



**ECOLE SUPERIEURE DE MANAGEMENT
ET D'INFORMATIQUE APPLIQUEE
(ESMIA)**



MENTION : INFORMATIQUE, RISQUES ET DECISIONS

GRADE : LICENCE 3

Cours : IHM

INTERFACE HOMME MACHINE

Préparé par : Monsieur RAKOTONDRAIBE Kanto

Chapitre I : IHM

I. L'objectif de l'enseignement de l'IHM

- Sensibiliser aux démarches ergonomiques centrée-utilisateur,
- Faire connaître les méthodes et techniques d'évaluation et de conception centrée utilisateur de l'interface d'un logiciel interactif,
- Présenter des outils informatiques de réalisation des applications,
- Envisager les évolutions dans le domaine,
- Organiser et mettre en œuvre une démarche rigoureuse de conception centrée utilisateur lors de la conception d'un logiciel interactif,
- Concevoir et mettre en œuvre un plan d'évaluation dans un projet de conception de l'interface d'un logiciel interactif,
- Rédiger un état de l'art, un cahier des charges, un dossier de conception, un rapport d'évaluation d'un logiciel interactif

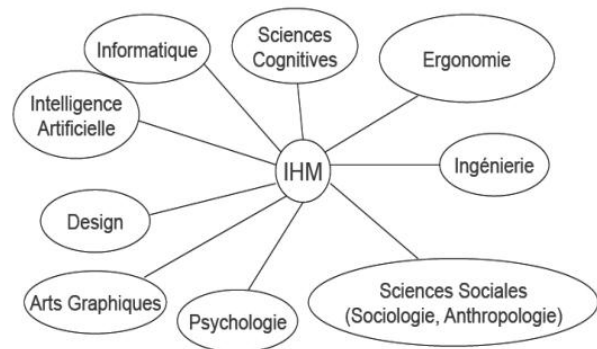
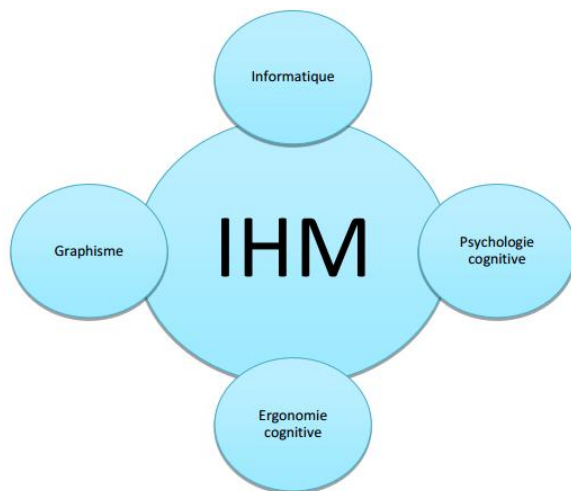
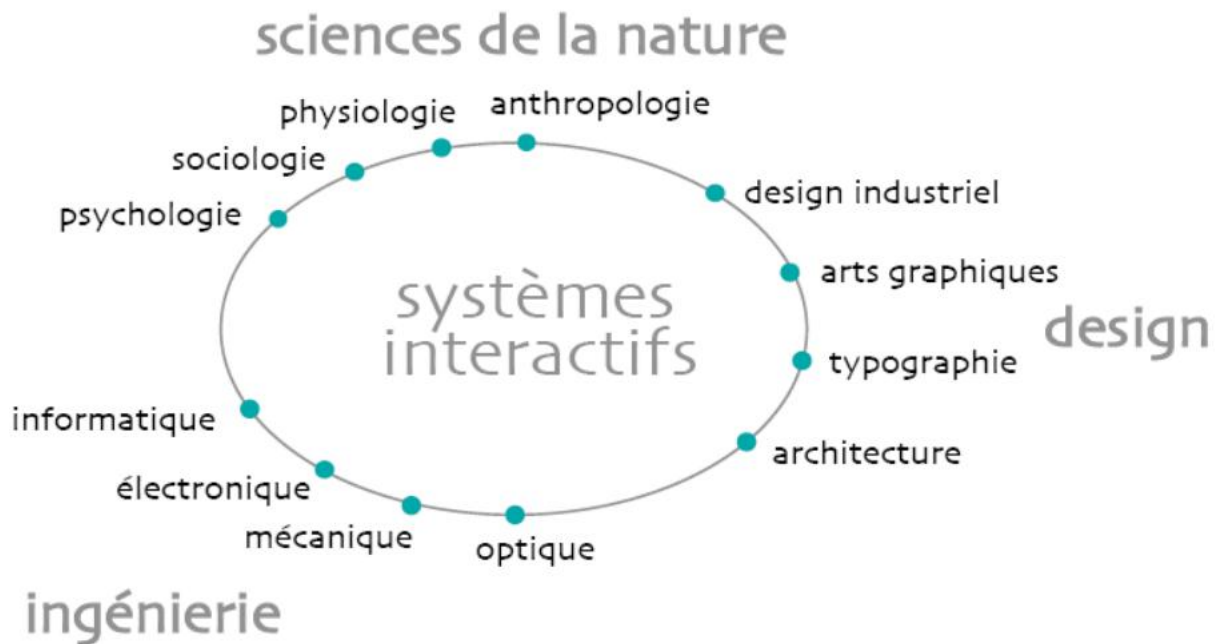
De manière générale, à la fin de ce module, chaque étudiant devra avoir compris comment spécifier, concevoir et développer les interfaces/interactions avec l'utilisateur. C'est à dire que chaque étudiant devra être capable :

