

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent**



**Institut des sciences**  
**Département des mathématiques et d'informatique**

**Polycopié de cours de la matière**  
**Interface Homme Machine**



**Rédigé par : Dr Belgrana Fatima Zohra**

**Année Universitaire : 2019-2020**

## **Objectif général du cours**

### **Objectif général du cours**

L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'acquérir des compétences pour confectionner des interfaces graphiques visuelles en respectant les critères ergonomiques et les standards du design des interfaces interactives et conviviales en tenant compte de l'aspect usager et sans négliger les caractéristiques de la tâche, du contexte ainsi que ceux du matériel. Pour cela, il faut étudier les différents types de spécification d'interface interactifs et aborder leur conception et leur évaluation. Ce cours permettra aussi de voir quelques éléments sur la recherche et l'innovation dans ce domaine.

## Table des matières

<b>Objectif générale du cours</b> .....	2
<b>Tables des matières</b> .....	3
<b>Liste des figures</b> .....	6
<b>Liste des tables</b> .....	6
<b>Introduction générale</b> .....	8
<b>Chapitre 1: IHM, Interaction Homme-Machine : problématique et enjeux du domaine</b>	
1.1 Introduction.....	11
1.2 Définitions et problématique.....	11
1.3 Historique .....	12
1.4 Les approches de l’IHM.....	12
1.5 Facteurs à prendre en considération lors de la conception des IHMs .....	13
1.6 Enjeux du domaine .....	13
1.7 Avancés technologiques.....	14
1.7.1 Réalité virtuelle, augmentée et diminuée, cliquable et tangible.....	14
1.7.2 Web des objets et informatique vestimentaire.....	15
1.7.3 Les systèmes interactifs.....	15
1.7.4 Environnement pervasif: ubiquitaire.....	16
1.8 Conclusion.....	16
<b>Chapitre 2 : Apports de la psycho cognitive, Méthodes de conception</b>	
2.1 Introduction .....	18
2.2 Définitions.....	18
2.2.1 La psychologie cognitive.....	18
2.2.2 Ergonomie .....	18
2.3 Apports de la Psychologie Cognitive à la modélisation en IHM.....	19
2.3.1 La théorie de l’action de Norman.....	19
2.3.2 Modèle de Rasmussen.....	22
2.3.3 Modèle du processeur humain.....	23
2.3.4 Modèles GOMS et Keystroke .....	26
2.4 Conclusion .....	28

## Table des matières

### Chapitre 3 : Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité.

3.1 Introduction.....	30
3.2 Ergonomie des logiciels .....	30
3.3 Critères ergonomiques, Facteur d'utilisabilité.....	30
3.3.1 Le guidage.....	31
3.3.2 Charge de travail.....	34
3.3.3 Contrôle explicite.....	35
3.3.4 Adaptabilité.....	36
3.3.5 Gestion des erreurs.....	36
3.3.6 Signifiante des codes et dénominations.....	37
3.3.7 Homogénéité.....	38
3.3.8 Compatibilité.....	39
3.4 Ergonomie des interfaces WIMP.....	39
3.4.1 Définition : WIMP.....	39
3.4.2 Fenêtre.....	40
3.4.3 Icône.....	46
3.4.4 Les onglets.....	46
3.4.5 Les menus.....	47
3.4.6 Les boutons.....	49
3.5 Ergonomie des interfaces mobiles.....	51
3.5.1 Définition.....	52
3.5.2 Règle ergonomique de bases .....	52
3.6 Conclusion.....	54
<b>Chapitre 4 : Conception des IHMs</b>	
4.1 Introduction.....	56
4.2 Activités de développement.....	56
4.2.1 Analyse des besoins.....	57
4.2.2 Conception.....	58
4.2.3 Spécifications techniques.....	59
4.2.4 Maquette et prototype .....	61
4.3 Conclusion .....	62

## Table des matières

### Chapitre 5: Evaluation des IHMs.

5.1 Introduction.....	64
5.2 Approche d'évaluation.....	64
5.2.1 L'approche empirique.....	65
5.2.2 Approche analytique informelle.....	66
5.2.3 Approche analytique formelle.....	67
5.2.3.1 Modèles prédictifs des performances.....	67
5.2.3.2 Modèle de qualité.....	67
5.3 Tests.....	68
5.4 Conclusion.....	69
Conclusion générale.....	70
Références bibliographiques .....	72

## Liste des tables

**Table 3.1** Critères ergonomiques [Bastien & Scapin, 1993]

## Liste des figures

**Figure 1.1** Nouvelles technologies d'interaction. (a)Réalité virtuelle, (b) réalité augmentée ; (c)Réalité diminuée.

**Figure 1. 2** L'informatique ubiquitaire.

**Figure 2.1** Théorie de l'action de Norman.

**Figure 2.2** Modèle de Rasmussen [Rasmussen, 1986].

**Figure 2.3** Modèle du processeur humain [Carroll, 2013].

**Figure 2.4** Système sensoriel : codage de la lettre P.

**Figure 2.6** Modélisation du temps de pointage : Loi de Fitts [Haddadi, 2016].

**Figure 3.5** Le système cognitif MCT et MLT [Carroll, 2013].

**Figure 3.1** Guidage: (a) incitation et groupement par localisation, (b) groupement par format.

**Figure 3.2** Exemple de feedback immédiat

**Figure 3.3** Facteur de lisibilité non respecté.

**Figure 3.4** Critère respecté : charge de travail

**Figure 3.5** Critère respecté : contrôle explicite

**Figure 3.6** Critère respecté : adaptabilité.

**Figure 3.7** Critère respecté : gestion des erreurs.

**Figure 3.8** Critère concerné : la signification des codes et dénominations.

**Figure 3.9** Critère respecté : homogénéité.

**Figure 3.6** Critère de compatibilité

**Figure 3.7** Zones et degrés de visibilité dans une fenêtre.

**Figure 3.8** Différentes positions des libellées et des champs de saisie.

**Figure 3.9** Règles de construction des icônes.

**Figure 3.10** Limiter le nombre d'onglets.

**Figure 3.11** Stratégie multifenêtrages : (a) Mosaïque de fenêtre, (b) Fenêtre chevauchante.

**Figure 3. 12** Fenêtre de dialogue : (a) fenêtre modale, (b) fenêtre non modale.

## Liste des tables et figures

**Figure 3.13** Apparence des fenêtres : présentation des groupes de données.

**Figure 3.14** Zones et degrés de visibilité dans une fenêtre.

**Figure 3.15** Différentes positions des libellées et des champs de saisie.

**Figure 3.16** L'icône:(a) Règles de construction des icônes, (b) icônes distinguables groupé par famille avec cohérence des représentations

**Figure 3.17** Limiter le nombre d'onglets.

**Figure 3.18** Quelques recommandations des menus: raccourcis, sous-menus, libellé, ordre et disposition.

**Figure 3.19** Quelques recommandations des boutons : disposition et label.

**Figure 3.20** Yahoo mail pour mobile: indiquer où on se trouve dans l'application

**Figure 3. 21.** You Tube pour mobile : limiter l'utilisation du clavier grâce à l'historique

**Figure 3.22** Éléments cliquables « reconnaissables » et icônes bien soignées.

**Figure 3.23** Épuration d'affichage et continuité des contenus (a) face book mobile (b) face book sur Pc

**Figure 4.1** Modèle en V : principales étapes de développement d'une IHM.

**Figure 4.2** Quelques méthodes utilisées lors de la conception : (a) Brainstorming, (b) table fonctionnelle.

**Figure 4.3** Quelques méthodes utilisées lors de la conception : (a)table fonctionnelle, (b) Brainstorming.

**Figure 4. 4** Les différents types de spécifications techniques en IHM.

**Figure 4.5** (a)story-boards, (b) et (c) Maquette.

**Figure 5.1** Les différentes modalités d'évaluation des IHMs.

**Figure 5.2** Quelques méthodes de l'évaluation empirique :(a) questionnaire [Ueq, 2019], (b) tri de cartes.

# Introduction générale

Aujourd'hui, l'informatique a pris beaucoup de place dans nos vies professionnelle et personnelle, elle est devenue omniprésente. Il est alors important d'invoquer l'interaction entre les utilisateurs et la machine d'où son appellation Interaction Homme Machine(IHM). Durant ces quatre dernières décennies, l'IHM a rendu l'informatique accessible au grand public augmentant ainsi le nombre d'utilisateurs.

Depuis l'existence du domaine des IHMs, il est question de créer un produit utilisable et utile, en parle aussi d'un produit ergonomique, il s'agit alors d'anticiper les choix possibles de l'utilisateur et les coder dans un programme. Afin d'atteindre cet objectif, différents outils, moyens et techniques sont mis à la disposition du concepteur. Dans une démarche génie logiciel, il faudrait suivre certaines étapes. Dans un premier temps, la collecte et l'organisation de données de terrain sont nécessaires afin de comprendre la façon dont les individus travaillent en situation, de détecter les insuffisances et d'améliorer la pratique professionnelle par le biais d'un support numérique.

Dans un deuxième temps, vient la conception, une étape majeure qui consiste principalement à définir une solution matérielle et logicielle permettant ainsi de décrire le système tel qu'il sera perçu par le client. Durant cette étape, il est important de faire appel à des modèles basés sur la psychologie cognitive telle que la théorie de l'action de Norman, le modèle du processeur humain, le modèle de Rasmussen ou encore les modèles GOMS et Keystrok, afin de prendre part des caractéristiques de l'utilisateur qui est principal acteur. Il s'agit en fait de comprendre comment ce dernier aperçoit, mémorise, traite l'information puis raisonne. Par conséquent ces critères resteront d'actualité encore dans le futur.

La psychologie cognitive intervient notamment en évaluation, une phase primordiale qui peut être effectuée à différents moments tout au long de la réalisation du produit logiciel. Il faudrait alors vérifier la fiabilité, l'utilité ainsi que l'utilisabilité du produit permettant ainsi à l'utilisateur d'atteindre ces objectifs facilement, rapidement et sans erreur. Il existe actuellement plusieurs modalités d'évaluation que nous verrons ultérieurement. Si l'IHM correspond aux spécifications issues de la définition des besoins toute en respectant les contraintes d'ordre ergonomiques, il sera alors question de passer au produit final et par conséquent à sa commercialisation et la distribution sinon il faudrait procéder à sa correction ou son annulation.

## **Introduction générale**

Ce polycopié de cours est organisé en cinq chapitres, le premier chapitre introduit quelques définitions de base ainsi que les différentes approches des IHMS, nous verrons aussi quelques avancés technologiques du domaine, le chapitre deux est consacré à l'apport de la psychologie cognitive quant à la réalisation des interfaces. Le chapitre trois permet un survol des principaux critères ergonomique logiciel et mobile à considérer afin d'aboutir à une IHM dite utilisable. Quant au chapitre quatre, présentent les différentes étapes nécessaires à la conception des IHMs. Le dernier chapitre est réservé à l'évaluation de ces derniers en présentant les diverses modalités, outils et méthodes à utiliser durant cette étape clef.

# CHAPITRE 1

## Interaction Homme-Machine IHM: problématique et enjeux du domaine

### **Plan du chapitre :**

**1.1** Introduction

**1.2** Définition et problématique

**1.3** Historique

**1.4** Les approches de l'IHM

**1.5** Facteurs à prendre en considération lors de la conception des IHMs

**1.6** Enjeux du domaine

**1.7** Avancés technologiques

**1.7.1** Réalité virtuelle, augmentée et diminuée, cliquable et tangible

**1.7.2** Web des objets et informatique vestimentaire

**1.7.3** Les systèmes interactifs

**1.7.4** Environnement pervasif: ubiquitaire

**1.8** Conclusion

### 1.1 Introduction

L'IHM représente aujourd'hui un enjeu technologique, social et industriel majeur. En effet, au cours des dernières années, la puissance des ordinateurs, que ce soit en matière de calcul ou de stockage d'informations, n'a pas cessé d'augmenter alors que leur prix et leur taille continuaient de diminuer. Le débit et la fiabilité des réseaux de communication ont bénéficié des mêmes progrès. Aujourd'hui, le problème n'est plus seulement d'accroître encore ces performances, mais de faciliter les échanges d'information avec l'utilisateur humain, en s'adaptant à ses besoins et à ses capacités [Caelen, 2019].

Les IHMs sont devenues alors le seul point d'entrée de l'homme dans des systèmes de plus en plus complexes [Boy, 1991] [Bar, 1996].

### 1.2 Définitions et problématique

L'Interaction Homme Machine IHM, Interaction Personne-Ordinateur (IPO), Communication Homme Machine (CHM), ou encore Dialogue Homme Machine (DHM) plusieurs acronymes sont utilisés pour définir l'ensemble des moyens utilisés par l'homme pour communiquer avec une machine.

L'IHM définit les moyens et les outils mis en œuvre pour qu'un humain puisse contrôler et communiquer avec un ordinateur ou tout autre dispositif numérique [Fekete, 1996]. Elle représente l'ensemble des aspects de la conception, de l'implémentation et de l'évaluation des systèmes informatiques interactifs.

La communication avec la machine diffère de celle entre humains, elle se fait via le biais d'outils permettant ainsi la réalisation de tâche d'où il est plus approprié d'utiliser la notion d'interactivité.

L'interactivité dénomme alors l'entrée de données par un usager dans un système informatique ainsi que la réponse du système. Ce processus nécessite une action coordonnée entre l'usager et la machine que l'on nomme souvent interaction, il s'agit de la fonction principale de l'interface qui permette au minimum l'entrée et la sortie des données et l'activation de commandes [Pignier, 2012].

Un des objectifs fondamentaux du dialogue homme-machine est de se rapprocher du dialogue naturel via le langage naturel de l'utilisateur. Deux axes importants à considérer dans ce contexte à savoir les désignations des objets accessibles dans le contexte situationnel, et les actes de langage, ou actes de dialogue [Landragin, 2013]. Le but alors

## Chapitre 1 Interaction Homme-Machine (IHM) : problématique et enjeux du domaine

est de donner à la machine des capacités de compréhension accrues et d'adaptation à la tâche.

### 1.3 Historique

Depuis qu'existent les ordinateurs, la question de l'interaction avec les utilisateurs s'est posée. En cinquante ans, l'interaction Homme-machine (IHM) a permis de rendre l'informatique accessible au plus grand nombre, d'une façon que personne n'avait anticipée. L'interaction avec les ordinateurs est aussi vieille que les ordinateurs eux-mêmes. En effet, un ordinateur est une machine programmable, il faut donc pouvoir y entrer les données et programmes et visualiser les résultats. L'histoire de l'interaction Homme-machine (IHM) débute réellement au début des années 1960 avec les travaux pionniers de Ivan Sutherland sur SketchPad, qui ont montré comment un opérateur pouvait interagir en temps réel avec une machine exécutant un logiciel complexe [Beaudouin-Lafon, 2001].

L'apparition des nouveaux dispositifs d'entrées-sorties tels que les écrans graphiques et les stylos optiques en 1963, les premières souris 1968 ainsi que les applications grand public en 1980 ont contribué dans l'évolution des IHM. Cette évolution qui a été poursuivie par la suite par l'apparition des interfaces graphiques caractérisées par la manipulation directe via des actions directes sur des objets représentés à l'écran. D'où le développement des WYSIWYGs (What You See Is What You Get ) une catégorie d'application dotée d'une interface permettant ainsi à l'utilisateur de voir le résultat de son travail(texte, image, site web) directement tel qu'il sera publié.

Cette évolution a été renforcée par la suite par d'autres avancées technologiques telles que la vision 3D qui est apparue vers les années 50 et qui refait surface vers 1986, les imprimantes 3D, la synthèse vocale, la visualisation d'informations ainsi que le retour tactile et retour de force.

### 1.4 Les approches de l'IHM

L'homme et la machine sont les principaux acteurs d'une IHM, mais il y a aussi la tâche qui est exécutée par l'utilisateur et qui a son impact sur la machine. Lors de la réalisation d'une IHM deux approches sont possibles :

- L'approche techno centrée qui est centrée sur la machine et ses possibilités, c'est aux utilisateurs de s'adapter à la machine.

## Chapitre 1 Interaction Homme-Machine (IHM) : problématique et enjeux du domaine

- L'approche anthropo centrée qui focalise cette fois-ci sur l'homme et ses besoins, c'est la machine maintenant qui doit s'adapter à l'utilisateur.

Mais il faut noter toutefois que le partenaire principal est l'homme et non la machine, il est impossible de concevoir une interface homme - ordinateur en prenant en compte les aspects relevant de l'algorithmique seulement et en négligeant les aspects cognitifs. Il s'agit alors d'adapter la machine à l'homme.

### 1.5 Facteurs à prendre en considération lors de la conception des IHMs

Lors de la réalisation d'une IHM il faudrait prendre en considération quelques facteurs reliés principalement à l'humain utilisateur de la machine, à la tâche exécutée par cet utilisateur et ayant un impact sur cette dernière ainsi qu'aux contraintes techniques et contextuelles.

#### a. Caractéristiques de l'utilisateur :

- Différences physiques,
- Connaissances et expériences,
- Caractéristiques psychologiques,
- Caractéristiques socio-culturelles.

**b. Caractéristiques de la tâche :** il s'agit de voir si elle est répétitive, régulière, occasionnelle, sensible aux modifications de l'environnement, contrainte par le temps, risquée, etc.

**c. Contexte :** destinée au grand public, pour le loisir ou dans un domaine industriel.

**d. Contraintes techniques:** il s'agit de la plateforme adoptée, la taille mémoire, caractéristiques de l'écran ou même la réutilisation de code ancien.

### 1.6 Enjeux du domaine

L'un des enjeux principaux de l'IHM est ainsi de réaliser des systèmes non seulement utiles mais aussi utilisables. Pour être utile, un système doit répondre aux besoins identifiés lors des spécifications, et pour être utilisable, il doit être adapté aux capacités perceptives, motrices et cognitives des utilisateurs. Alors le système doit servir à quelque chose et il faut pouvoir s'en servir aussi.

## Chapitre 1 Interaction Homme-Machine (IHM) : problématique et enjeux du domaine

Les IHMs sont omniprésentes et incontournables. Il est donc nécessaire de répondre aux objectifs suivants :

### a. Élément de productivité essentiel :

- Coût d'apprentissage
- Exploitation des fonctionnalités avancées
- Facilite / rapidité d'exécution
- Risques d'erreur
- Évolutions futures, maintenance

### b. Le coût de développement des IHMs

- Optimiser le rapport performances /coût, en concevant des systèmes fiables et faciles à utiliser en un temps et à un coût raisonnables.

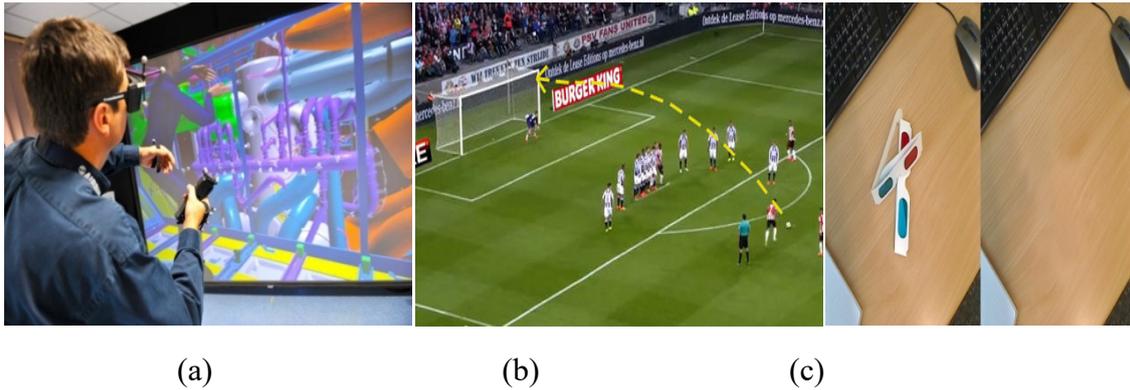
## 1.7 Avancés technologiques

L'IHM est omniprésente dans la vie quotidienne et professionnelle. Smartphones, écrans tactiles, ordinateurs, objets connectés, consoles, etc. En quelques années, l'Interaction Homme-Machine (IHM) a démocratisé l'informatique. Une révolution dans l'amplification du savoir et des capacités humaines, comme le fut la naissance du livre à la Renaissance, mais à une échelle bien supérieure [INRIA, 2013].

