constitué des mémoires et du processeur cognitif.

a) **La mémoire** : la mémoire du système cognitif comprend :

- **La mémoire à court terme** : (appelée également mémoire de travail) détient les informations en cours de manipulation. Elle permet le stockage provisoire des informations comme le registre dans le cas des calculateurs.

- **La mémoire à long terme** : est le lieu de stockage de la connaissance permanente. Elle contient l'information de masse comme la mémoire centrale dans les calculateurs.

b) **Processeur cognitif** : contrôle le comportement de l'individu en fonction des mémoires du système cognitif (cycle reconnaissance /Action).

1.8.4. Evaluation du Modèle Processeur Humain (MPH)

Dans cette section, nous présentons les avantages, les intérêts et limites du modèle du processeur humain :

a) **Les avantages** :

- ✓ Il constitue un cadre fédérateur à la diversité des connaissances en psychologie ;
- ✓ Il utilise la terminologie de l'informaticien ;
- ✓ Il franchit un pas important en direction d'une psychologie appliquée.

b) **Les intérêts** :

- ✓ Ce modèle constitue une introduction simple et séduisante au domaine de la psychologie cognitive ;
- ✓ Offrir aux informaticiens un cadre de réflexion sur les aspects des individus ;
- ✓ Allier à la fois les caractéristiques de la science fondamentale et les caractéristiques de la science appliquée.

Chapitre 1 : Introduction à l'Interaction Homme-Machine (IHM)

c) Les limites :

- ✓ Le modèle processeur humain (MPH) ne donne aucune indication sur les représentations mentale (comment se forme un concept, comment la mémoire se construit d'elle-même, etc.) ;
- ✓ Le MPH ne véhicule aucune méthode de conception (d'autres modèles tels que GOMS et Keystroke ont tenté de combler cette lacune).

1.9 Conclusion

Le domaine des IHM est un domaine pluridisciplinaire (Informatique, sciences humaines et sociales, etc.) qui n'est pas dépourvu de problèmes (liés aux concepteurs du système interactif, liés aux informaticiens, liés aux sciences cognitives, etc.) auxquels il est impératif de trouver des solutions et ce dans le but de satisfaire les différents enjeux des IHM qui sont multiples et importants (militaires, éducatifs, économiques, etc.).

Différents modèles des IHM ont été proposés, parmi ces derniers on trouve le modèle du processeur humain. Ce modèle, qui considère l'individu comme un système de traitement d'informations, définit un cadre fédérateur à la diversité des connaissances en psychologie et utilise une terminologie adaptée à l'informaticiens, un cadre de réflexion sur les aspects des individus et ainsi permettre la réalisation d'interface souples, fiables et conviviales.