- d'identifier et de nommer (en français et en anglais) les différents composants constituant une interface graphique
- de spécifier une interface graphique, c'est à dire :
 - o de décrire l'utilisateur type à l'aide du modèle de Rasmussen
 - o de construire l'arbre des tâches de l'application selon la notation HTA (Hierarchical Task Analysis)
 - o d'utiliser l'approche par scénario pour guider son analyse des besoins
- de concevoir une interface graphique, c'est à dire :
 - o de juger une interface à l'aide des enseignements du modèle du processeur humain, des leçons du modèle d'ICS et de la théorie de l'action de choisir les composants d'interface qui favorisent l'affordance, de comparer des interfaces en fonction de la loi de fitts, d'organiser des composants selon les règles de groupage,
 - o de produire des maquettes bases et hautes fidélités d'une interface à l'aide d'outils de prototypage (mockup),

- d'argumenter les choix faits lors de la conception des maquettes en fonction des propriétés ergonomiques
- de développer une interface graphique, c'est à dire :
 - de produire une interface à l'aide du langage de programmation Java, d'organiser l'architecture de l'application (les classes Java) en fonction du principe de séparation des préoccupations
 - de mettre en œuvre le patron de conception observateur/observable pour les interactions entre l'utilisateur et l'interface, d'utiliser la programmation événementielle en java.

II. IHM, domaine pluridisciplinaire

- Informatique
 - programmation
 - IA
 - synthèse et reconnaissance de la parole, langue naturelle
 - image
 - système...
- Psychologie cognitive
- Ergonomie cognitive, ergonomie des logiciels
- Sciences de l'éducation, didactique
- Anthropologie, sociologie, philosophie, linguistique
- Communication, graphisme, audiovisuel



IHM :

Un domaine de l'informatique :

– qui s'intéresse

- à la conception
- à l'évaluation
- des logiciels interactifs et de leurs interfaces

– qui s'appuie sur des connaissances

- en sciences humaines et sociales : psychologie, sociologie, ergonomie
- en informatique

– qui met au point

- des méthodes
- des techniques
- des outils

III. 3 grandes catégories d'objets d'études

1. Humain :

- Les utilisateurs finaux, les autres membres de l'organisation
- Leurs tâches, leurs besoins, leurs difficultés

2. Machines

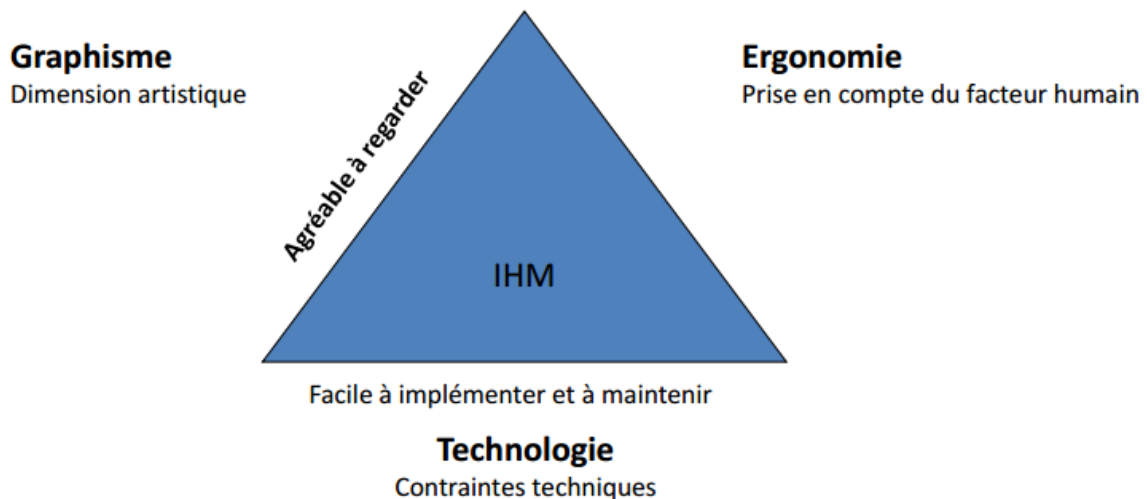
- Des (matériels et) logiciels
- Avec des contraintes techniques et matérielles