Il est devenu alors indispensable de prendre soin de cette discipline qui influence grandement la commercialisation et la prise en main de ces dites machines.

### 1.7.1 Réalité virtuelle, augmentée et diminuée, cliquable et tangible

D'autres techniques d'interaction ont vu le jour contribuant à leur tour au développement des IHMs telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée ou même la réalité diminuée. Où la réalité virtuelle est une simulation d'un environnement dans lequel le sujet a l'impression d'évoluer (avatar), il s'agit d'une immersion dans un monde 3D, nous la trouvons généralement au niveau des jeux (Figure 1.1(a)). La réalité augmentée est la superposition d'une image d'un modèle virtuel sur une image de la réalité en temps réel: le virtuel est intégré dans le réel. Nous pouvons prendre comme exemple un match de foot avec la technologie d'immersion (Figure 1.1(b)). Quant à la réalité diminuée elle représente la suppression d'un élément de l'image sur une image de la réalité en temps réel (Figure 1.1(c)).



**Figure 1.1 Nouvelles technologies d'interaction. (a)Réalité virtuelle, (b) réalité augmentée ; (c)Réalité diminuée.**

### 1.7.2 Web des objets et informatique vestimentaire

En parle de web des objets ou objet intelligent, mais avant de discuter sur tout ceci il faudrait d'abord définir la notion d'objet. Un objet physique est alors vu comme un ensemble de services accessibles à travers le web. Les applications « web des objets » par conséquent doivent permettre aux utilisateurs d'interagir avec les services, aux services d'interagir entre eux et de se composer pour former des services à valeur ajoutée, (service composite) et puis aux utilisateurs d'interagir avec ces services composites.

L'informatique est alors embarquée dans des objets (maison, voiture et électroménager intelligents...) ou dans les vêtements (chaussure intelligente) ainsi que les accessoires (montre intelligente).

**Exemple :** Google glace représente alors un exemple de l'informatique embarquée dans un objet dit physique utilisant ainsi des applications du web des objets telles que Google play et Google map. Ces applications peuvent être composites où Google play par exemple peut alors interagir avec une autre application, reconnaissance vocale et les appels téléphoniques, etc.

### 1.7.3 Les systèmes interactifs

Les systèmes interactifs permettent l'interaction de plusieurs utilisateurs afin de communiquer et collaborer et ceci ensemble sur un même lieu commun: table, tableau et à distance via des éditeurs de partages intégrant des moyens de communication tels que la visio- conférence (skype), google Drive, etc.

### 1.7.4 Environnement pervasif : ubiquitaire

Les objets communicants tels que les ordinateurs, les tablettes, les smartphones, etc se reconnaissent, se localisent et interagissent entre eux (transfert d'information, synchronisation des données) sans action de l'utilisateur et à tout moment, on dit alors que l'informatique diffuse. Il s'agit d'un environnement pervasif (ubiquitaire).



Figure 1.2 L'informatique ubiquitaire.

## 1.8 Conclusion

L'interaction homme-machine est un domaine fondamentalement interdisciplinaire qui touche à plusieurs enjeux sociétaux majeurs. La conception de systèmes interactifs n'est pas seulement un problème technique, c'est d'abord un problème humain qui doit associer la créativité du designer, l'analyse du psychologue et du sociologue ainsi que les outils de l'informaticien [Beaudouin-Lafon , 2005]. La définition de l'utilité et de l'utilisabilité met en évidence le caractère pluridisciplinaire de l'interaction homme-machine. L'utilisabilité renvoie aux capacités humaines et donc à la psychologie et plus particulièrement la psychologie cognitive qui fera l'objet d'une étude dans le chapitre suivant.

# CHAPITRE 2

## Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

### **Plan du chapitre :**

#### **2.1 Introduction**

#### **2.2 Définitions**

##### **2.2.1 La psychologie cognitive**

##### **2.2.2 Ergonomie**

#### **2.3 Apports de la psychologie cognitive à la modélisation en IHM**

##### **2.3.1 La théorie de l'action de Norman**

##### **2.3.2 Modèle de Rasmussen**

##### **2.3.3 Modèle du processeur humain**

##### **2.3.4 Modèles GOMS et Keystroke**

#### **2.4 Conclusion**

### 2.1 Introduction

L'élément de productivité est l'un des principaux enjeux des IHMs, où il s'agit de minimiser le coût d'apprentissage, diminuer les risques d'erreur et puis aussi exploiter toutes fonctionnalités avancées. L'idée alors est d'avoir une interface facile à utiliser et efficace, on parle d'une IHM ergonomique. Afin d'atteindre cet objectif, il faudrait prendre part des caractéristiques de l'utilisateur qui est principal acteur, où il est question de comprendre comment ce dernier raisonne, pense, réagit et traite les informations, c'est à ce moment qu'intervient la psychologie cognitive.

### 2.2 Définitions

#### 2.2.1 La psychologie cognitive

La psychologie cognitive consiste à étudier principalement les fonctions psychologiques de l'être humain telles que la mémoire, le langage, l'intelligence ainsi que le raisonnement. Elle a par conséquent contribué à la réalisation de modèles pour prédire et expliquer le comportement du facteur humain. Ce dernier doit être modélisé, où il faudrait considérer son niveau d'expertise (débutant, confirmé, expert) ainsi que ses processus cognitifs (apprentissage, connaissance, croyance) et psychologiques (notion du chiffre magique).

#### 2.2.2 Ergonomie

L'ergonome a pour mission de concevoir et de réaliser des interfaces homme-machine (IHM) accessibles, utiles, efficaces et agréables pour les utilisateurs finaux. Pour cela, il part de l'observation du comportement des utilisateurs et de leurs usages afin de leur proposer une interface qui leur corresponde et facilite leur prise en main et leurs actions [Colombi, 2015].

L'ergonomie vise à adapter le travail à l'homme, il s'agit de concevoir des outils et des machines qui peuvent être utilisés avec un maximum de confort, d'efficacité et de sécurité. Or la démarche ergonomique vise à intégrer le composant humain « point de vue utilisateur » dans le processus de conception. L'étude du facteur humain prend racine dans la psychologie. L'ergonomie permet de réduire les coûts de développement dès le début en simulant la façon dont le logiciel sera réellement utilisé [HADDADI, 2016].

## 2.3 Apports de la psychologie cognitive à la modélisation en IHM

Dans une approche anthropo-centrée où l'acteur principal est l'humain plusieurs modèles ont été proposés issus de la psychologie cognitive permettant ainsi de modéliser l'utilisateur. Parmi ces modèles nous citons :

- La théorie de l'action de Norman;
- Modèle de Rasmussen;
- Modèle du processeur humain ;
- Modèles GOMS et Keystroke.

### 2.3.1 La théorie de l'action de Norman

La théorie de l'action de Norman [Norman et Shallice, 1986] permet de détailler chaque étape d'une action que l'humain va effectuer sur une IHM. Il soulève la nécessité de favoriser :

- le lien entre l'intention et l'action;
- le lien entre l'action et l'évaluation.

Il s'agit de chercher à comprendre comment l'utilisateur d'un système exécute une action en analysant les différentes étapes qui lui permettent d'atteindre son but afin d'en tirer quelques conclusions et d'améliorer la conception de l'interface.

D. Norman dans [Norman et Shallice, 1986] indique que la réalisation d'une tâche met en jeu au moins sept activités (voir Figure 2.1) décrit comme suit:

- 1) l'établissement d'un but qui est la représentation mentale de l'état à atteindre ;
- 2) la formation d'une intention qui représente la décision d'agir pour atteindre le but ;
- 3) la spécification d'une suite d'actions où l'intention doit se concrétiser en une suite d'actions sur les dispositifs physiques de commande;
- 4) l'exécution des actions où il s'agit des actes moteurs qui conduisent au changement de l'état physique du système ;
- 5) la perception de l'état du système;
- 6) l'interprétation de l'état du système en variable psychologique ;
- 7) l'évaluation de l'état du système par rapport au but.

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

Notant toute- fois qu'il est possible de revenir en arrière si bien sur le but n'est pas atteint, en particulier les trois premières étapes sont récursives car au cours de la résolution, il est toujours possible de revenir sur le but, les intentions et la spécification du plan. Il est aussi nécessaire de définir les dispositifs et les variables physiques ainsi que les variables psychologiques, car une correspondance entre ces éléments permet de déterminer si le modèle est orienté système ou utilisateur.

La distance d'exécution traduit l'effort de mise en correspondance entre la représentation mentale interne de la tâche à effectuer et la représentation physique externe. La distance d'évaluation traduit l'effort cognitif.

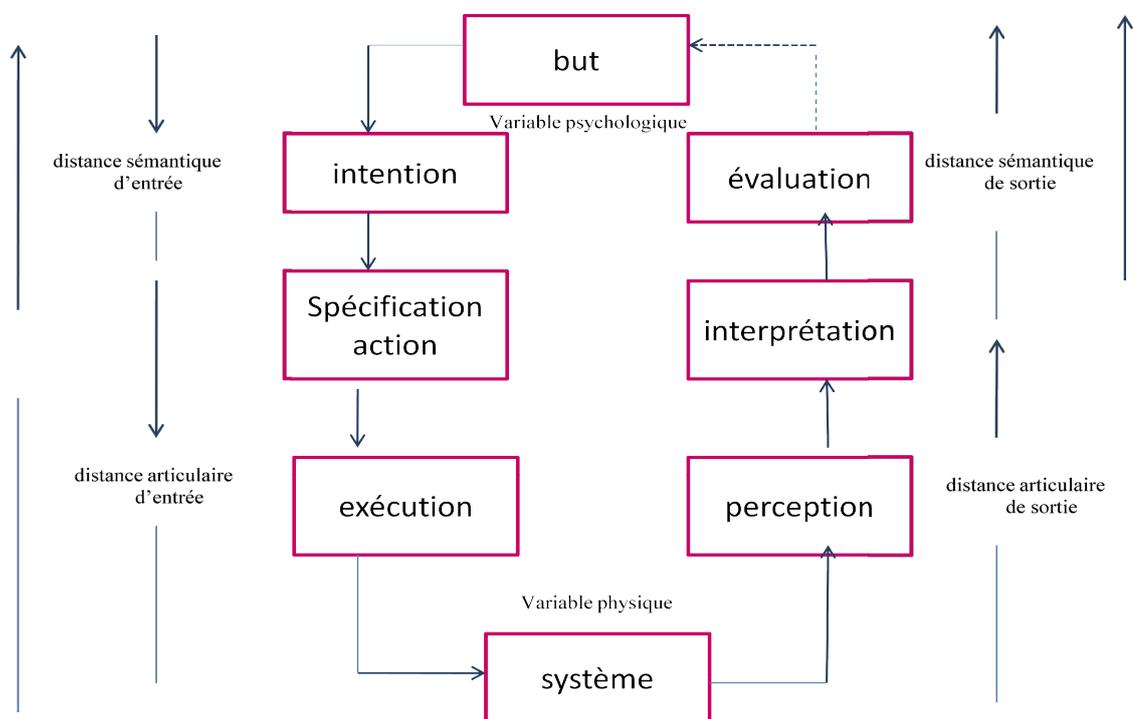


Figure 2.1 Théorie de l'action de Norman.

La notion de gouffre ou de distance est aussi importante dans ce modèle, il représente les différences entre les intentions de l'utilisateur et les actions permises. Il existe deux types de gouffre:

- **Gouffre de l'exécution**

Ce gouffre se définit comme l'effort nécessaire pour transformer les intentions ainsi que pour sélectionner et exécuter les commandes

**Exemple:** icône d'impression à la portée de l'utilisateur.

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

- **Gouffre d'évaluation**

Un bon système donne une rétroaction facilement comprise par les utilisateurs. Un mauvais système ne donnera pas de rétroaction ou son interprétation sera difficile.

**Exemple:** barre de progression

 **Exercice :** analyser le problème suivant via la théorie de l'action de Norman :

« En pleine rédaction sous MS Word alors qu'une coupure d'électricité survient sachant que la batterie du PC portable est faible ».

- 1) **Définir le but:** enregistrer les documents en cours de traitement.
- 2) **Le but doit être transformé en intention:** enregistrer via le bouton enregistrer du menu « Office ».
- 3) **L'intention est transformée en séquence d'actions** (spécification des actions) :
  - lever sa main, la déplacer puis la mettre sur la souris ;
  - déplacer la souris de telle sorte que le curseur soit positionné sur le bouton d'office ;
  - utiliser ses doigts pour cliquer sur le bouton gauche de la souris;
  - déplacer encore une fois la souris de telle sorte que le curseur soit positionné sur le bouton « enregistrer » ;
  - utiliser ses doigts pour cliquer sur le bouton gauche de la souris ;
  - choisir un emplacement;
  - donner un nom au document ;
  - utiliser ses doigts et cliquer sur le bouton « enregistrer ».
- 4) **Exécution des actions** (qui sont spécifiées dans l'étape 3).
- 5) **Perception de l'environnement :** voir la barre de progression ou encore aller dans le dossier sélectionné durant l'enregistrement et vérifier l'existence du fichier et vérifier les dernières modifications.
- 6) **Interprétation :** la perception doit ensuite être interprétée selon nos attentes, voir si le document existe ou non.

### 7) **Évaluation** : comparer l'état actuel du système avec le but défini dans l'étape 1 :

si le document en cours porte le nom que l'utilisateur avait donné durant l'enregistrement en vérifiant la barre du titre, si le contenu est équivalent aux dernières modifications, si oui alors il est enregistré donc le but est atteint, sinon revenir à l'étape 3.

### 2.3.2 Modèle de Rasmussen

Le modèle de Rasmussen ou SRK pour (Skills, Rules, Knowledge) [Rasmussen, 1986] décrit essentiellement les différentes manières dont l'information, par exemple est extraite et comprise à partir d'une interface homme-machine. Le modèle de Rasmussen consiste à identifier pour chaque tâche le degré de compétence/connaissance de l'utilisateur. En fonction de ce degré, il faut plus ou moins guider notre utilisateur (voir la figure 2.2).

Le modèle définit trois types de comportement (processus psychologique) présent dans le traitement de l'information [Rainero, 2014]:

#### 1) **Comportement basé sur les habiletés (réflexes) :**

- libère les ressources cognitives, comportement sensorimoteur;
- l'utilisateur est un expert, il a de très bonnes connaissances/compétences dans la tâche. On n'a plus besoin de le guider. Au contraire, il faut lui offrir de multiples options pour satisfaire ses besoins et ses envies. On lui proposera également un ensemble de raccourcis lui permettant d'accélérer la réalisation de sa tâche.

#### 2) **Comportement basé sur les règles :**

- un ensemble de règles est établi afin d'assurer la réalisation d'une tâche;
- l'utilisateur est d'un niveau intermédiaire, sans être un expert, il a de bonnes connaissances/compétences dans la tâche. On n'a pas besoin de le guider pas à pas. Il est cependant essentiel de l'orienter dans la bonne direction à chaque fois qu'un ensemble de choix conséquents ou critiques s'offre à lui.

#### 3) **Comportement basé sur les connaissances (analyse puis décision) :**

- la charge mentale est typiquement plus élevée,
- l'utilisateur est novice/débutant, il a de très peu de connaissances/compétences dans la tâche (ou aucune), il faut donc le guider pas à pas. On restreindra probablement ses choix en lui masquant certaines possibilités peu adaptées à son

profil (non ou moins essentielles). Cela aura pour objectif de ne pas perdre l'utilisateur et de le rassurer. Attention à bien choisir les options à garder et celles à supprimer.

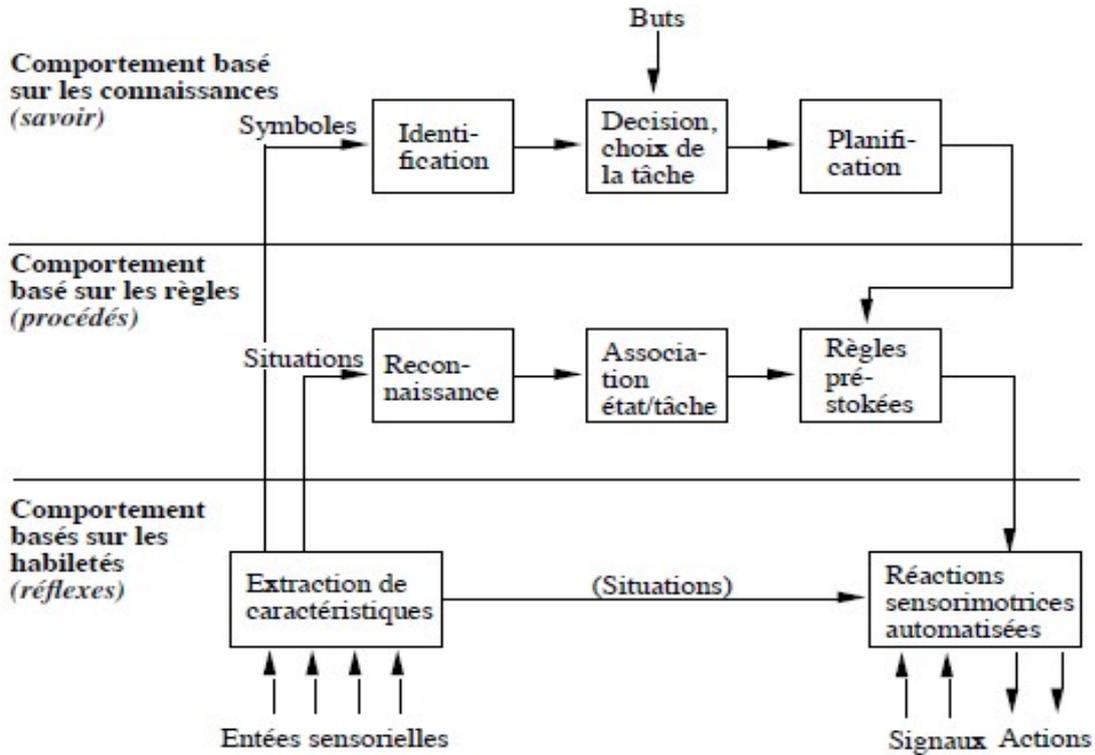


Figure 2.2 Modèle de Rasmussen [Rasmussen, 1986].

### 2.3.3 Modèle du processeur humain

Le modèle du processeur humain [Card et al., 1983] vise à représenter l'être humain par une analogie avec l'ordinateur. Issu de la psychologie cognitive, ce modèle permet d'évaluer l'utilisabilité d'un produit. Il conceptualise de manière simplifiée le processus humain lors d'une phase interactive avec un système informatique.