3. Interaction : Boucle

- Les utilisateurs expriment ce qu'ils veulent faire
- Le logiciel interprète, exécute et communique des résultats

III.1. Facteurs à prendre en compte

1. Graphique : Agréable à regarder
2. Ergonomique: Prise en compte du facteur humain
3. Technologique (Contraintes techniques): Facile à implémenter et à maintenir



L'aspect graphique souvent négligé :

- Traité lors de la réalisation d'un site web mais souvent négligé dans les applications de gestion
- Une application laide aura le plus grand mal à être retenue en « short list » lors du choix client

Le facteur humain souvent ignoré :

- Méconnaissance des normes ergonomiques et des patterns de dialogues Hommes/Machines
- Méconnaissance des situations d'usages et de la tâche réelle
- Utilisateur final non intégré dans la conception

L'aspect technique est souvent le seul déterminant : Spécification et conception de l'IHM laissée au développeur.

III.2. L'équation à résoudre

- U : Connaitre ses utilisateurs (Qui ?)
 - Population visée : âge, niveau d'expérience
 - Capacités cognitives : erreur humaine, mémoire à court et à long terme
 - Physiologie : handicap, limites de l'œil et la main
- A : Connaitre leur activité (Quoi ?)
 - Tache réelle
 - Situations dégradées, fréquence d'usage
- S : Connaitre les situations d'usages (Comment ?)
 - Postures : assis, debout, autres...
 - Environnement de travail : poussières, poste stable
- M : Connaitre le matériel
 - Hardware : taille de l'écran, type d'interaction
 - Software : système d'exploitation, autres logiciels installés

IV. DEFINITIONS

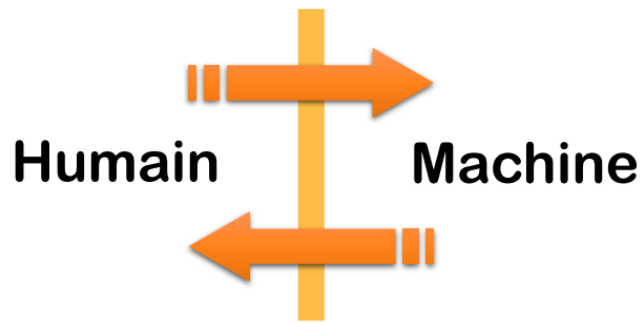
IV.1. Interface Homme-Machine

Un peu d'étymologie (latin) : **interface**

inter : entre

facies : l'aspect

Ensemble des dispositifs matériels et logiciels permettant à un utilisateur d'interagir avec un système interactif.



IV.2. Interaction Homme-Machine

Un peu d'étymologie (latin) : **interaction**

inter : entre

actio : faculté d'agir

Ensemble des aspects de la conception, de l'implémentation et de l'évaluation des systèmes informatiques interactifs (Discipline englobant la conception, l'évaluation et le développement de systèmes interactifs).

Mais aussi :

- **Communication** Homme – Machine
- **Dialogue** Homme – Machine
- **Interaction** Personne – Machine

➡ Flux et échanges d'informations entre : l'homme, la machine et l'environnement : manifestation des interactions entre les entités, traitées par des moyens logiciels et matériels que l'on nomme génériquement « interfaces homme-machine » ou IHM.

La dénomination d'IHM couvre généralement toutes les combinaisons de relations entre les trois entités (l'homme, la machine et l'environnement) y compris quelquefois la relation homme-homme, pour peu qu'elle comporte un système intermédiaire.

L'interface est (presque) la seule chose que l'utilisateur connaît du logiciel que vous avez construit.

IV.3. Prise en compte de l'utilisateur

- Approche technocentrique
 - centrée sur la machine
 - et ses possibilités
 - l'utilisateur doit s'adapter à la machine
- Approche anthropocentrique
 - centrée sur l'homme
 - et ses besoins
 - la machine doit s'adapter à l'utilisateur

- Approche instrumentale : Co-adaptation des machines et des humains

L'approche "technocentriste" est remplacée par une approche "anthropocentrique"

- Approche technocentriste : centrée sur le système, l'utilisateur doit s'adapter à la machine
- Approche facteurs humains : pour que les machines soient efficaces il faut tenir compte des « erreurs humaines » et les éviter, il faut tenir compte de l'utilisabilité dans l'usage
- Approche anthropocentrée : conception centrée sur les humains ; les machines assistent les humains dans leurs activités ; on parle des acteurs humains
- Approche anthropotechnologique (Dourish), instrumentale (Rabardel 1995) : les machines évoluent en fonction des technologies mais aussi en fonction des usages (instrumentation) et réciproquement les machines font évoluer l'activité humaine et même, l'homme cognitif, émotionnel, social, culturel est changé par la machine (instrumentation).