Dans ce modèle l'humain est vu comme un système de traitement de l'information qui comporte 3 sous-systèmes interdépendants à savoir le système sensoriel, le système moteur et le système cognitif. Chacun de ces sous-systèmes dispose d'un processeur et d'une mémoire. Sachant que le processeur est doté d'un cycle de base  $\tau$  et selon les tâches à accomplir, les processeurs peuvent fonctionner soit en séquence (exemple: enfoncer un bouton en réponse à un stimulus visuel) soit en parallèle (exemple: saisie de texte, lecture et traduction simultanées) (voir Figure 2.3).

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

Quant à la mémoire, elle est caractérisée par une capacité  $\mu$  qui est le nombre d'unités d'information, une persistance  $\delta$  qui représente durée de vie d'une unité d'information et par le type d'informations mémorisés  $K$  (physique, symbolique, etc.).

Il existe différentes types de mémoires :

- la mémoire sensorielle échoïque (stimulus auditif) et iconique (stimulus visuel) : permet de percevoir l'information ;
- la mémoire à Court Terme (MCT) ou appelé également Mémoire de Travail (MT) : permet de manipuler et de stocker l'information à court terme ;
- la mémoire à long terme(MLT) permet d'encoder, stocker et récupérer l'information (reconnaissance et rappel).

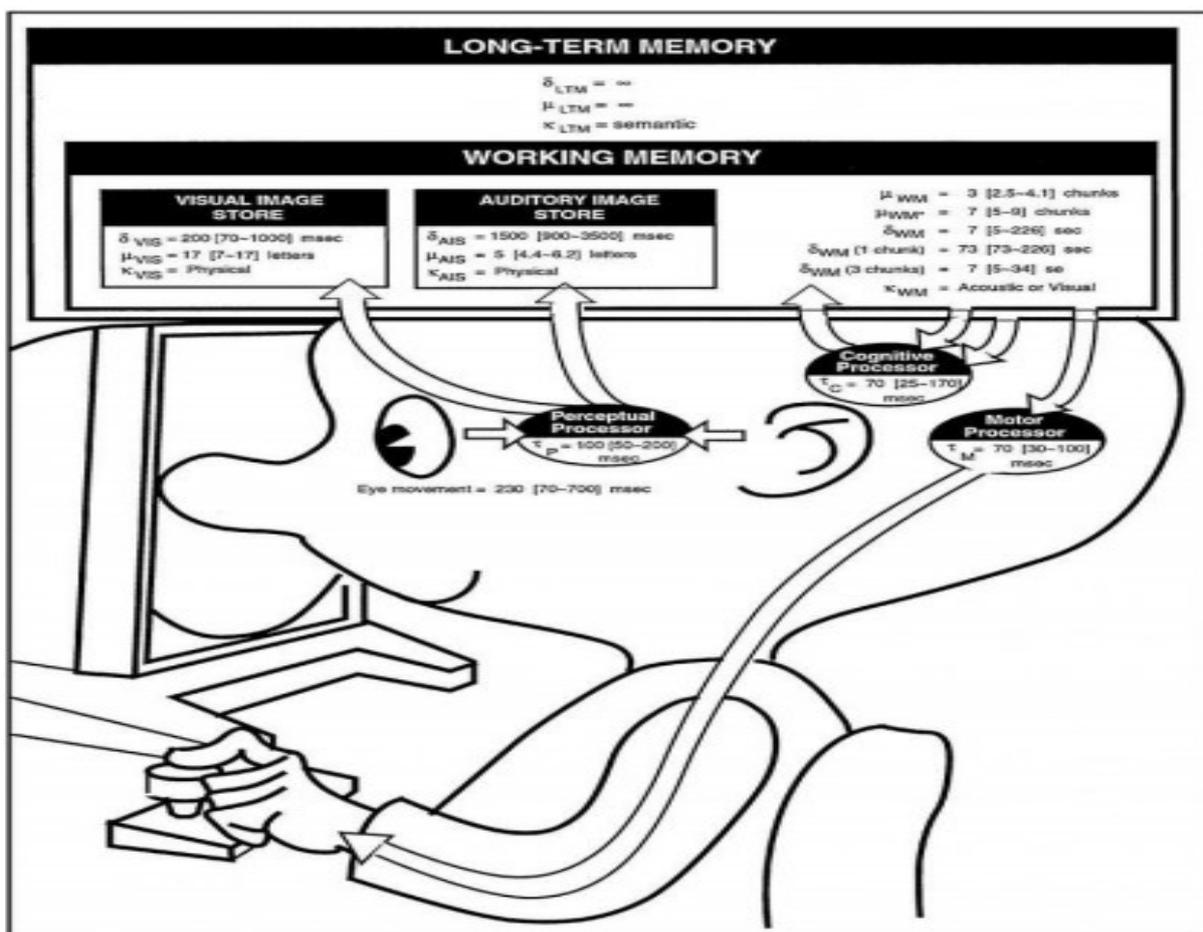


Figure 2.3 Modèle du processeur humain [Card et al, 1983].

### a. Système sensoriel

Le système sensoriel est un ensemble des sous-systèmes spécialisés chacun dans le traitement d'une classe de stimuli où chaque sous-système dispose d'une mémoire spécifique dite mémoire sensorielle et d'un mécanisme de traitement intégré (processeur).

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

Les stimuli dans ce système sont codés dans la mémoire sensorielle. Nous pouvons prendre l'exemple du codage de la lettre P qui traduit les courbures et les dimensions de la lettre mais n'exprime pas sa reconnaissance qui se concrétisera dans la mémoire à court terme. Sachant que le temps moyen de perception d'un stimulus est de 100 ms (voir Figure 2.4).

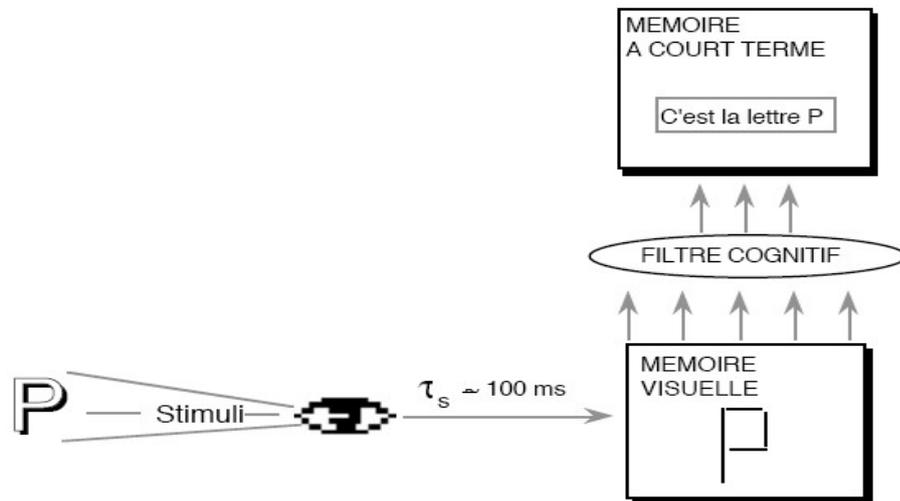


Figure 2.4 Système sensoriel : codage de la lettre P [Recanati, 2019].

### b. Système cognitif

Le système cognitif contrôle le comportement de l'individu en fonction du contenu de sa mémoire (**la mémoire à court terme et la mémoire à long terme**).

$\tau$  = temps pour traiter une unité d'info + accès à cette info  $\sim 100 \text{ ms}$

L'accès à toute information se fait via les registres d'information sensorielle (auditive ou visuelle) pour par la suite être traité au niveau de la mémoire à court terme et qui perd son contenu dans un laps de 4 s, cette information va s'installer finalement au niveau la mémoire à long terme (Figure 2.5).

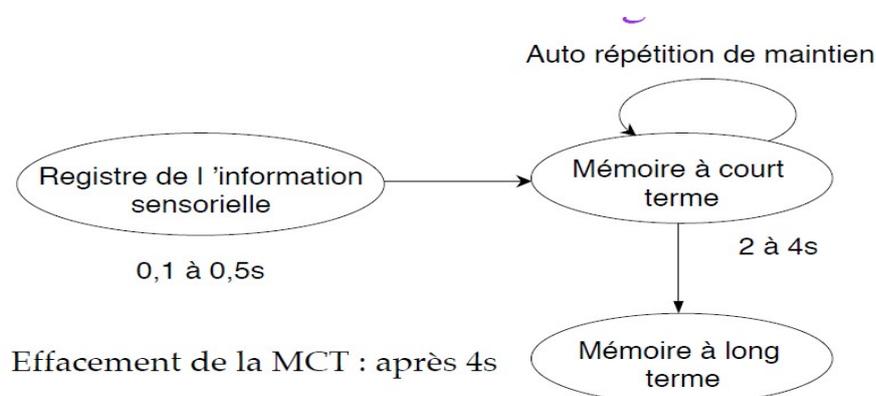


Figure 3.5 Le système cognitif MCT et MLT [Carroll, 2013].

### c. Le système moteur

Le système moteur est responsable des mouvements lors d'une interaction homme-ordinateur, où ces mouvements représentent les manipulations des claviers, écrans et des dispositifs de désignation, un mouvement n'est pas continu mais il est constitué d'une suite de micromouvements discrets dont chaque micromouvement s'accomplit en moyenne en 70 ms.

Le temps de sélection d'un élément graphique est calculé selon loi de Fitts et il constitue le cycle de base  $\tau$  du processeur du système moteur.

Cette loi a été introduite par le psychologue Paul Fitts en 1954 afin de calculer le temps mis pour atteindre une cible qui est proportionnel à sa distance et inversement proportionnel à sa taille ( voir Figure 2.1 ) [Guiard et al., 2015]. Elle est définie comme suit :

$$T = a + b \cdot \log_2 \left( \frac{2 \cdot D}{L} \right) \quad (2.1)$$

Sachant que D est la distance à parcourir par la main, et L est la largeur de la cible comme illustré dans la figure 2.6.

a et b sont des coefficients de régression déterminés empiriquement comme des valeurs acquises par l'observation directe et permettant de construire une droite.

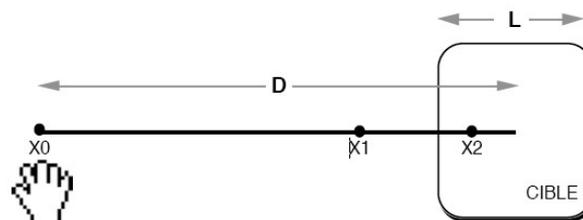


Figure 2.6 : Modélisation du temps de pointage : loi de Fitts [Haddadi, 2016]

### 2.3.4 Modèles GOMS et Keystroke

GOMS pour (Goal, Operator, Method, Selection) est un modèle inspiré du modèle du processeur humain qui a pour but de modéliser le comportement de l'individu à différents niveaux d'abstraction depuis la tâche jusqu'à l'action physique.

L'apport essentiel du modèle de GOMS est une structure formelle qui permet d'organiser le processus de conception. La méthode de conception induite par GOMS s'effectue selon deux axes : l'analyse de la tâche (puisque c'est elle qui détermine le comportement) et l'évaluation prédictive du comportement de l'utilisateur dans l'accomplissement de cette tâche [Hochstein, 2002].

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

Les éléments du modèle sont définis comme suit :

- 1) **Le but** : est défini de manière hiérarchique. Un but complexe est atteint si plusieurs sous-buts sont atteints de manière récursive.

**Exemple**: supprimer un mot revient à supprimer caractère par caractère

- 2) **Les opérateurs**: actions élémentaires qui une fois exécutées provoquent un changement de l'état,

**Exemple** : supprimer un caractère

- 3) **Une méthode**: décrit le procédé permettant d'atteindre un but

**Exemple** : supprimer un caractère par appui sur le bouton ← ou le bouton « Suppr »

- 4) **Règle de sélection** : une règle de sélection exprime le choix d'une méthode lorsqu'il y a conflit

**Exemple** : si <condition vraie > alors utiliser la méthode M;

Keystroke [Card et al., 1980] concerne les aspects syntaxiques et lexicaux de l'interaction. Ses éléments relèvent des actions physiques que l'utilisateur doit effectuer pour spécifier une commande. Le modèle évalue le temps d'exécution d'une tâche où ce dernier représente la somme du temps d'acquisition et du temps d'exécution.

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

- ✓ **K** : "Keystroking", frappe sur 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.

Le temps d'exécution **Texte** d'une tâche est calculé comme suit [Card et al., 1980] :

$$\text{Texte} = \text{TK} + \text{TP} + \text{TH} + \text{TD} + \text{TM} + \text{TR}$$

- **TK**= (durée totale des tests) / (nombre de touches frappées sans erreur)  $\approx 0.2$  s
- **TP**=loi de Fitt  $\approx 1.1$
- **TH** = 0.4 s.
- **TD**=  $0.9 n + 0.16$  (n: nombre de segments droits tracés)

## Chapitre 2 Apports de la psychologie cognitive à l'IHM

- $TM \approx 1.35$  s
- $TR = 0$  si  $n < t$ ,  $TR = n - t$  si  $n > t$ .

Sachant que  $n$  est le temps de traitement d'une commande par le système et  $t$  est le temps exploité par l'utilisateur pour exécuter un opérateur pendant le traitement de la commande.

Il est nécessaire de passer par une étape de codage des méthodes où ces dernières s'expriment sous la forme d'une suite d'opérateurs. Après cette étape, il est impératif d'appliquer les règles de correction décrites comme suit :

- **règle 0** : insertion de M devant les K et P ;
- **règle 1**:  $PMK = PK$  ;
- **règle 2**: si une chaîne de la forme  $MKMK\dots MK$ , alors ne garder que le premier M ;
- **règle 3**: si K est un symbole de terminaison redondant, supprimer le M qui le précède ;
- **règle 4**: si K termine une constante (par exemple un nom de commande, non pas un argument), supprimer le M qui le précède. Si K termine une variable (par exemple, un argument), alors conserver M.

### 2.4 Conclusion

L'objectif principale de l'ergonomie est de permettre la conception et la réalisation des interfaces homme-machine (IHM) qui soit accessibles, utiles, efficaces et agréables pour les utilisateurs finaux. Et pour cela il faut prendre en considération le comportement des utilisateurs et de leurs usages afin d'aboutir à une interface qui leur corresponde et leur facilite la prise en main. C'est ici qu'intervient la psychologie cognitive qui consiste à étudier les grandes fonctions psychologiques de l'être humain de la perception, à la production de comportements complexes, en passant par le traitement de l'information par le cerveau. Elle produit ainsi des modèles pour prédire et expliquer le comportement du sujet humain, elle participe aussi dans l'élaboration et l'instauration des critères ergonomiques.

# CHAPITRE 3 :

Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de

## **Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité**

### **Plan du chapitre :**

- 3.1** Introduction
- 3.2** Ergonomie des logiciels
- 3.3** Critères ergonomiques, Facteur d'utilisabilité
  - 3.3.1** Le guidage
  - 3.3.2** Charge de travail
  - 3.3.3** Contrôle explicite
  - 3.3.4** Adaptabilité
  - 3.3.5** Gestion des erreurs
  - 3.3.6** Signifiante des codes et dénominations
  - 3.3.7** Homogénéité
  - 3.3.8** Compatibilité
- 3.4** Ergonomie des interfaces WIMP
  - 3.4.1** Définition : WIMP
  - 3.4.2** Fenêtre
  - 3.4.3** Icône
  - 3.4.4** Les onglets
  - 3.4.5** Les menus
  - 3.4.6** Les boutons
- 3.5** Ergonomie des interfaces mobiles
  - 3.5.1** Définition
  - 3.5.2** Règle ergonomique de bases
- 3.6** Conclusion

### **3.1 Introduction**

Selon la Étymologie grecque le mot « Ergonomie » est constitué de deux mots: « Ergon » qui veut dire travail (étude du contexte de travail) et « Nomos » qui veut dire lois et règles (relations entre l'homme et la machine) [Nedélec , 2003].

L'ergonome alors a pour mission de concevoir et de réaliser des IHMs accessibles, utiles, efficaces et agréables pour les utilisateurs finaux, une IHM qui leur corresponde et en facilite la prise en main du logiciel ou du site web. Dans ce chapitre, nous nous situons dans un axe bien particulier de l'ergonomie qui est l'ergonomie des logiciels.

### **3.2 Ergonomie des logiciels**

### **3.3 Critères ergonomiques, facteur d'utilisabilité**

Il existe de nombreuses recommandations recensées dans des guides ergonomiques telles que :

- Le guide de conception de Smith et Mosier, Ergonomie en 128 points (BIT, IRSST)
- Les compilations de règles: Vanderdonckt (1992, + de 3000 règles)
- Le guide de style : spécifique à un environnement: Windows, Mac, etc, ou à une entreprise (Template)
- Le design standard : ISO 9241

Ce cours présente le référentiel de [Bastien et Scapin, 1993] qui comporte 8 critères affinés en sous-critères résumés dans la table suivante :

**Table 3.1 Critères ergonomiques [Bastien et Scapin, 1993]**

Critère	Application;
Guidage	Incitation, groupement et distinction entre items, feed-back immédiat, lisibilité ;
Charge de travail	Brièveté des messages, actions minimales, densité informationnelle ;

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

Contrôle explicite	Actions explicites et contrôle utilisateur ;
Adaptabilité	Flexibilité, prise en compte de l'expérience utilisateur ;
Gestion des erreurs	Protection contre les erreurs, qualité des messages d'erreur, correction des erreurs;
Signifiante des codes et dénominations	Adéquation entre objet /information et son référent ;
Homogénéité	Logique d'usage (au sein d'une même application) ;
Compatibilité	Caractéristiques similaires entre différentes applications

Pour mieux cerner ces critères, nous allons maintenant revoir dans ce qui suit tous ces critères, un par un avec des exemples.

#### 3.3.1 Le guidage

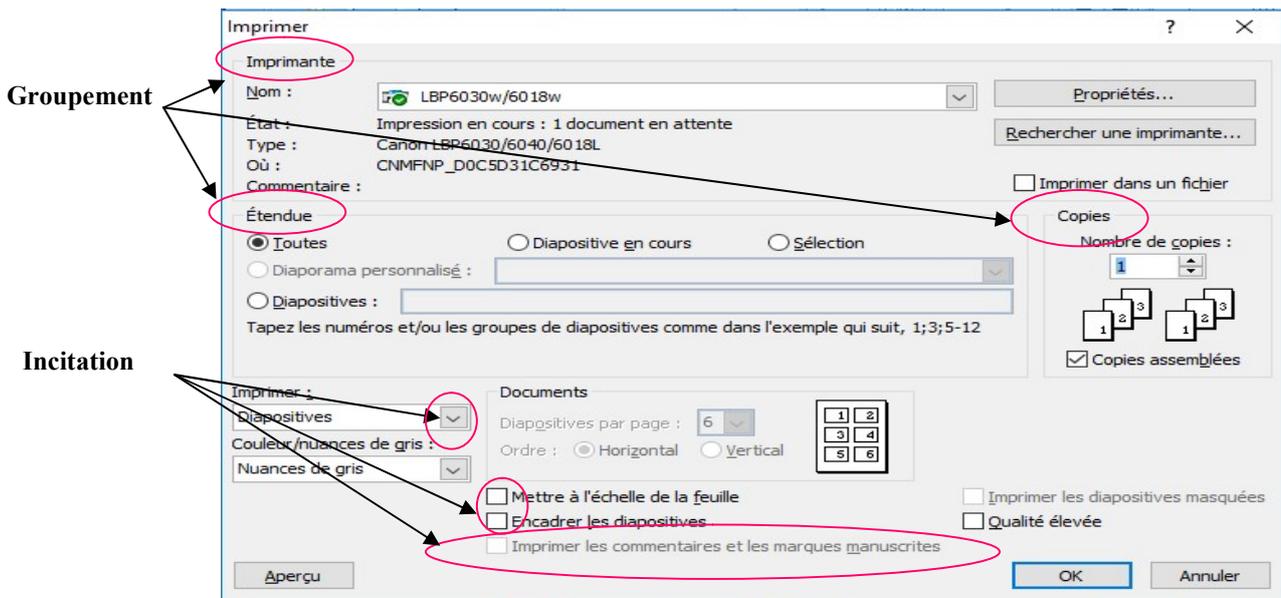
Le guidage consiste à guider l'utilisateur lors de l'exécution d'une IHM où il s'agit de mettre un ensemble de moyens à sa disposition pour le conseiller, l'orienter, l'informer, et le conduire lors de ses interactions avec l'ordinateur (messages, alarmes, labels, etc.)