V. Différence entre système interactif (SI) et système algorithmique (SA) :

- Un SA lit des entrées, calcule, produit un résultat ;
- Un SI traite des entrées et produit des sorties au cours de son exécution, et peut s'exécuter de façon infinie.
- Le SA s'exécute et s'arrête,
- Le SI exécute implicitement une boucle infinie et attend les événements provenant de l'extérieur (de l'utilisateur). On n'a pas de problème de l'arrêt puisqu'en général on veut que les programmes bouclent.
- Dans le SA, si les entrées sont connues, le système est déterministe,
- Dans le SI, on ne peut pas connaître les entrées car certaines peuvent dépendre de sorties antérieures, et donc le système n'est pas déterministe.

VI. Évolution des interfaces

- Systèmes plus conviviaux, faciles à comprendre et à utiliser,
- Interfaces graphiques : Manipulation directe et Action directe pour les objets représentés à l'écran, WYSIWYG (What You See Is What You Get), ACAI (A-chage Conforme A l'Impression).

VI.1. Dispositifs de sortie:

- écrans, visualisation d'informations
- Vision 3D,
- Imprimantes 3D,

- Son: synthèse vocale, son 3D spatialisé, son 3D holophonique
- Retour tactile, retour de force, retour haptique,
- son 3D binaural

VI.2. Dispositifs d'entrée

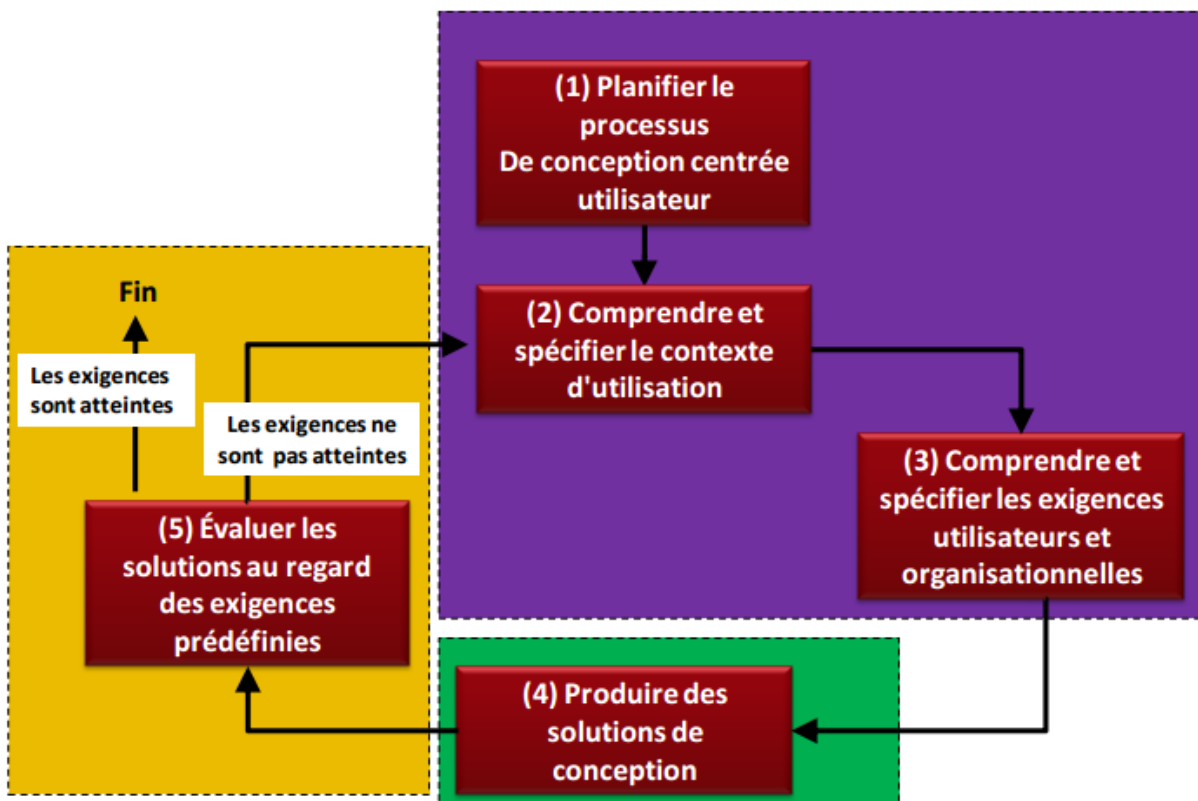
- Clavier (azerty, Dvorak)
- Dispositifs de pointage: souris, trackball, joystick, pavé tactile, entrée tactile
- Son : reconnaissance vocale (de parole), reconnaissance de son/musique
- Dispositifs d'entrée visuelle 2D : Codes-barres 2D (texte, web, mail, wifi, carte de visite), écran tactile, crayons optiques, Lecteur d'empreintes, Reconnaissance de tracé, d'écriture manuscrite)
- Dispositifs d'entrée 3D: capteurs de position, de direction et de vitesse ; Reconnaissance de visage, d'iris ;
- Autres dispositifs d'entrée tels les capteurs :
 - o Température, hygrométrie, composition de l'air, lumière
 - o Orientation, proximité, mouvement, altitude, direction, accélération, rotation, champ magnétique
 - o fréquence cardiaque, niveau sonore, pression atmosphérique, odeurs