Ce critère englobe l'incitation, le groupement ou la distinction entre items, le feed-back immédiat et la lisibilité. Le degré du guidage dépend principalement du niveau d'expertise de l'utilisateur (plus il est novice plus il faut le guider).

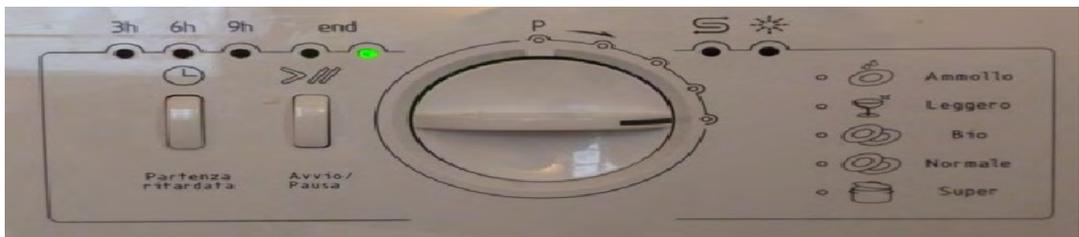
**a. Incitation :** elle consiste à amener l'utilisateur à effectuer des actions précises afin de soulager sa charge cognitive (MLT et MT) telle que la date où il faut ajouter un libellé pour indiquer son format de saisie ( jj/mm/aa), ou bien griser certaines options des menus pour montrer à l'utilisateur qu'ils ne sont pas accessibles voir Figure 3.1(a)).

**b. Groupement / distinction par la localisation ou par format**

Il est question au niveau de ce critère de positionner les items les uns par rapport aux autres (par localisation (voir figure 3.1(a))), ou bien de donner aux éléments des caractéristiques graphiques particulières (par format (voir figure 3.1(b)), afin d'indiquer leurs appartenances, ou non, à une classe donnée d'objets.



(a)



(b)

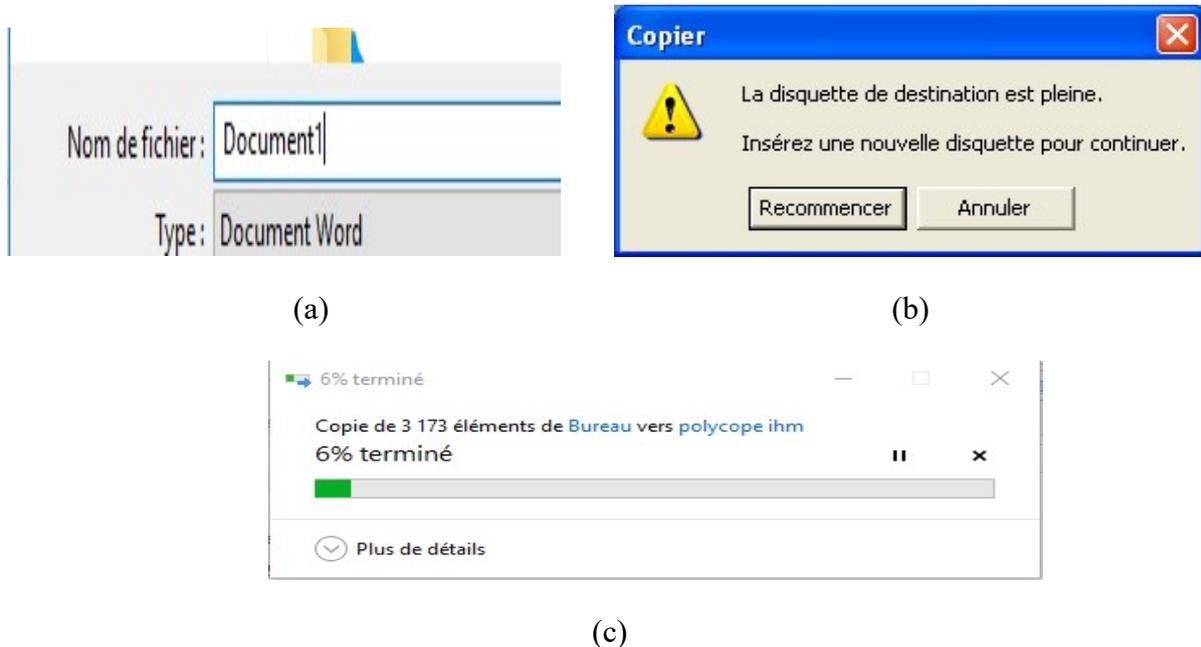
Figure 3.1 Guidage: (a) incitation et groupement par localisation, (b) groupement par format.

**c. Le feedback immédiat** : il s'agit du lien entre ce que fait l'utilisateur et ce qu'il provoque suite à ça, il concerne les réponses de l'ordinateur consécutives aux actions des utilisateurs (voir Figure 3. 2). Trois principaux points à prendre en considération pour bien respecter ce critère lors de la réalisation d'une IHM (logiciel) :

- ✓ toujours faire apparaître sur l'écran les entrées effectuées par les utilisateurs (sauf clef) (voir Figure 3.2(a)) ;

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

- ✓ l'interruption d'un traitement par l'utilisateur ou suite à un événement, le système devrait fournir un message indiquant le retour à l'état précédant (voir Figure 3.2(b));
- ✓ dans le cas où les traitements sont longs, une information devrait être affichée indiquant aux utilisateurs que les traitements sont en cours (voir Figure 3.2(c)).



**Figure 3.2 Exemple de feedback immédiat**

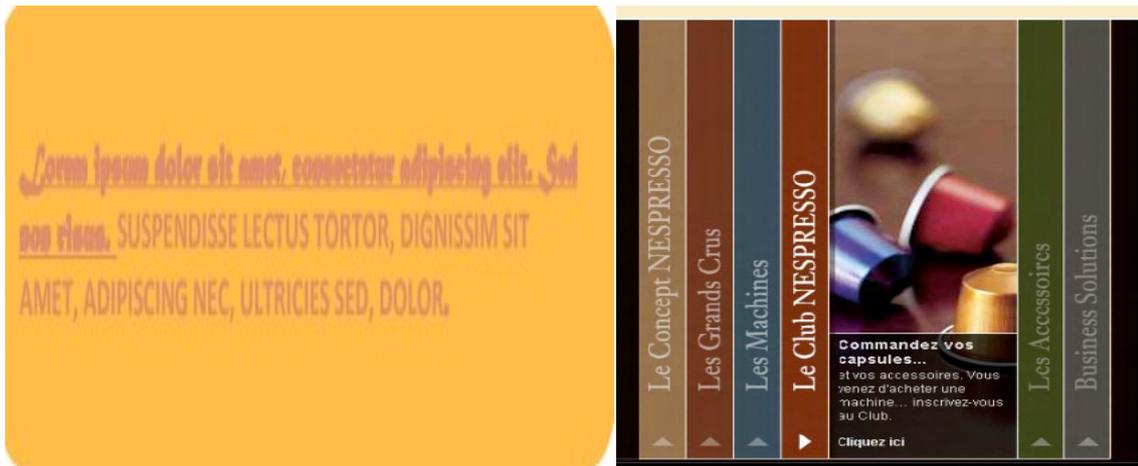
**d. Lisibilité :** le critère lisibilité concerne les caractéristiques lexicales de présentation des informations sur l'écran pouvant entraver ou faciliter la lecture de ces informations telles que la luminance des caractères ainsi le contraste et le fond (voir Figure 3.3 (a) et (b)), dimension des lettres (voir Figure 3.3 (b) ), espacement entre les mots, espacement entre les lignes, espacement entre les paragraphes, longueur des lignes, etc.).(a). Ce critère concerne généralement la notion de visibilité (voir Figure 3.3(c)), par convention, il concerne ni le feedback ni les messages d'erreurs.

Voici quelques points à en prendre en considération afin d'assurer une bonne lisibilité:

- ✓ les titres doivent être centrés;
- ✓ les labels doivent être en majuscules;
- ✓ le curseur doit être facilement repérable;
- ✓ il est préférable de présenter un texte avec quelques lignes longues plutôt que de nombreuses lignes courtes ;
- ✓ les lignes d'un texte continu doivent être d'au moins 50 caractères.

définition du guidage : c'est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour conseiller, orienter, informer et conduire l'utilisateur lors de ses interactions avec l'ordinateur (messages, alarmes, labels, etc.)

(a)



(b)

(c)

Figure 3.3 Facteur de lisibilité non respecté.

### 3.3.2 Charge de travail

Un des principaux critères ergonomiques est de réduire la charge de travail ce qui consiste principalement à la réduction des activités perceptives, de mémorisation et de réalisation des actions par l'utilisateur (donnée et action courte).

**Exemple 1:** nom au lieu du nom de famille comme champ.

**Exemple 2:** un clic au lieu de deux.

**Exemple 3.** Cocher des cases au lieu de remplir des champs de saisie (voir Figure 3.4).

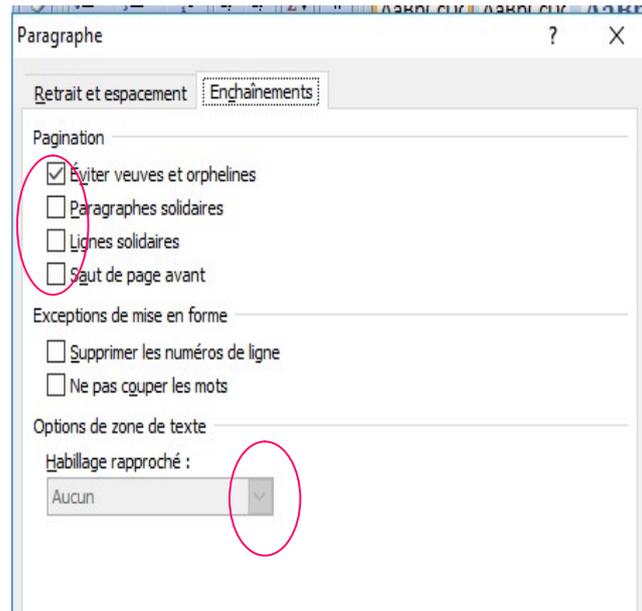


Figure 3.4 Critère respecté : charge de travail

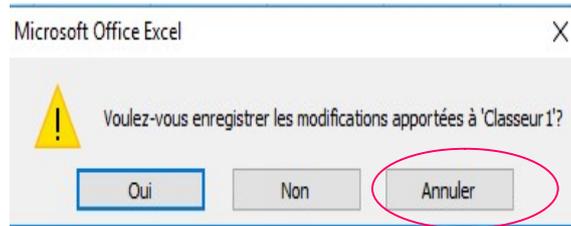
### 3.3.3 Contrôle explicite

Le contrôle explicite représente la prise en compte par le système des actions explicites des utilisateurs et le contrôle de ces derniers de leurs actions. Ce critère consiste principalement à:

- ✓ autoriser les utilisateurs à contrôler le rythme de leurs entrées plutôt que de faire dépendre ce rythme des traitements du système ou d'événements extérieurs,
- ✓ le curseur ne doit pas être déplacé sans contrôle des utilisateurs (sauf s'il s'agit par exemple d'un remplissage de formulaires),
- ✓ ne pas passer d'une page écran à une autre sans contrôle de l'utilisateur,
- ✓ autoriser l'utilisateur à interrompre à tout moment une action ou un traitement en cours (voir Figure 3.5 (a)),
- Fournir la possibilité de retour arrière conduisant à l'annulation des modifications en cours et au retour à la version immédiatement précédente (voir Figure 3.5 (b) et (c)).



## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité



(c)

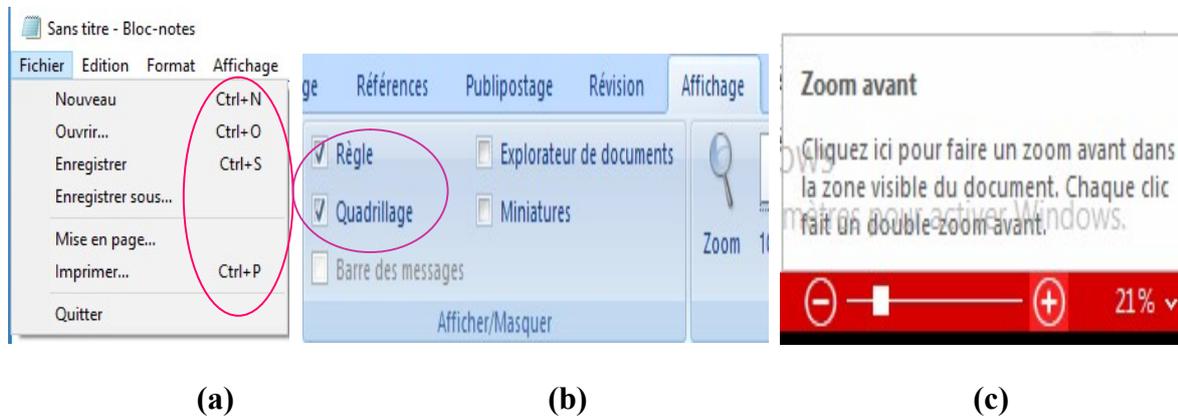
Figure 3.5 Critère respecté : contrôle explicite

### 3.3.4 Adaptabilité

L'adaptabilité concerne la capacité à réagir selon le contexte et selon les besoins et les préférences des utilisateurs. L'IHM doit être doté d'une certaine flexibilité où il serait pris en compte de l'expérience de l'utilisateur. Il s'agit d'adapter l'IHM aux novices comme aux plus expérimentés.

**Exemple 1 :** sous le bloc-notes, enregistrer le document en cours via l'item 'Enregistrer' du menu 'Fichier' ou via les raccourcis (voir Figure 3.6 (a))

**Exemple 2 :** usage ou non du quadrillage, la règle ou même le zoom (voir Figure 3.6 (b) et (c))



(a)

(b)

(c)

Figure 3.6 Critère respecté : adaptabilité.

### 3.3.5 Gestion des erreurs

Il s'agit dans ce critère de détecter et prévenir les erreurs d'entrées ou les actions dangereuses telles que la confirmation d'une suppression d'un fichier (Figure 3.7(a)). Il faudrait toutefois donner des informations à l'utilisateur sur la nature de son erreur (Figure

## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

3.7(c)) et lui mettre des moyens à disposition pour que l'utilisateur puisse corriger ses erreurs (Figure 3.7(b)).

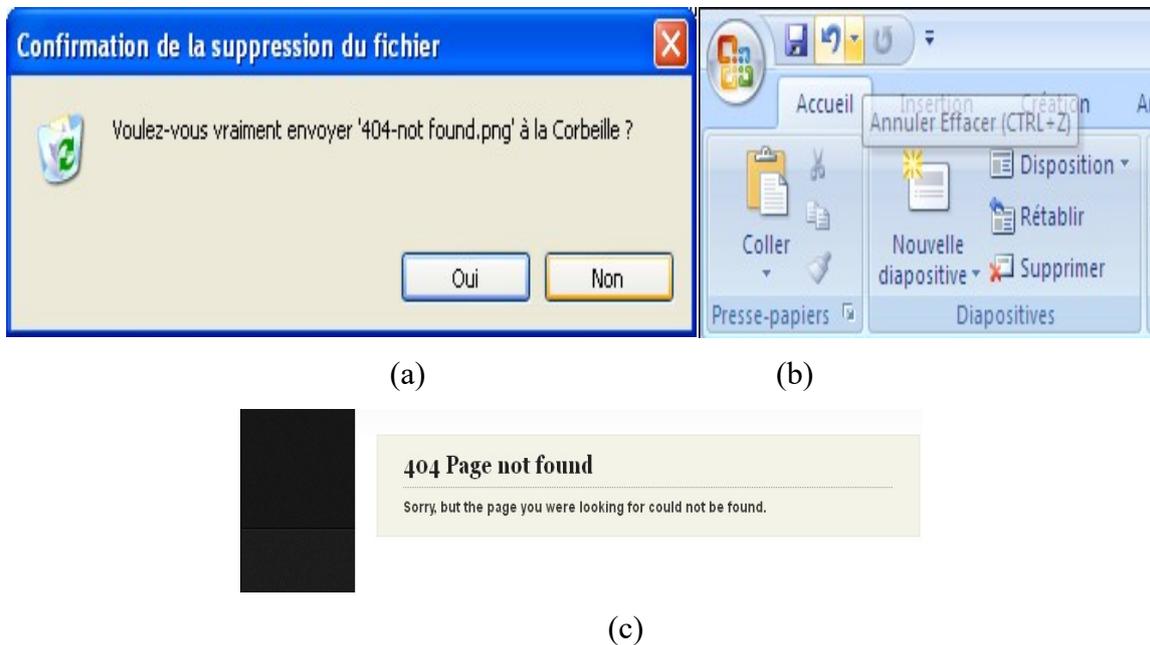


Figure 3.7 Critère respecté : gestion des erreurs.

### 3.6.1 Signifiante des codes et dénominations

Il s'agit de l'adéquation entre l'objet ou l'information affichée ou entrée, et son référent. Il est aussi important de garder les conventions et de ne pas utiliser un vocabulaire trop technique (garder un vocabulaire explicite).

Si les codes et les dénominations ne sont pas assez significatifs ceci peut mener à des erreurs, donc il doit y avoir une cohérence entre une icône ou un symbole et leur signification afin d'être compris par l'utilisateur (voir Figure 3.8(a)). Il faudrait alors utiliser :

- les codes et dénominations significatifs et familiers (voir Figure 3.8(b)),
- les bons logos (voir Figure 3.8(c)).