VII. Étapes du processus de la conception centrée utilisateur

Un processus de conception centrée utilisateur typique comprend trois phases principales mises en œuvre de façon itérative : (1) ANALYSE, (2) CONCEPTION, (3) ÉVALUATION

- **Analyse des besoins**
 1. Planifier le processus
 2. Comprendre et spécifier le contexte d'utilisation
 3. Comprendre et spécifier les exigences utilisateurs et organisationnelles
- **Conception** : Produire des solutions de conception
- **Évaluation** : Évaluer les solutions au regard des exigences prédéfinies

VIII. Le déroulement du processus



(1) Planifier le processus de conception centrée utilisateur

- Tous les participants doivent avoir compris et acceptés les principes de la conception centrée utilisateurs
- Définition du type conception (maquette, prototype, ...)
- Définition des techniques utilisées pour l'implication des utilisateurs (Entretiens, questionnaires, focus group, ...)

(2) Comprendre et spécifier le contexte d'utilisation

- But : comprendre la population cible et ses caractéristiques, ses buts et tâches, ses environnements
- Description des environnements (Technique, physique, social, organisationnel, législatif, ...)
- Identification des profils utilisateurs (Identification des caractéristiques : connaissances, compétences, fonctions, tâches, niveau d'expérience de l'outil informatique, ...)
- Techniques :
 - Spécification des groupes d'utilisateurs (Personnas)
 - Spécification des tâches (Analyse hiérarchique de tâches)
 - Analyse de l'existant
 - Méthodes de benchmarking (étude des sites concurrents)

- Tri de cartes

(3) Comprendre et spécifier les exigences utilisateurs et organisationnelles

- Définir les objectifs basés sur les spécifications de l'activité (2) précédente
- Objectifs concernant :
 - Taux de succès
 - Nombre d'erreur
 - Temps d'exécution des tâches
 - Nombre d'étapes pour la complétion d'une tâche
 - Satisfaction des utilisateurs
- Objectifs opérationnels et financiers

(4) Produire des solutions de conception

- Le choix des solutions se fait en deux étapes :
 - 1^{ère} étape : L'ergonome détermine un éventail de solutions possibles
 - 2^{ème} étape : Les solutions possibles sont testées auprès des utilisateurs
- Techniques de concrétisation de solutions
 - Prototype papier
 - Storyboard
 - Prototype réalistes : HTML, Powerpoint, Flash, ...

(5) Évaluer les solutions au regard des exigences prédéfinies

Les solutions produites à l'étape précédente sont évaluées par les utilisateurs.

Les prototypes créés au stade précédent sont utilisées pour évaluer les solutions conçues en fonction des exigences. Le pilotage de tests utilisateurs selon un protocole d'évaluation précis permet de détecter facilement les défauts de l'interface (lire l'article Recette de test utilisateur).

On peut ordonner les défauts de conception selon leur importance en fonctions des objectifs d'utilisabilité définis précédemment (Est-ce qu'il n'y a pas des choses qui auront peu d'impact sur mes objectifs d'utilisabilité ?). Au-delà des tests utilisateurs, d'autres méthodes peuvent servir l'évaluation.

Les focus group pour l'évaluation peuvent ainsi se dérouler sous la forme de co-découverte et discussion post-test de groupe, ou de tests individuels suivis de focus sur les performances. Les Focus groups servent à choisir parmi des alternatives de conception. Les passations collectives ou individuelles des tests doivent être choisies selon la vocation du produit (à utilisation de groupe ou individuelle).

Pour choisir l'option de conception qui corresponde le mieux aux exigences fonctionnelles et des utilisateurs, on peut aussi procéder à une évaluation experte sur la base des heuristiques, normes, recommandations et critères en ergonomie des interfaces. Cette inspection donne lieu à un rapport d'évaluation qui doit être orienté solution. On peut imaginer d'effectuer des évaluations croisées, mettant en commun les résultats d'inspection de plusieurs experts. Cette technique permet d'obtenir des données plus fiables et complètes.