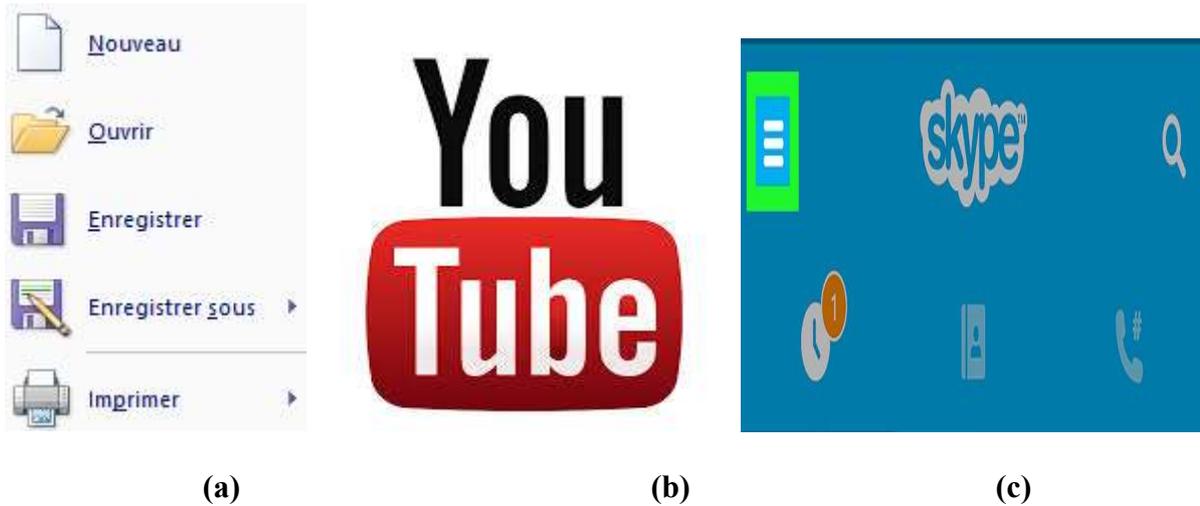
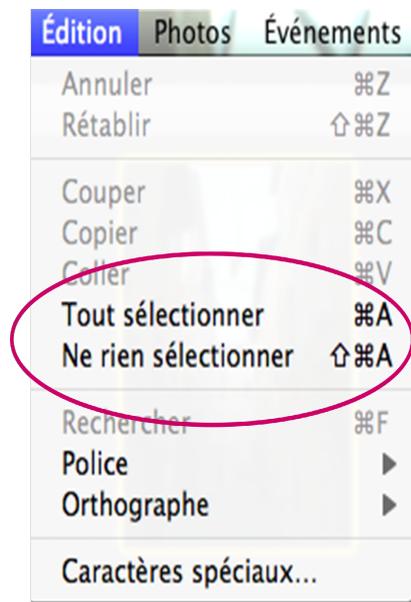


Figure 3.8 Critère concerné : la signifiante des codes et dénominations.

### 3.6.2 Homogénéité

L'homogénéité consiste à avoir un système qui conserve la logique d'usage au sein d'une application comme le faite d'utiliser des raccourcis qui se ressemblent au sein d'une même catégorie d'item d'un menu (voir Figure 3.9).



(c)

Figure 3.9 Critère respecté : homogénéité

### 3.6.3 Compatibilité

Ce critère consiste à avoir une cohérence entre les différentes applications. Peut-être assimilée à l'homogénéité.

**Exemple 1:** garder les mêmes raccourcis clavier pour la même tâche dans deux applications différentes dev-c++ (voir Figure 3.10 (a)) et Eclipse (voir Figure 3.10 (b)).

**Exemple 2 :** même barre du menu entre le Word (voir Figure 3.10 (c)) et l'Excel (voir Figure 3.10 (d)).

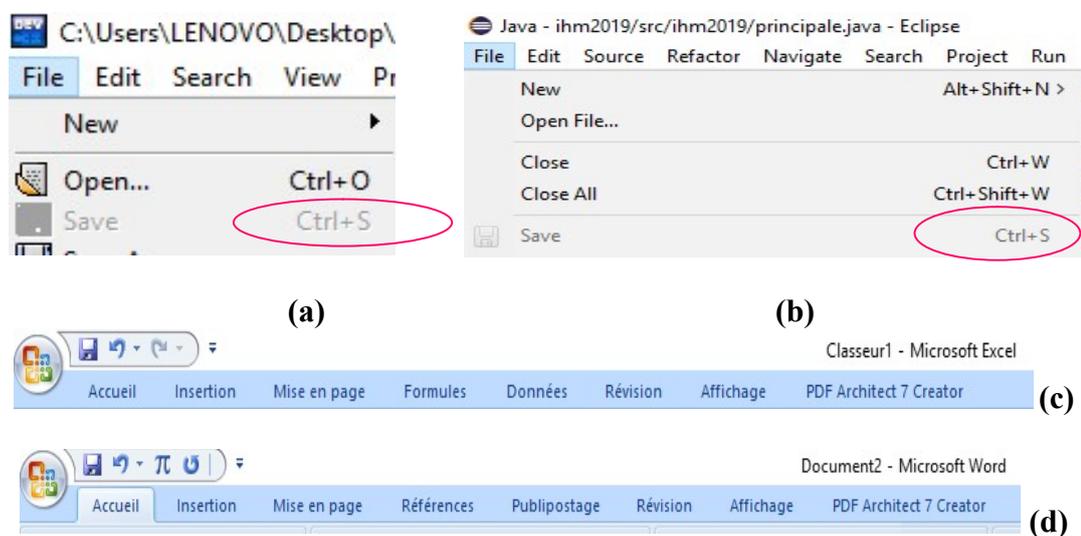


Figure 3.10 Critère de compatibilité

## 3.4. Ergonomie des interfaces WIMP

### 3.4.1 Définition : WIMP

L'acronyme WIMP (Windows, Icons, Menus, Pointing device) désigne un type d'interface graphique. Les interfaces WIMP permettent à l'utilisateur d'interagir avec le système depuis l'écran de l'ordinateur grâce à un dispositif de pointage (la souris), et d'éléments d'interfaces comme des fenêtres, des menus déroulants et des icônes, qui représentent les commandes actionnables. Ce type d'interface se caractérise par la présence de fenêtres primaires contenant une représentation symbolique ou non des objets (données, logiciels, dossiers, textes, images, etc). L'utilisation d'une souris permet de faire des manipulations telles que la sélection et le déplacement des objets. Les menus contiennent les actions et les propriétés applicables à ces

## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

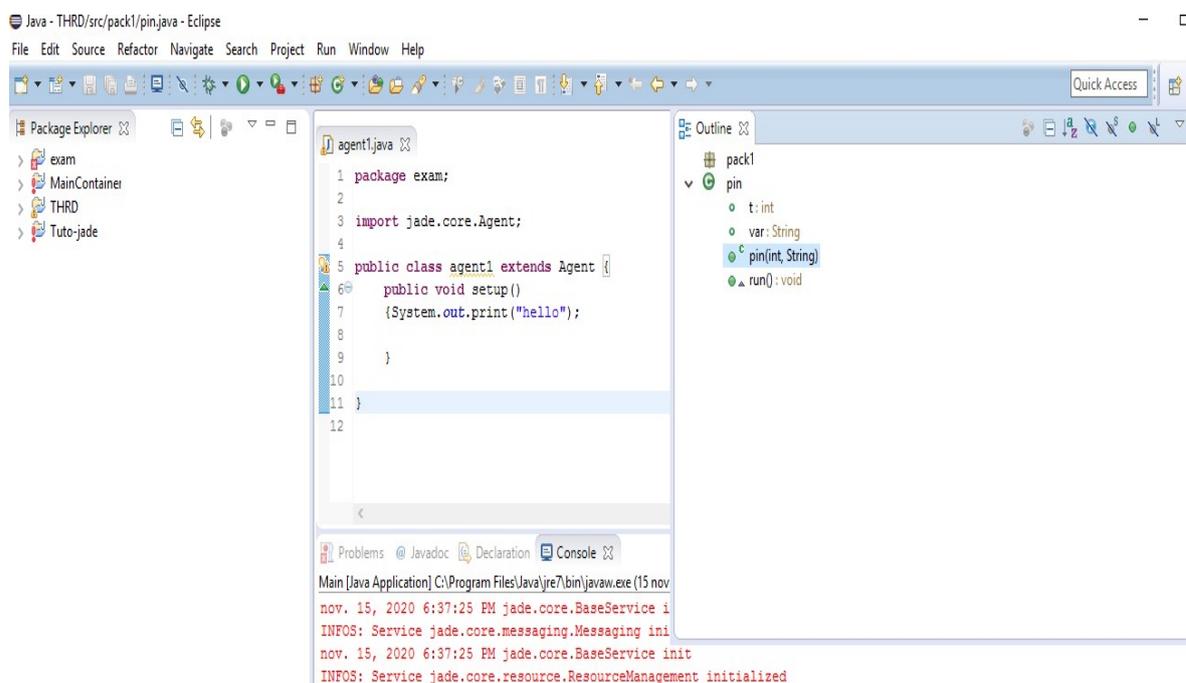
objets, il est nécessaire parfois d'établir un dialogue qui prendra place dans une autre fenêtre secondaire [Raphaël, 2009].

### 3.4.2 Fenêtre

#### a. Stratégie multifenêtrages

La stratégie multifenêtrage est un environnement multitâche. Avoir plusieurs fenêtres qui s'exécutent en même temps permet d'exploiter au mieux les grands écrans. Le compromis de cette stratégie réside dans le temps d'accès aux fenêtres masquées par les autres. Pour pallier ce problème plusieurs stratégies de gestion existent telles que la stratégie par mosaïque, par chevauchement ou la stratégie par zoom.

- Mosaïque de fenêtre (tuilage) : il s'agit d'afficher plusieurs fenêtres en même temps, ce qui augmente la qualité d'observabilité, sauf que l'effet de bord est indésirable (voir Figure 3.11 (a)).
- Fenêtre chevauchante (recouvrement) : est caractérisée par une organisation flexible par l'utilisateur ainsi qu'un masquage potentiel de l'information qui peut être remédié par l'usage d'une barre des tâches, des fenêtres translucides ou par l'usage des raccourcis clavier pour gérer l'alternance des fenêtres (voir Figure 3.11 (b)).



(a)

## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité



(b)

Figure 3.11 Stratégie multifenêtrages : (a) Mosaïque de fenêtre, (b) Fenêtre chevauchante.

### b. Stratégies d'organisation

Afin d'assurer un bon usage des différents types de stratégie il faudrait :

- autoriser les recouvrements ou basculement de fenêtres pour les utilisateurs ayant un minimum d'expérience;
- utiliser le tuilage pour les utilisateurs novices ainsi que lorsque les informations doivent être toujours visibles. **Exemple** : messagerie.

### c. Type de fenêtres

Une application peut contenir différents types de fenêtres, nous citons :

- fenêtre principale (primaire): la fenêtre principale est le premier contact avec l'utilisateur. Le titre de la fenêtre principale représente généralement le nom de l'application;
- fenêtre secondaire : le titre de la fenêtre secondaire est son rôle ;
- fenêtre de message ;
- fenêtre de dialogue.

### d. Recommandation sur les fenêtres

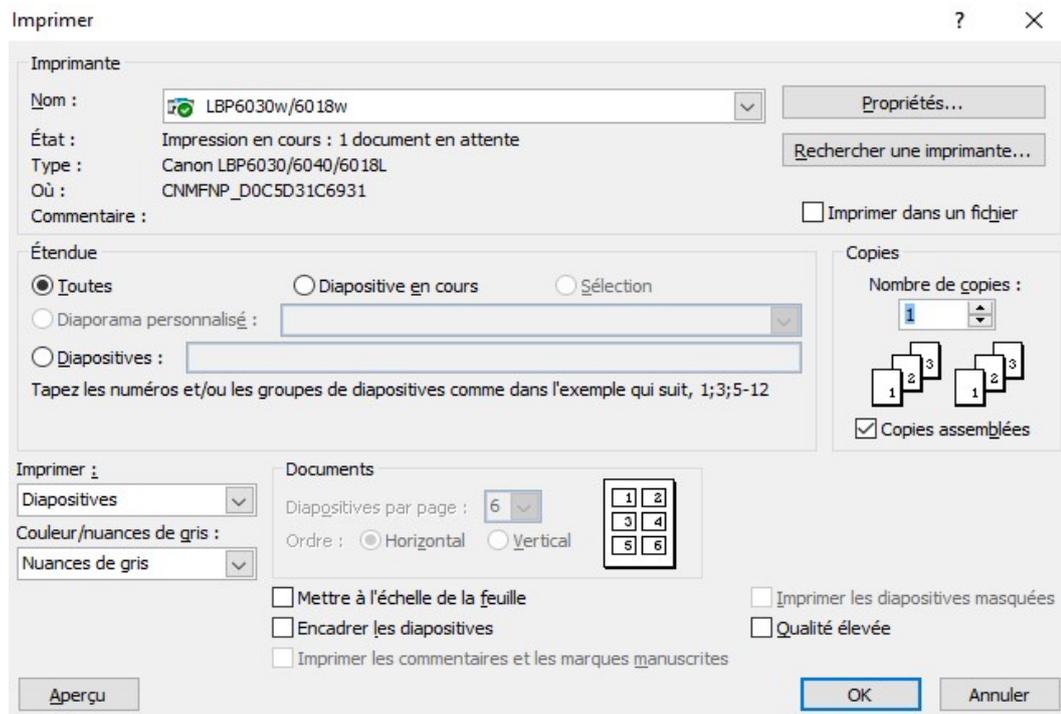
✚ **Fenêtre principale et secondaire** : sauf exception, toute fenêtre, primaire ou secondaire, devra comporter:

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

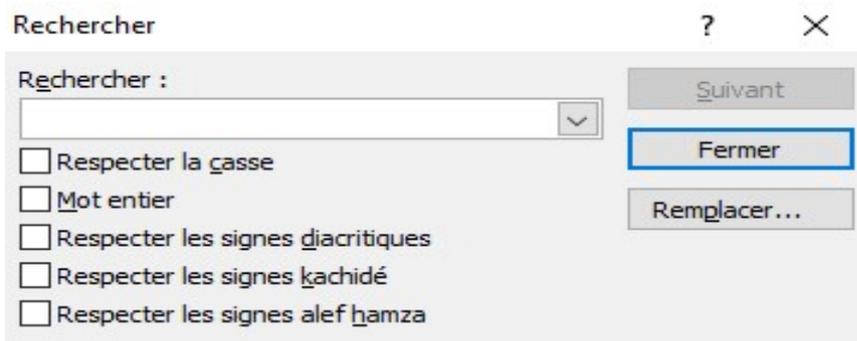
- ✓ une bordure redimensionnable,
- ✓ un menu système,
- ✓ un titre, avec sous-titre (rôle) si la fenêtre est secondaire,
- ✓ un bouton de minimisation (bouton de maximisation optionnel) et fermeture,
- ✓ barre d'outils,
- ✓ barre d'actions (de menu).

🚩 **Boîte de dialogue** : c'est une fenêtre permettant l'interaction entre le système et l'utilisateur. Deux types de boîte de dialogue existent : les fenêtres modales et les fenêtres non modales.

- ✓ **Fenêtres modales** : on doit fermer le dialogue pour retourner à la fenêtre principale. Ce type de fenêtre est obligatoire quand la commande en cours ne peut être suspendue, raison pour laquelle la boîte de dialogue est déplaçable pour laisser l'utilisateur voir la tâche en amont (voir Figure 3.12(a)).
- ✓ **Fenêtres non modales** : on peut passer de la fenêtre de dialogue à la fenêtre principale. L'utilisateur peut abandonner temporairement la tâche en cours (exemple : boîte de dialogue de recherche) (voir Figure 3.12(b)).



(a)



(b)

Figure 3. 12 Fenêtre de dialogue : (a) fenêtre modale, (b) fenêtre non modale.

Les recommandations concernant les boîtes de dialogue sont comme suit :

- ✓ une analyse sémantique permet alors de créer les groupements qui devraient être par la suite nommés,
- ✓ elles doivent être modales (sauf pour les dialogues de recherche) ;
- ✓ contiennent toujours au moins les boutons OK, Annuler ;
- ✓ les boutons concernant l'ensemble des onglets doivent être à l'extérieur;
- ✓ diminuer les saisies avec clavier et fournir une aide contextuelle (exemple date: \_\_/\_\_/\_\_),
- ✓ optimiser l'occupation de l'écran,
- ✓ les bordures doivent être non redimensionnables.

### e. Apparence des fenêtres

La présentation des groupes de données les plus importants doivent être faite selon le critère privilégié (le haut de la fenêtre par exemple : voir figure 3.13), mais pour cela il faudrait d'abord établir le regroupement et l'enchaînement des données au sein des rubriques selon :

- ✓ la fréquence d'utilisation,
- ✓ la séquence d'utilisation dans la tâche en cours,
- ✓ ou l'importance dans le contexte.

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

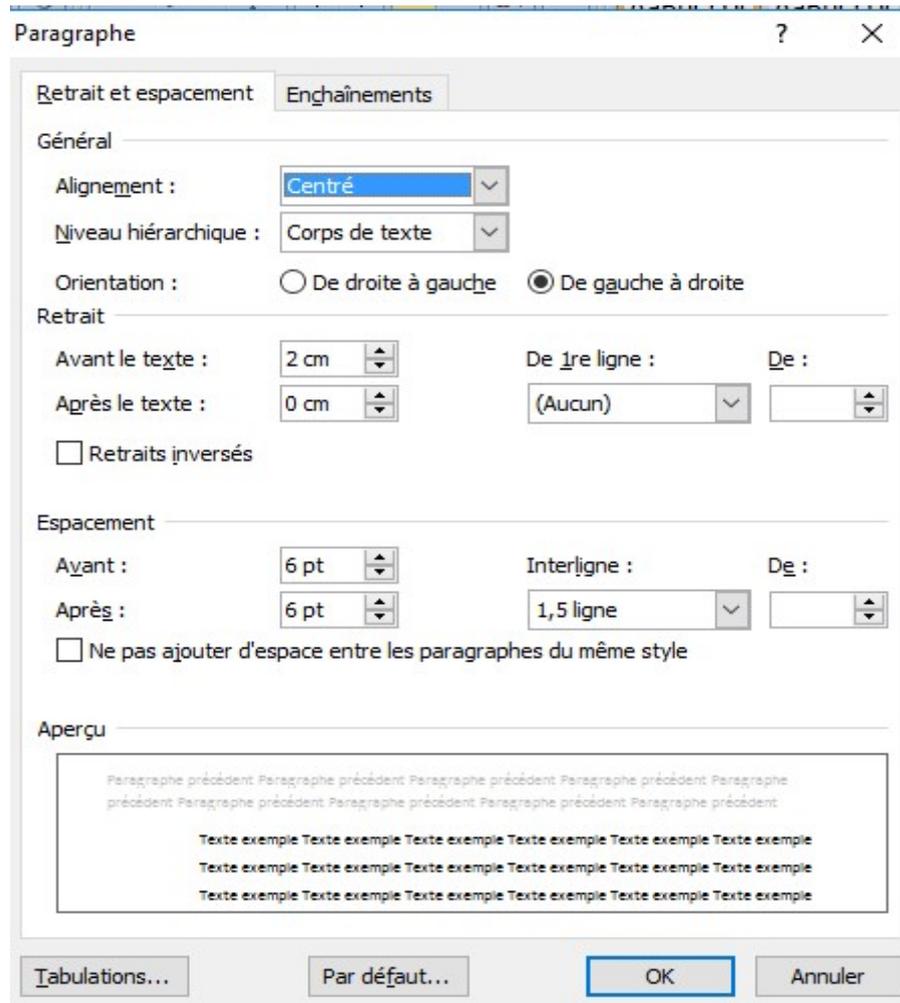
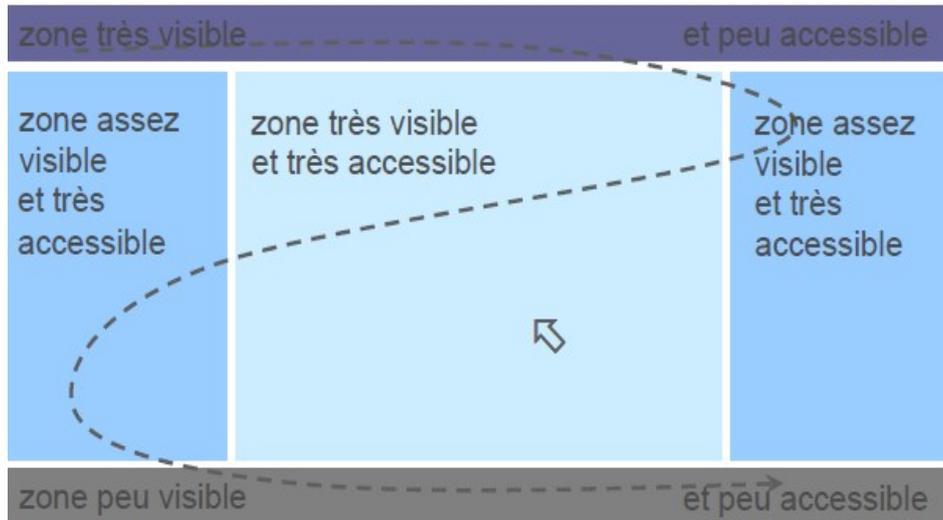


Figure 3.13 Apparence des fenêtres : présentation des groupes de données.

Il faudrait toutefois prendre en considération la densité d'affichage qui ne devrait être ni trop forte entraînant ainsi davantage d'erreurs de la part de l'utilisateur et augmentant ainsi le temps nécessaire pour repérer une information, ni trop dilué gênant par conséquent l'utilisateur dans sa perception globale de l'application comme le montre la figure 3.14.

**Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité**



**Figure 3.14 Zones et degrés de visibilité dans une fenêtre.**

La position des libellés et les champs de saisie est importante dans le formulaire où il faudrait prendre en considération la taille des libellés.

- Si la taille des libellés est sensiblement identique : il faudra justifier alors les libellés à gauche (voir Figure 3.15(a)) ;
- Si les libellés sont de dimensions très variables: justifier ces libellés à droite et les champs à gauche (voir Figure 3.15(b)); ou bien disposer les libellés au-dessus des champs de saisie ; il faut alors les justifier à gauche (voir Figure 3.15(c)).

(a) Libellés alignés à gauche des champs de saisie.

Nom	<input type="text"/>
Prénom	<input type="text"/>
Fonction	<input type="text"/>
Email	<input type="text"/>

(b) Libellés alignés à droite des champs de saisie.

Nom	<input type="text"/>
Prénom	<input type="text"/>
Fonction	<input type="text"/>
Courrier Electronique	<input type="text"/>

(c) Libellés alignés au-dessus des champs de saisie.

Nom :	<input type="text"/>	Nombre d'enfants à charge :	<input type="text"/>
Prénom :	<input type="text"/>	Profession :	<input type="text"/>
Adresse personnelle (domicile) :	<input type="text"/>	Profession du conjoint :	<input type="text"/>

**Figure 3.15 Différentes positions des libellés et des champs de saisie.**

### 3.4.3 Icône

Les icônes utilisées doivent être représentatives de l'action ou du concept que l'on souhaite (voir Figure 3.16(a)) :

- ✓ homogénéité : quand une icône est utilisée pour représenter quelque chose, la conserver pour l'ensemble de l'application,
- ✓ limiter les icônes aux commandes fréquentes (dégradation à partir de 12),
- ✓ distinguables les unes des autres,
- ✓ grouper les icônes par famille (voir Figure 3.16(b)),
- ✓ cohérence des représentations dans un groupe.

Ressemblance		Difficulté d'interprétation ↓
Descriptif	 	
Exemple	 	
Caricature		
Analogie	    	
Convention		
Arbitraire	  	

(a)



(b)

Figure 3.16 L'icône:(a) Règles de construction des icônes, (b) icônes distinguables groupé par famille avec cohérence des représentations

### 3.4.4 Les onglets

Les onglets sont utilisés pour éviter les successions de boîtes de dialogue ou un trop grand nombre de boutons. Pour garder l'ergonomie de l'IHM, il faudrait :

## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

- ✓ éviter d'utiliser plus d'une rangée d'onglets, car la manipulation de 2 ou 3 rangées d'onglets est complexe (voir Figure 3.17);
- ✓ si les onglets sont liés (dépendants), les boutons <OK> et <Annuler> doivent être placés en dehors de l'onglet;
- ✓ si les onglets sont indépendants, ces boutons doivent être placés sur chacun des onglets : le bouton <Annuler> devient <Fermer> et la demande de confirmation devient facultative (<OK> facultatif) ;
- ✓ centrer les libellés des onglets et les afficher sur une seule ligne.

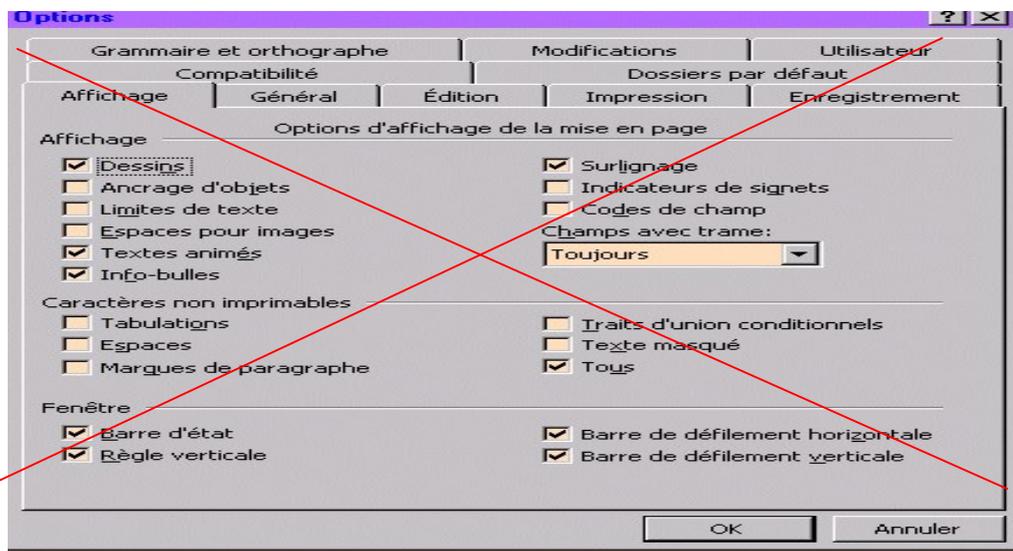


Figure 3.17 Limiter le nombre d'onglets.

### 3.4.5 Les menus

Il existe différents types de menus nous citons:

- les menus déroulants (linéaire): ensemble d'items s'ouvrant en cliquant sur le libellé dans la barre de menus (profondeur) ;
- les menus hiérarchiques: pour proposer des options complémentaires;
- les menus contextuels (pop-up): ensemble d'items accessibles hors de la barre du menu, là où se trouve la souris ;
- les menus circulaires, (économique) ;
- les menus dynamique ou statique.

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

Afin d'assurer une bonne IHM , il faudrait penser à :

- ✓ minimiser la taille des menus en proposant entre trois et dix menus dans la barre du menu ;
- ✓ usage des menus déroulants (pas plus de dix options pour le novice et 20 pour l'expert) ;
- ✓ quand une action appelle un menu en cascade, ajouter le signe ► **(1)** ;
- ✓ organiser les menus en largeur d'abord : minimiser la profondeur ;
- ✓ les commandes non disponibles s'affichent en gris dans le menu **(2)** ;
- ✓ organiser le menu selon l'utilisation, selon la séquentialité (les items apparaissent dans l'ordre dans lequel ils sont utilisés), la fréquence d'usage (les items les plus fréquemment utilisés sont placés en haut du menu), ou l'importance (les items les plus importants sont placés en tête et les autres suivent par ordre décroissant d'importance) **(3)** ;
- ✓ un menu dynamique peut améliorer la rapidité d'interaction ;
- ✓ associer un raccourci clavier à tous les menus (item) **(4)** ;
- ✓ les menus de la barre de menus ne doivent pas être des actions directes : ils doivent donner accès à des menus déroulants;
- ✓ dans la barre de menus, utiliser si possible un seul mot pour le libellé de chaque menu, l'initiale du mot doit être en majuscule) ;
  - ✓ l'utilisateur doit aussi pouvoir accéder aux menus déroulants par le clavier en utilisant les touches flèche gauche et droite;
  - ✓ utiliser des items comme noms pour les sous-menus) **(5)**;
  - ✓ préférer des noms d'items brefs **(6)**.

**Remarque :** pour **(1), (2), (3), (4), (5) et (6)** voir Figure 3.18.

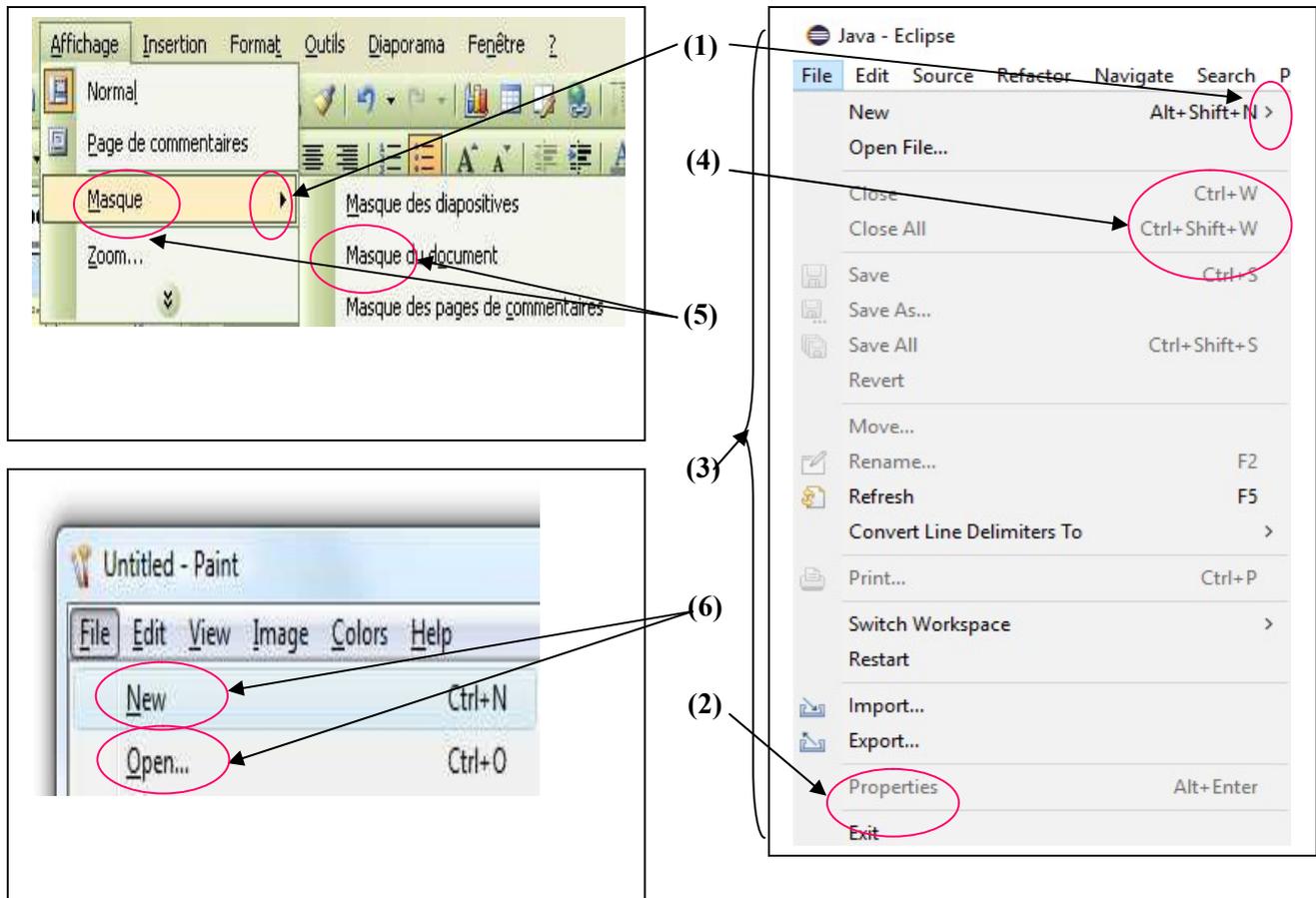


Figure 3.18 Quelques recommandations des menus: raccourcis, sous-menus, libellé, ordre et disposition.

### 3.4.6 Les boutons

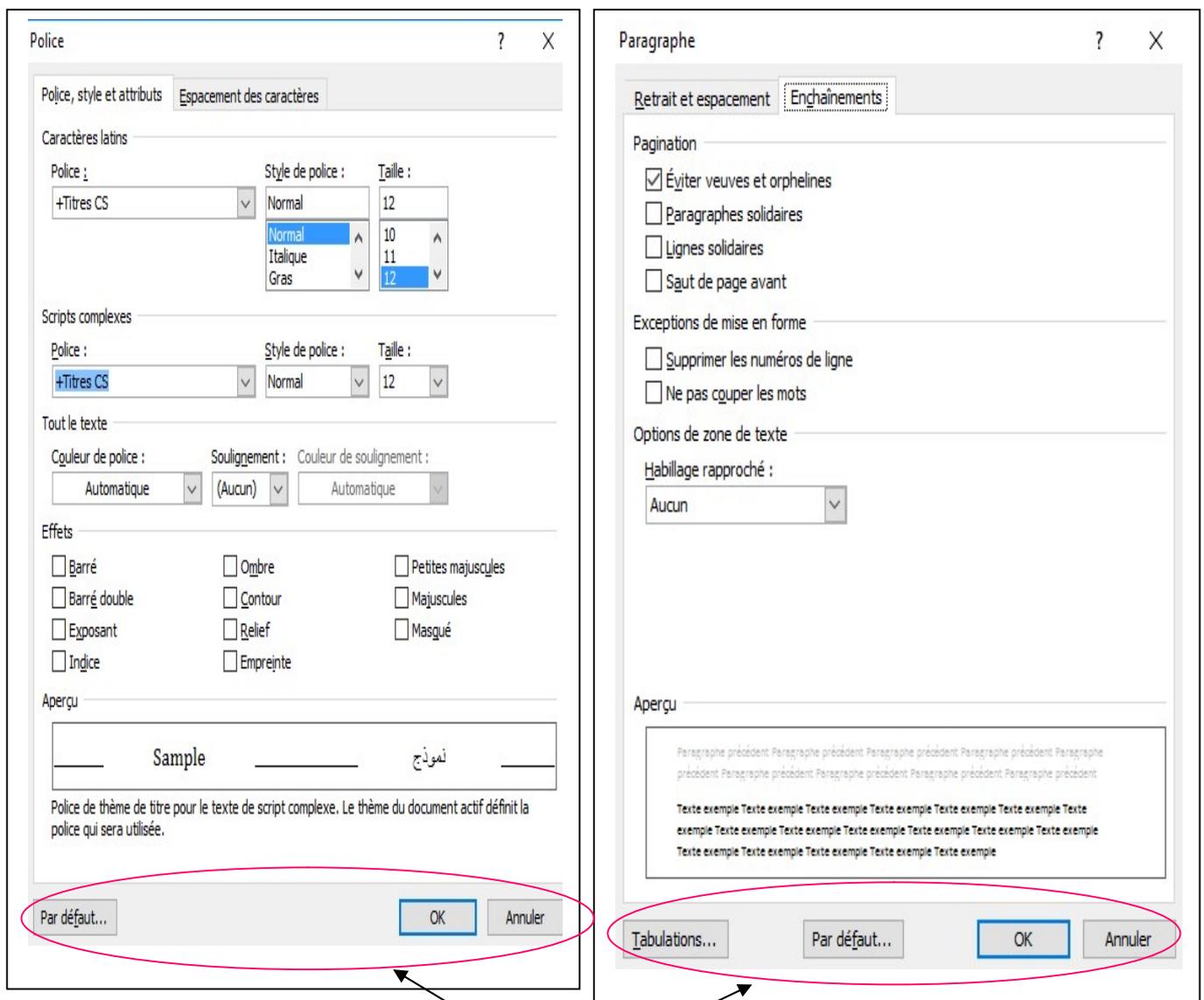
Lors de l'utilisation des boutons ces derniers doivent être employés que pour les commandes fréquemment utilisées il faudrait toutefois:

- ✓ préciser l'intitulé de la commande en toutes lettres dans l'étiquette du bouton (1);
- ✓ utiliser des raccourcis standards du clavier pour les boutons de commande (exemple : touche < Entrée > équivalente au clic sur l'objet);
- ✓ respecter un ordre homogène dans la disposition des boutons de gauche à droite **OK** puis **Annuler** puis **Aid** (si besoin) (2);
- ✓ si la fenêtre contient une barre de défilement horizontal, les boutons de commande doivent toujours rester visibles ;

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

- ✓ pour les boutons de commande concernant l'ensemble de la fenêtre, déterminer une zone où ils seront présentés;
- ✓ disposer la zone d'action en bas de la zone client ou verticalement à droite de la zone client ;
- ✓ homogénéité : conserver la disposition choisie pour l'ensemble de l'application **(3)**;
- ✓ placer les boutons de commande spécifiques à un élément de la fenêtre juste à côté de celui-ci **(4)**;
- ✓ éviter d'encadrer les boutons de commande dans une boîte de groupe. Leur représentation graphique est en effet suffisamment explicite.

**Remarque :** pour **(1)**, **(2)**, **(3)** et **(4)** voir Figure 3.19.



**(2) et (3)**

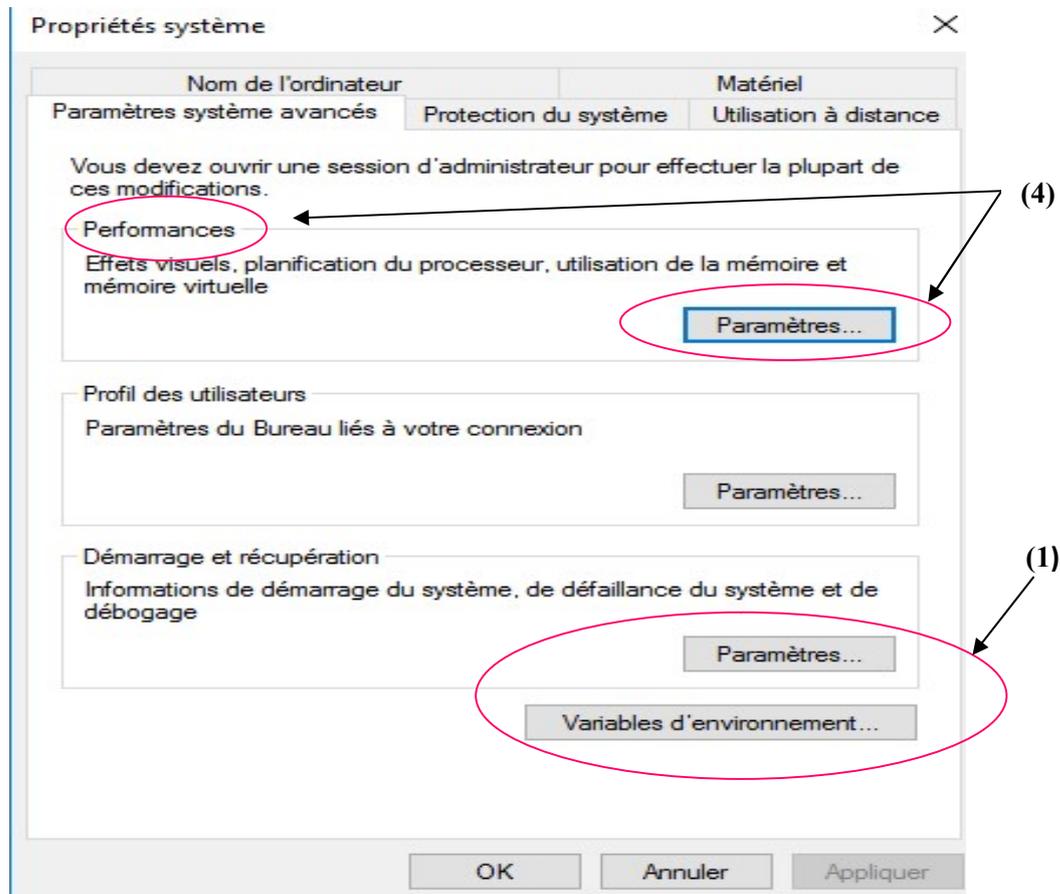


Figure 3.19 Quelques recommandations des boutons : disposition et label.