Des questionnaires de satisfaction, de préférences (SUS, QUIS, PUTQ, WAMMI) peuvent être proposés aux utilisateurs.

On peut ici aussi procéder à des entretiens, observations, avec des verbalisations concomitantes (en même temps que se déroule l'observation) et / ou consécutives (suite à l'observation).

Les techniques d'eye tracking peuvent permettre d'évaluer, de comparer diverses versions d'un même produit mais doivent nécessairement être couplées à une connaissance approfondie des utilisateurs et des tâches.

De plus, le coût de la mise en œuvre d'une évaluation de ce type ne peut être supporté que pour des projets d'une ampleur importante.

L'objectif de l'évaluation des solutions est de recueillir un feedback sur la conception développée. Il permettra d'améliorer la conception. C'est une évaluation de la satisfaction des objectifs utilisateurs et organisationnels.

Cette évaluation peut être réalisée à court terme (essais par les utilisateurs pendant la conception afin de comparer des caractéristiques des prototypes) ou à plus long terme (par exemple une étude post-installation pour validation de spécifications, ou un questionnaire pour identifier les exigences pour la prochaine version...). Il existe toujours à l'usage des problèmes non identifiés lors des tests utilisateurs, que ce feedback pourra permettre de cerner. Une évaluation sur le terrain peut ainsi permettre de tester le fonctionnement du système final.

En conclusion, Cette base normative pour le cycle de conception peut servir à la conception ou à la refonte de toute application informatique (logiciel ou application web). L'idée est d'adapter le système aux caractéristiques des utilisateurs, des tâches et du contexte.

On doit être conscient du décalage entre les situations de pratique et ce qu'on pourrait faire en appliquant la démarche centrée sur l'utilisateur du début à la fin. Quoiqu'il en soit, on doit insister sur la caractéristique itérative de ce cycle idéal, caractéristique gagnée par le feedback utilisateur et qui en fait toute sa force.

Chapitre II : INTERACTION GRAPHIQUE

I. Introduction

L'interaction graphique regroupe l'ensemble des moyens matériels et logiciels qui permettent d'interagir avec des représentations graphiques affichées sur un écran. Dans ce chapitre sont abordés : les dispositifs d'affichage et les périphériques d'entrée pour ce qui concerne le matériel ; la gestion des entrées au niveau logiciel et la notion de machine à états pour modéliser le traitement des entrées ; enfin une taxonomie détaillée des tâches d'interaction de la manipulation directe. La gestion de l'affichage lui-même ne sera abordée que très rapidement lors de l'étude des systèmes de fenêtrage : on pourra se reporter à un cours d'infographie pour de plus amples détails.

II. Les dispositifs d'affichage

II.1. Matériel

Les écrans les plus répandus actuellement sont les écrans cathodiques, qui fonctionnent sur le principe de la déflexion d'un jet d'électrons sur un écran recouvert de phosphore. Lorsqu'ils sont frappés par le jet d'électrons, les grains de phosphore émettent de la lumière pendant une certaine durée (appelée temps de rémanence). Le jet d'électrons parcourt l'ensemble de l'écran un certain nombre de fois par seconde, affichant une image ou trame à chaque passage. (Sur un écran de télévision, chaque image est constituée de deux trames et est donc réaffichée en deux passages du jet d'électrons ; cela explique en partie la moins bonne qualité et le moindre prix des écrans de télévision). Une fréquence de réaffichage plus élevée permet d'utiliser un phosphore avec un temps de rémanence plus faible et d'obtenir une meilleure qualité d'affichage.

Les écrans LCD se répandent de plus en plus, notamment pour les ordinateurs portables, à cause de leur faible consommation électrique et de leur faible encombrement. Ces écrans utilisent les propriétés de polarisation de la lumière par les cristaux liquides. D'autres types d'écrans commencent à apparaître, comme les écrans à plasma dans lequel chaque point est un constitué d'une microbulle contenant un plasma dont on peut changer l'état d'excitation.

II.2. Écrans à balayage linéaire (écrans bitmap)

La mémoire de rafraîchissement (mémoire écran) contient les valeurs de chaque pixel. Si chaque pixel a un bit, c'est un bitmap, sinon c'est un pixmap (mais on emploie le terme bitmap de manière générique).