### 3.5 Ergonomie des interfaces mobiles

Aujourd'hui, grâce aux nouvelles technologies, les innovations pour les téléphones portables et tablette sont nombreuses et suite à cela, même les plus récents deviennent rapidement obsolètes. Il faut aussi préciser que les smartphones d'aujourd'hui n'ont plus pour seule fonction la téléphonie ou l'envoi de SMS, ils combinent aussi les fonctions d'autres appareils: GPS, Radio, Appareil photo, lecteur MP3, ils reprennent aussi plusieurs fonctions d'un ordinateur.

Les premiers smart phones ont vu le jour vers l'année 1992 avec « Simon Personal Communicator » d'IBM suivis de l'apparition d'autres appareils mais qui n'a connu un succès au sein du grand public que vers l'année 2014. Suite à cette démocratisation, les OS se sont adaptées pour devenir plus intuitives, plus simples d'accès.

## Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

Depuis, les smartphones ont principalement évolué en matière de taille. Ils prennent de plus en plus de place dans nos poches, et dans nos vies. Le Marché des mobiles est alors très porteur surtout avec la grande diversité des appareils.

Or avec le développement smartphones ainsi que les tablettes, le sujet de l'ergonomie est de plus en plus présent dans les problématiques du design destiné au web et aux applications.

### 3.5.1 Définition

L'ergonomie mobile vise les mêmes objectifs que les interfaces standards. Il s'agit de prendre en considération le dialogue entre utilisateur et l'appareil mais cette fois-ci les écrans sont plus petits et les moyens d'interaction (doigt, stylet) ainsi que les widgets sont différents, sans oublier le concept de géolocalisation et la notion de réseau sans fil, le téléphone devient ainsi l'ordinateur majoritaire.

Il faudrait alors s'adapter à toutes les tailles et faire des applications différentes, pour cela nous allons voir dans ce qui suit quelques règles de base de l'ergonomie pour les IHMs mobiles [Ludot,2012 ].

### 3.5.2 Règle ergonomique de bases

1. Adapter l'affichage au petit écran :
  - ✓ penser une IHM pour le mobile signifie épurer les contenus, simplifier l'affichage (voir Figure 3.20 et Figure 3.23).
2. Agrandir les zones cliquables :
  - ✓ chaque élément cliquable doit ainsi avoir une taille minimum d'environ 7mm et être espacé des autres éléments d'au moins 2 mm (voir Figure 3.20).
3. Indiquer où on se trouve dans l'application :
  - ✓ afficher un titre pour chaque écran (voir Figure 3.20).

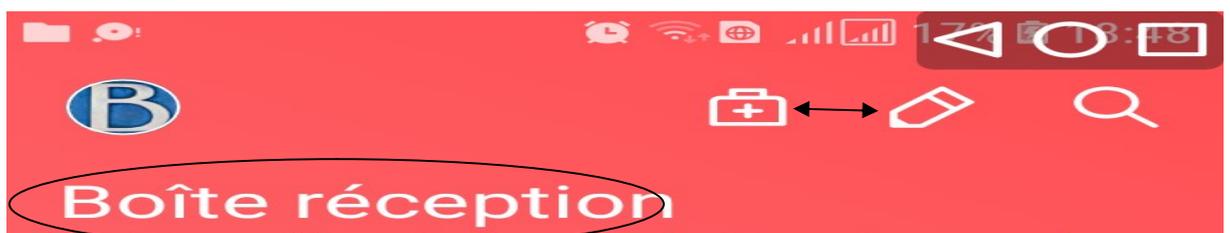


Figure 3.20 Yahoo mail pour mobile: indiquer où on se trouve dans l'application

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité

#### 4. Limiter l'utilisation du clavier :

- ✓ ceci signifie que l'application devra essayer de récupérer toute information pertinente par d'autres biais (exemple: historique (voir Figure 3.21)).



Figure 3. 21 You Tube pour mobile : limiter l'utilisation du clavier grâce à l'historique.

#### 5. Rendre les éléments cliquables « reconnaissables » (voir Figure 3.22) :

- ✓ l'utilisateur doit comprendre qu'il s'agit bien d'éléments interactifs ;
- ✓ Les icônes et les boutons de l'application doivent être visuellement saillants.

#### 6. Soigner les icônes (voir Figure 3.22) :

- ✓ plus d'affordance ;
- ✓ doubler les icônes d'un équivalent textuel, pour en rendre la compréhension encore plus facile.

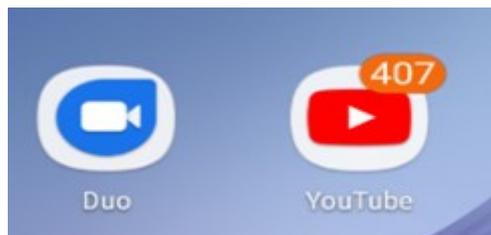


Figure 3.22 Eléments cliquables « reconnaissables » et icônes bien soignées.

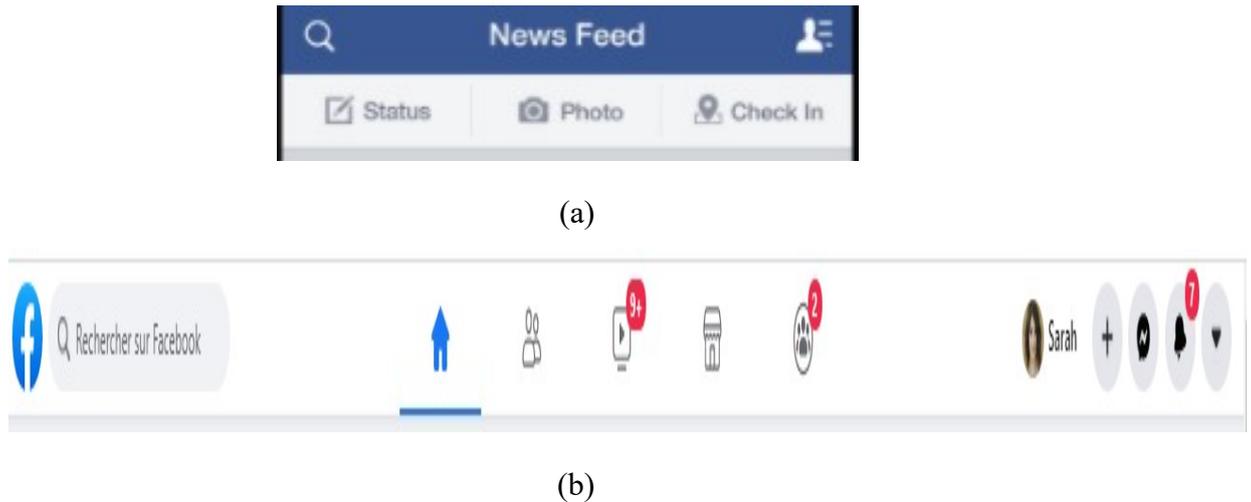
#### 7. Exploiter le canal sonore et haptique :

- ✓ fournir un feedback à l'utilisateur.

#### 8. Assurer la continuité des contenus (voir Figure 3.23):

- ✓ un univers familier et des contenus cohérents.

### Chapitre 3 Principes d'ergonomie des logiciels et des interfaces mobiles, critères ergonomiques de qualité



**Figure 3.23 Épuration d’affichage et continuité des contenus (a) face book mobile (b) face book sur Pc.**

9. Exploiter les outils « mobiles ».

10. Penser au contexte d’utilisation et adapter la charte graphique:

- ✓ créer différentes versions de la charte graphique, que l'utilisateur choisira en fonction de ses besoins.

## 3.6 Conclusion

Les critères ergonomiques sont issus des travaux en psychologie cognitive. Ils sont utilisés depuis plusieurs décennies déjà avec succès, et cela sur plusieurs types d'interface digitale, bien que ces derniers soient en constante évolution, l'aspect cognitif et psychologique de l'être humain n'a pas changé.

Les critères ergonomiques sont basés principalement sur les caractéristiques psychocognitives de l'utilisateur à savoir sa façon d'apercevoir, de mémoriser, de traiter l'information et de raisonner. Par conséquent, ces critères resteront d'actualité encore dans le futur. Ils sont notamment employés aussi bien en conception qu'en évaluation.

# CHAPITRE 4 :

## Conception des IHMs

### Conception des IHMs

#### **Plan du chapitre :**

- 4.1 Introduction
- 4.2 Activités de développement
  - 4.2.1 Analyse des besoins
  - 4.2.2 Conception
  - 4.2.3 Spécifications techniques
  - 4.2.4 Maquette et prototype
- 4.3 Conclusion

## 4.1 Introduction

L'interface homme machine et plus particulièrement l'interface graphique joue un rôle primordial dans les applications. Il s'agit principalement de permettre les échanges entre l'utilisateur et le code d'un programme correspondant à l'utilisation d'un logiciel où l'humain transmet des données vers la machine qui les traite via un programme et retourne les résultats à l'humain. Son existence est devenue alors une nécessité où nous pouvons prendre comme exemple la refonte des écrans de saisie chez Ameritech qui a permis le gain de 600ms par appel et par conséquent 3 millions \$ par an.

La catastrophe de l'Airbus (1992) où il y avait une confusion d'affichage des unités sur un cadran d'altimétrie, qui est la cause principale du crash de l'avion, l'accident nucléaire de Three Mile Island (1979) dû au fait qu'on n'avait pas pris en compte la dimension humaine dans le processus de supervision.

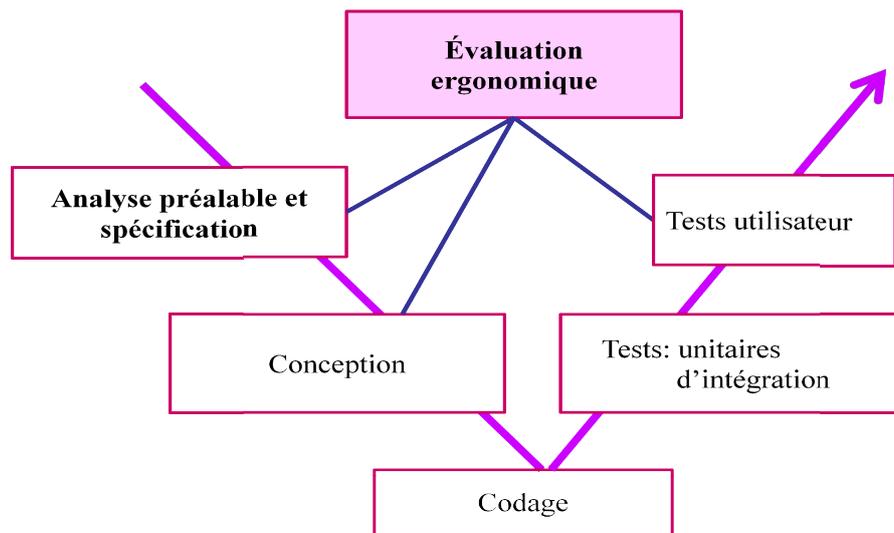
Sans oublier bien sûr qu'un tiers des questions lors de réunions avec les utilisateurs porte sur les IHMs et que dans 33% des demandes de maintenance sont dues au debugging et 67% aux changements demandés sur l'IHM. Par conséquent les IHMs doivent être pensées dès la phase d'analyse, nous allons voir dans ce qui suit les principales étapes de la procédure de développement d'une IHM d'un point de vue génie logiciel.

## 4.2 Activités de développement

Dans une démarche génie logiciel les principales étapes de développement d'une IHM sont les suivantes (voir Figure 4.1):

- analyse des besoins ;
- conception (spécifications) ;
- implémentation (codage) ;
- tests ;
- évaluation ;
- livraison ;
- maintenance.

Ces étapes peuvent être représentées en modèle en V comme suit :



**Figure 4.1 Modèle en V : principales étapes de développement d'une IHM**

### 4.2.1 Analyse des besoins

L'analyse préalable permet d'établir, en relation avec le client, les services requis du système et les contraintes de développement donnant ainsi lieu à un cahier des charges. Il s'agit alors de proposer un produit qui répond aux besoins établis durant cette étape. Elle peut être décomposée en trois phases

**a. Définir les objectifs du système :** qui consistent principalement à spécifier qualitativement et quantitativement les performances d'usage, tout en :

- augmentant la productivité ;
- améliorant la qualité ;
- réduisant le temps de réponse et d'apprentissage.

**b. Analyse des tâches:** il s'agit de définir les tâches et les sous-tâches à exécuter par l'utilisateur afin d'atteindre le but où :

une tâche élémentaire = une tâche décomposable en actions physiques et informatiques

**c. Identification des caractéristiques des utilisateurs :** physiques (âge, handicap, etc.), connaissances et niveau d'expertise, socioculturelles, etc. Durant cette étape plusieurs techniques peuvent être utilisées telles que:

- la documentation ;

- la recherche dans les études précédentes;
- l'observation;
- les interviews;
- les questionnaires;
- la méthode du « focus group » où un groupe de discussion semi-structuré animé par un animateur neutre en présence d'un observateur a pour but de collecter des informations sur un nombre limité de questions prédéfinies [Touboul, 2012] (voir Figure 4.2(a)) ;
- la méthode des personas qui est utilisée si les utilisateurs finaux de l'interface sont mal connus (public ou site web), où il s'agit de construire des profils utiles à des études préalables sur les caractéristiques des utilisateurs ciblés par l'interface permettant ainsi de guider la phase de conception et d'anticiper certains modes opératoires sur l'IHM (voir Figure 4.2(b)).

#### Projet : réseau social dans le domaine des achats



Mickael P.  
Responsable  
Informatique

Peut supporter une « charge informationnelle » importante  
Exigent quant à l'efficacité du moteur de recherche  
Peu intéressé au design  
Peu fidèle



Sophie L.  
Assistante de  
gestion

Vite perdue dans les sites trop « chargés »  
Attirée par nouveautés, idées cadeau...  
Très intéressée au design  
Assez fidèle



(a)

(b)

**Figure 4.2 Quelques méthodes utilisées lors de la conception : (a) personas, (b) Focus group**

### 4.2.2 Conception

L'étape de conception consiste à définir une solution matérielle et logicielle qui répond à l'analyse des besoins et aux contraintes définis dans le cahier des charges.

La conception des IHM doit prendre en considération les règles méthodologiques de bon sens établies à partir de l'expérience:

- séparer la conception de l'application de la conception de l'interface;
- prendre en compte les utilisateurs potentiels;
- concevoir de manière itérative;
- faire appel à une équipe pluri-disciplinaire.

La conception donne lieu à un document de spécifications (techniques) qui décrit le système tel qu'il sera perçu par le client.

Plusieurs méthodes et techniques peuvent être utilisées durant cette étape nous citons :

- Brainstorming: choix des meilleures idées créatives issues d'un groupe en un temps réduit (1h) (voir Figure 4.3(a)).
- Design conceptuel : modèles conceptuels décrivant les styles et modèle d'interaction tels que les tables fonctionnelles (voir Figure 4.3(b)).
- Design physique: décision finale, design visuel (maquette)



(a)

Objects	Representations	Properties	Operations
File	Icon (according to file type) + name	Path Type, name, size, ...	Delete Rename ...

Operations	Commands	Feedback	Responses
Delete a file	Drag-and-drop the icon into the trash	The ghost of the icon follows the cursor	The icon disappears and the trash can gets bigger
	Select file and hit the Delete key	Selected icon gets highlighted	The icon moves towards the trash can and disappears

(b)

Figure 4.3 Quelques méthodes utilisées lors de la conception : (a) Brainstorming, (b) table fonctionnelle.

### 4.2.3 Spécifications techniques

Suite à l'analyse des besoins, des spécifications techniques peuvent alors être établies, il existe quatre types de spécifications (voir Figure 4.4).

a. **Les spécifications conceptuelles** : consistent à définir des objets manipulés par l'utilisateur, de leurs attributs, propriétés, relations, et des opérations exécutables sur ces objets.

b. **Les spécifications fonctionnelles (sémantiques)** : consistent à donner une description de l'effet des commandes utilisateur sur les objets définis dans le modèle conceptuel.

**Exemple** : redimensionner une fenêtre :

- ✓ sélectionner la fenêtre ;
- ✓ cliquer sur le bouton de redimensionnement.

Elles concernent aussi le feed back, la gestion des erreurs, la réversibilité, les commandes de substitution ainsi que l'environnement d'assistance utilisateur (help).

c. **Les spécifications syntaxiques** : concernent le dialogue utilisateur-ordinateur, il faudra prendre en compte des normes qualité syntaxique lors du choix du type d'IHM.

Il s'agit d'abord de choisir le style de dialogue (menus, formulaires, langage de commande, langage naturel, manipulation directe, action/objet,...) puis appliquer par la suite les règles ergonomiques selon le type de dialogue choisi

d. **Les spécifications Lexicales (externes)**: il s'agit de la représentation graphique et la présentation externe de l'IHM, elles concernent la dénomination, le codage, guide de couleurs, la typographie et les mnémoniques.

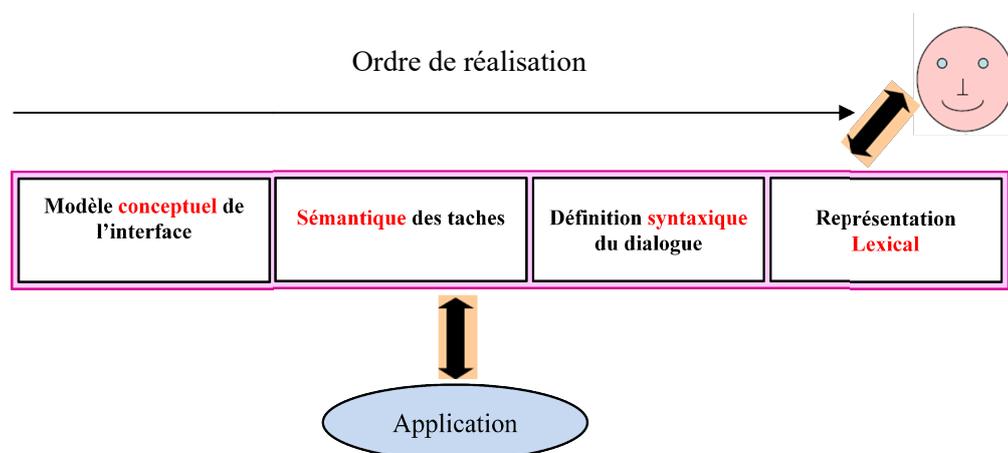


Figure 4. 4 Les différents types de spécifications techniques en IHM.