Pour une résolution de 1024x1024, on a les valeurs suivantes :

Mémoire nécessaire Nombres de couleurs

1 pixel <--> 1 bit 128 Ko 2

1 pixel <--> 8 bits 1 Mo 256

1 pixel <--> 24 bits 3 Mo 16777216 (16 millions)

Dans les systèmes haut de gamme, on peut aller jusqu'à 96 bits par pixels :

24 bits de couleur + 8 de fonctions spéciales et de contrôle (alpha channel, etc.) double buffer, soit 24+8 bits supplémentaires

32 bits pour le Z-buffer (algorithme d'élimination de parties cachées 3D)

Différentes architectures matérielles permettent d'optimiser les performances. En particulier, des processeurs graphiques spécialisés permettent de décharger le CPU en dessinant directement dans la mémoire d'écran.

II.3. Table des couleurs

Un grand nombre de bits par pixel permet un plus grand nombre de couleurs, mais coûte plus cher. De plus, la correspondance entre valeur de pixel et couleur est fixe.

La table de couleurs permet de rendre l'usage de la couleur moins cher, et de rendre plus souple la correspondance pixel - couleur. Elle permet également de réaliser des effets spéciaux, par exemple pour l'animation.

La table des couleurs fait correspondre une couleur à chaque valeur possible de pixel. Pour un écran de 8 bits par pixel, la table a 256 entrées. Chaque entrée contient une couleur parmi 16 millions (typiquement). En changeant une entrée de la table des couleurs, tous les pixels correspondants changent de couleur au réaffichage suivant.

Il est souvent utile de modifier les couleurs d'une image sans affecter la structure de l'image elle-même, par exemple pour visualiser uniquement certaines parties de l'image ayant une couleur particulière ou créer des effets spéciaux (animation, solarisation,...). Dans ces cas, on utilise des modifications programmées de la table des couleurs.

III. Les périphériques d'entrée

III.1. Les dispositifs de localisation et de pointage

III.1.1. Les tablettes

Les tablettes graphiques fonctionnent selon différents principes. Elles ont en commun l'utilisation d'un stylet ou d'un "puck", souvent muni de boutons. Leur bonne résolution les rend particulièrement adaptées à des tâches précises ou d'arts graphiques. Certaines tablettes captent, en plus de la position, la pression, voire l'inclinaison du stylet, et même les positions

de deux périphériques, par exemple un stylet et un puck tenus dans chaque main. La fréquence d'envoi des informations est de l'ordre de 30 à 60 Hz.

Les tablettes électriques contiennent une grille de fils conducteurs. Des pulsations électriques sont émises séquentiellement dans ces fils et génèrent un signal électrique dans une bobine contenue dans le stylo. La puissance du signal induit est utilisée pour déterminer la position du stylo (et parfois son degré de proximité par rapport à la tablette).

Les tablettes sonores sont munies de 2 ou 3 micros positionnés à la périphérie de la tablette. Le stylo émet des impulsions sonores. Le délai temporel entre l'émission (par le stylo) et la réception (par les micros) est proportionnel à la distance du stylo par rapport à chaque micro (ce mécanisme peut être étendu à trois dimensions : position d'une "chauve-souris" dans l'espace).

Les tablettes résistives utilisent un micro-émetteur de signaux radio haute-fréquence installé dans le stylet. Ce micro -émetteur nécessite d'alimenter le stylet par une batterie ou par un fil électrique. La tablette contient une fine couche d'un matériau conducteur dans lequel un potentiel électrique est créé par les ondes radio. La valeur de ce potentiel électrique aux bordures de la tablette est inversement proportionnelle à la distance.

III.1.2. Les souris, trackball et joysticks

Les souris sont les périphériques d'entrée les plus répandus, grâce à leur faible coût, leur polyvalence et leur faible encombrement. Elles sont le plus souvent mécaniques, parfois optiques. Les souris mécaniques captent la rotation d'une sphère sur laquelle roule la souris, en X et en Y. Les souris optiques utilisent une diode électroluminescente (LED) et une cellule photo-électrique. Elles nécessitent une tablette sur laquelle est gravée une grille. La LED et la cellule permettent de compter le nombre de divisions de la grille qui sont traversées, en X et en Y.

Les trackballs peuvent être décrites comme des souris mécaniques inversées. Elles ont l'avantage d'un encombrement très faible et d'une position fixe. Cependant, la précision est en général moins bonne que celle d'une souris.

Les joysticks ou manches à balai sont munis de ressorts qui ramènent le manche à sa position de repos. Certains joysticks sont à jauge de contrainte : c'est l'effort sur le manche à balai qui est mesuré et non pas son déplacement. Les joysticks contrôlent la vitesse du curseur plutôt que sa position, ce qui introduit une indirection qui peut poser des problèmes à certains utilisateurs. Certains joysticks offrent un 3ème degré de liberté avec la rotation du manche sur lui-même.

III.1.3. Les écrans tactiles et crayons optiques

A la différence des périphériques précédents, les écrans tactiles et stylos optiques permettent une désignation directe sur l'écran des objets affichés. Les écrans tactiles à très faible résolution (10x10 à 50x50) sont à mécanisme optique : une grille de faisceaux infrarouge est interrompue par le doigt lorsqu'il touche l'écran. Les écrans capacitifs ont une résolution de l'ordre de 100x100. Ils détectent le changement d'impédance au toucher. Les écrans sonores utilisent la réflexion d'un signal sonore par le doigt et permettent une résolution de l'ordre de 500x500. Certains écrans tactiles peuvent capter la pression du doigt ou du stylet.

Les crayons optiques, pratiquement inutilisés aujourd'hui, détectent le passage du spot électronique de l'écran par une cellule intégrée au stylo. En mesurant l'intervalle de temps entre le moment où le spot électronique commence le balayage et celui où il passe devant la cellule du crayon, on peut déterminer la position de ce dernier.

Tous ces écrans ne peuvent capter qu'une position à la fois, et donnent des valeurs erronées si l'on pose deux doigts sur l'écran, ou un stylet tenu à la main et le poignet. Il en résulte une fatigue d'utilisation rapide et une faible précision. Enfin, comme l'image est affichée derrière le verre de l'écran et que l'écran tactile est sur le dessus, on a souvent une erreur de parallaxe importante.

III.2. Classification des périphériques

III.2.1. Absolu / Relatif

On peut classer les périphériques de localisation en périphériques absolus et relatifs. Les périphériques absolus transmettent une position (x, y) tandis que les périphériques relatifs transmettent un déplacement (dx, dy). Les périphériques relatifs ne permettent pas le dessin à main levée. C'est pourquoi les tablettes graphiques qui sont souvent utilisées en arts graphiques fonctionnent le plus souvent en mode absolu. Par contre, les périphériques absolus ne permettent pas à l'application de repositionner le curseur à l'écran car celui-ci est directement lié à la position du périphérique. Les tablettes, écrans tactiles et stylos optiques sont des périphériques absolus. Les souris, joysticks et trackballs sont relatifs.

III.2.2. Direct / Indirect

Une autre classification des périphériques de localisation concerne leur degré d'indirection. Un périphérique direct permet un pointage direct sur l'écran (c'est le cas de l'écran tactile et du stylo optique). Un périphérique indirect met en jeu une indirection plus ou moins

importante entre l'action sur le périphérique et l'effet sur le curseur. Dans le cas de la tablette ou de la souris, le périphérique se déplace dans un plan horizontal, et contrôle les déplacements du curseur dans le plan de l'écran, généralement vertical. Dans le cas du joystick mécanique, la position du périphérique contrôle la vitesse de déplacement du curseur. Dans le cas du joystick à jauge de contrainte, c'est l'effort sur le joystick qui contrôle la vitesse de déplacement.

Plus l'indirection est importante, plus l'utilisateur est susceptible d'avoir des difficultés à contrôler le périphérique. Cependant, le pointage direct, s'il est plus naturel, n'a pas que des avantages : le pointage sur écran est fatigant car il faut tenir le bras en l'air, et la main et le bras occultent une partie de l'écran.

III.2.3. Courbe de réponse

Les périphériques indirects utilisent une courbe de réponse qui transforme les déplacements captés par le périphérique en déplacements du curseur. Dans le cas le plus simple, cette courbe de réponse est linéaire. Ce cas correspond aussi à la courbe de réponse implicite des périphériques directs, comme la tablette.

Dans les schémas ci-dessous, on montre les courbes de réponses de plusieurs périphériques : tablette, souris Macintosh et souris X Window. La courbe montre le déplacement du curseur dC en fonction du déplacement du périphérique dP .

Si l'on veut une bonne précision, il faut que la courbe soit assez plate près de l'origine : à de petits déplacements de la souris correspondent des déplacements encore plus petits du curseur. Par contre, pour une bonne efficacité, il faut pouvoir traverser l'écran rapidement, donc avoir une courbe plutôt raide lorsque dP augmente. Cela conduit à une courbe telle que celle du Macintosh. Lorsque l'on choisit la vitesse de la souris sur le Macintosh, on choisit en fait une courbe de réponse qui monte plus ou moins vite.

La courbe de réponse de X Window est un exemple à ne pas suivre. L'utilisateur peut régler deux paramètres : le seuil, qui est l'abscisse du point de discontinuité de la courbe, et l'accélération, qui est la pente du second segment de droite (le premier segment est de pente fixe). Comme la courbe n'est pas continue, un déplacement de la souris à une vitesse proche du point de discontinuité provoque une réponse erratique du curseur, et cela d'autant plus que le seuil et/ou l'accélération sont importants. De plus, comme les segments sont linéaires, on ne peut pas combiner une bonne efficacité et une bonne précision.