### 4.2.4 Maquette et prototype

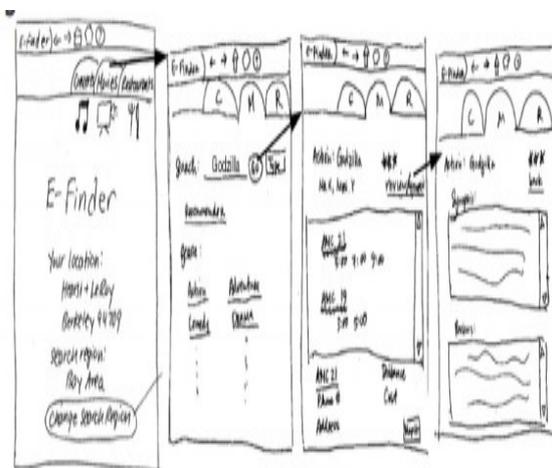
La maquette correspond uniquement à l'interface (voir Figure 4.5 (b) et (c)), c'est une version de démonstration, une première estimation du développement en matière de temps, de coût et de charge de travail.

Les croquis et les story-boards (voir Figure 4.5(a)) sont aussi utilisés dans l'étape de conception. Afin de créer une description réaliste de l'utilisation du système en donnant ainsi un aperçu sur l'ensemble des interactions afin de résoudre une tâche.

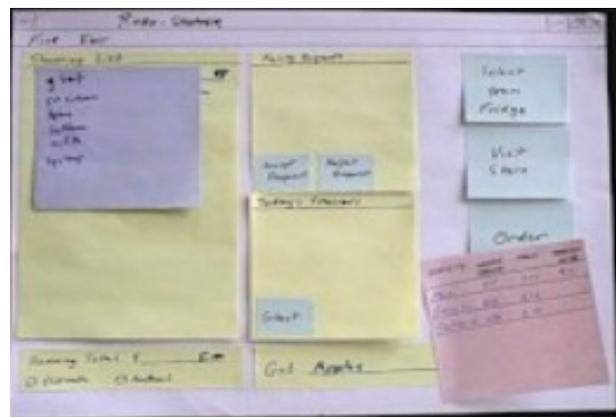
Quant au prototype, Nielsen distingue deux degrés de prototypage selon le niveau d'interaction [Nielsen, 1993] :

- **Le prototype horizontal** : correspond au développement de la partie graphique de l'interface homme-machine, c'est parfois une simple maquette sur papier. L'objectif alors est :
  - ✓ d'explorer les différentes alternatives de conception;
  - ✓ s'assurer de l'utilisabilité dans des conditions variées ;
  - ✓ aider les utilisateurs à imaginer l'interface;
  - ✓ se concentrer sur les parties problématiques de l'interface.
- **Le prototype vertical** : il met en œuvre certaines des fonctionnalités afin que l'utilisateur puisse dérouler un scénario d'utilisation typique.

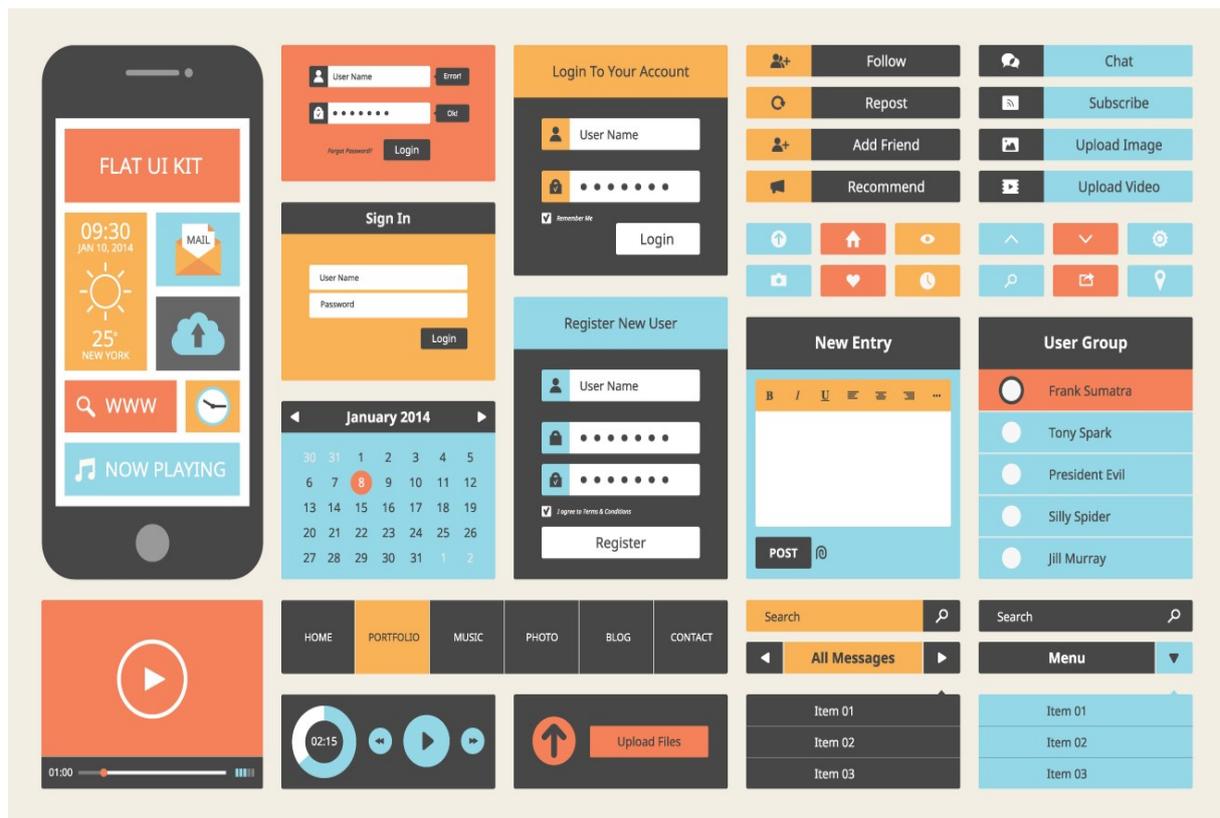
Mais il faudrait noter toutefois qu'il n'y a pas nécessairement évolution continue du prototype vers le produit final.



(a)



(b)



(c)

Figure 4.5 (a)story-boards, (b) et (c) Maquette.

### 4.3 Conclusion

La conception est l'étape où le réalisateur devrait concrétiser les requêtes exprimées durant l'analyse préalable. Il s'agit de définir des spécifications d'ordre conceptuel, fonctionnel, syntaxique et technique tout en assurant une adéquation entre les fonctionnalités proposées et les besoins des utilisateurs tout en respectant les critères d'ordre ergonomique. Durant cette étapes plusieurs méthodes et technique peuvent être utilisées afin de profiter de la créativité des membres de l'équipe, il est notamment possible d'impliquer l'utilisateur dans les choix de conception. Comme résultat, une maquette d'abord est réalisée qui correspond uniquement à l'interface puis un prototype qui peut impliquer le développement de la partie graphique de l'interface et même mettre en œuvre certaines des fonctionnalités afin que l'utilisateur puisse dérouler un scénario d'utilisation typique. Une évaluation est alors obligatoire durant la conception et aussi afin de décider s'il est question d'une évolution vers le produit finale, elle fera cependant l'objectif du chapitre suivant.

# CHAPITRE 5 :

## Evaluation des IHMs

### Evaluation des IHMs

#### **Plan du chapitre**

#### **5.1 Introduction**

#### **5.2 Approches d'évaluation**

##### **5.2.1 L'approche empirique**

##### **5.2.2 Approche analytique informelle**

##### **5.2.3 Approche analytique formelle**

###### **5.2.3.1 Modèles prédictifs des performances**

###### **5.2.3.2 Modèle de qualité**

#### **5.3 Tests**

#### **5.4 Conclusion**

## 5.1 Introduction

L'évaluation d'un logiciel doit comprendre l'évaluation de sa fiabilité et de son utilité qui consiste à l'adéquation du produit aux objectifs du client qui sont tracés dans le cahier des charges durant l'étape de spécification des besoins. Elle comporte aussi une évaluation de l'utilisabilité où l'IHM doit être ergonomique permettant ainsi à l'utilisateur d'atteindre ces objectifs facilement, rapidement et sans erreur. L'évaluation peut être effectuée à différents moments tout au long de la réalisation du produit logiciel, elle peut être alors :

- en cours de conception (spécifications techniques): test papier et surtout maquettes ou prototype horizontal ;
- Durant la réalisation: expérimentation par prototypage vertical où il s'agit d'évaluer le fonctionnement et vérifier le comportement, ainsi que les performances à divers niveaux en faisant notamment appel aux tests unitaires, fonctionnels, et aux tests systèmes;
- avant la diffusion du produit et après achat : test utilisateur, enquêtes, etc.

## 5.2 Approche d'évaluation

Il existe actuellement plusieurs modalités d'évaluation [Pujos, 2019] représentées par la figure suivante :

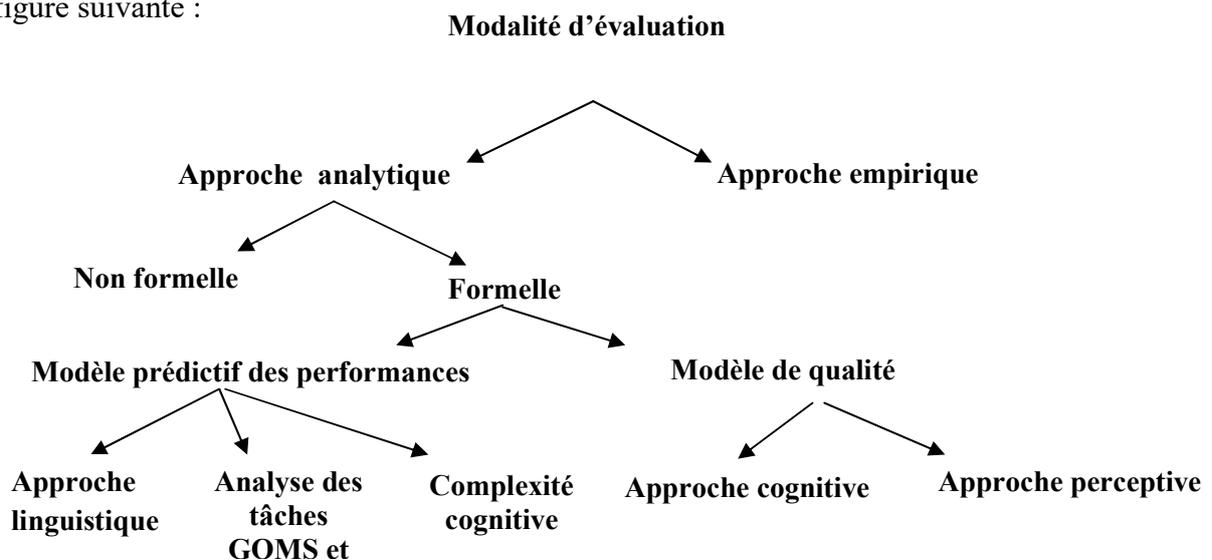


Figure 5.1 Les différentes modalités d'évaluation des IHMs.

### 5.2.1 Approche empirique

L'approche empirique permet de recueillir des informations lors de l'utilisation de l'IHM, ces informations décrivent le comportement de l'utilisateur à savoir le nombre d'erreurs, et les états de blocage recensés, et ceci peut être réalisé par :

- des questionnaires (voir Figure 5.2 (a)) ;
- des interviews ;
- l'observation;
- enregistrement des réactions utilisateurs (vidéo, audio, fichier log) ;
- la méthode "THINK ALOUD": l'utilisateur pense à haute voix en utilisant l'IHM ;
- le tri de cartes : où les éléments de l'interface sont d'abord dispersés sur des cartes, puis c'est aux éléments d'un groupe d'utilisateurs potentiels de créer des regroupements et de les nommer, ces utilisateurs peuvent même corriger les termes à leurs convenances. Cette technique peut être utilisée durant la conception pour former une architecture d'interface proche de la représentation des utilisateurs ou en correction (voir Figure 5.2 (b)).

Agaçant	<input type="radio"/>	Réjouissant						
Incompréhensible	<input type="radio"/>	Compréhensible						
Créatif	<input type="radio"/>	Monotone						
D'utilisation facile	<input type="radio"/>	D'utilisation difficile						
Précieux	<input type="radio"/>	Médiocre						
Ennuyeux	<input type="radio"/>	Captivant						
Inintéressant	<input type="radio"/>	Intéressant						
Imprévisible	<input type="radio"/>	Prévisible						
Rapide	<input type="radio"/>	Lent						
Original	<input type="radio"/>	Conventionnel						
Handicapant	<input type="radio"/>	Aidant						
Bien	<input type="radio"/>	Mauvais						
Complicé	<input type="radio"/>	Simple						
Repoussant	<input type="radio"/>	Attirant						
Commun	<input type="radio"/>	Inédit						
Désagréable	<input type="radio"/>	Agréable						

(a)



(b)

Figure 5.2 Quelques méthodes de l'évaluation empirique :(a) questionnaire [Ueq, 2019], (b) tri de cartes.

Notant toutefois que ces mêmes méthodes peuvent être utilisées lors des étapes d'analyse et de conception.

### 5.2.2 Approche analytique informelle

Cette approche est basée principalement sur l'expertise ou le savoir de l'expert sans impliquer a priori l'utilisateur dans l'évaluation, il s'agit d'appliquer les guidelines lors de la conception ainsi que la vérification du prototype. Il est possible alors d'utiliser des grilles d'évaluation qui fournissent une liste des propriétés d'une bonne interface. On pourrait prendre à titre d'exemple :

- les 944 règles de Smith et Mosier et noter sur l'échelle de mesure [**Smith et Mosier, 1986**];
- les guidelines de Bastien et Scapin [**Bastien et Scapin, 1993**] ;
- les « 8 règles d'or » établies par Ben Shneiderman [**Shneiderman et Plaisant, 2010**];
- l'approche « heuristic evaluation » de Nielsen [**Nielsen, 1994**] qui propose à son tour les caractéristiques d'utilisabilités de base décrites comme suit:
  - ✓ dialogue simple et naturel ;
  - ✓ parler le langage de l'utilisateur ;
  - ✓ minimiser la charge mémoire ;
  - ✓ consistance ;
  - ✓ feedbacks informatifs ;
  - ✓ contrôle explicite ;
  - ✓ raccourcis ;
  - ✓ bons messages d'erreurs (aide à corriger) ;
  - ✓ prévention des erreurs ;
  - ✓ aide et documentation.

## 5.2.3 Approche analytique formelle

### 5.2.3.1 Modèles prédictifs des performances

Ces modèles permettent de prédire le comportement de l'utilisateur afin de réaliser une tâche, nous citons alors trois approches qui peuvent être utilisées:

**a. Analyse des tâches :** il s'agit d'une description logique des activités à réaliser pour atteindre les objectifs des utilisateurs lors d'une interaction homme machine. Dans cette approche, il est question d'abord d'analyser le comportement rationnel de l'utilisateur basé sur 4 ensembles: buts, méthodes, opérateurs et règles en utilisant la méthode **GOMS** et évaluer les actions physiques de l'utilisateur via la méthode de **keystroke**;

**b. Approche linguistique:** les actions de l'utilisateur sont présentées sous forme de grammaire telle que ALG (Action Language Grammar (Reisner)) où un ensemble de règles de production doit être défini du type :

« **POUR effectuer telle action FAIRE telles opération** »

Par conséquent trois paramètres peuvent contribuer à l'évaluation de l'interface: la complexité du langage (nombre d'actions pour atteindre un but), la simplicité des procédures (longueur des séquences pour une tâche donnée) ainsi que la cohérence des structures (nombre de règles non nécessaires et nombre de règles pour des séquences terminales similaires).

**c. Complexité cognitive :** permet de comparer les mérites relatifs de plusieurs conceptions en matière de transfert de connaissances et de difficulté d'apprentissage [Kieras, 1985]. Dans ce modèle, l'expérience de l'utilisateur n'est pas prise en considération, le modèle consiste à recenser le nombre total de règles de production définies pour modéliser la tâche, le nombre de productions déclenchées, le nombre maximal de buts en mémoire pour une fonction donnée ainsi que la pile de buts maintenus en mémoire de travail.

### 5.2.3.2 Modèle de qualité

**a. Approche cognitive :** cette approche fait appel aux modèles mentaux où d'une manière générale certaines conditions doivent être remplies [Hanisch et coll, 1991] telles

que la cohérence interne (il n'existe pas de contradiction à l'intérieur du modèle), la validité (le modèle correspond à la réalité de ce qu'il représente) et l'intégration (le modèle s'accorde avec les autres connaissances) [Charlot, 1998].

**b. Approche perceptive :** il s'agit de prendre en considération la complexité perceptive qui concerne principalement la qualité d'affichage ainsi que d'autres critères ergonomiques tels que les groupements, la clarté, la charge mentale, l'homogénéité et la consistance. Plusieurs techniques existent dans ce contexte telles que Display Analysis Program [Tullis, 1986], KRI/AG [Löwgren et Nordqvist, 1992] et SYNOP [Kolski, 1989], [Kolski, et Millot, 1991].

### 5.3 Tests

De manière générale, les tests sont effectués en séquence une fois le codage est réalisé. Parfois, certaines vérifications ou validations sont effectuées lors de la descente (voir Figure 4.4), avant même le codage, où quelques tests peuvent être réalisés durant la conception.

Les tests de l'IHM ont pour but de vérifier que la charte graphique a été respectée tout au long du développement. Parmi ces tests nous avons :

- **test unitaire :** consiste à tester les unités d'œuvres, il pourra être une portion du test fonctionnel. En IHM il s'agit de tester les images, les boutons, les menus, les paramètres d'affichages, les propriétés des fenêtres, les barres d'icônes, la résolution des écrans, etc.;
- **test d'intégration :** il vérifie le fonctionnement de la totalité du système assemblé, lorsque tous les composants qui interviendront sont en place. En IHM, il concerne les tests de navigations, performances, liens, etc. ;
- **test fonctionnel :** il a pour but de vérifier la conformité de l'application développée avec le cahier des charges initial. En IHM ça consiste à la compréhension du contenu, la lisibilité des scénarios, la convivialité, etc. ;
- **test utilisateur :** est la méthode phare pour évaluer l'expérience utilisateur d'un système dans un processus itératif. Il consiste à mettre en situation l'utilisateur afin d'observer ses comportements, ses réactions et sa performance dans la réalisation de tâches prédéfinies.

## 5.4 Conclusion

Les IHMs ont un impact significatif sur l'attractivité du logiciel, sa productivité ainsi que sur les coûts de développement, de maintenance et de formation. Il est devenu évident maintenant que les IHMs doivent être pensées dès la phase d'analyse préalable prenant ainsi la considération des caractéristiques des utilisateurs, des tâches et du contexte sans négliger certainement les caractéristiques d'ordre technique. Or, leur évaluation est une étape primordiale qui intervient tout au long de la réalisation du logiciel, et cela à partir de la conception jusqu'à l'implémentation et la diffusion. Elle consiste principalement à vérifier si l'IHM correspond aux pacifications issues de la définition des besoins toute en respectant les contraintes d'ordre ergonomiques, sinon ses insuffisances par rapport à des critères identifiés a priori sont mises en évidence et doivent être corrigées.

# Conclusion générale

Les interfaces homme-machine sont d'une grande importance quant à la réussite du produit. Elles doivent être pensées dès l'étape de conception. Une IHM s'inscrit toujours dans un certain contexte d'utilisation qui peut être plus ou moins spécialisé. Un design organisé et centré sur l'utilisateur présente de multiples avantages tels que la réduction des coûts de formation, une maintenance réduite, un soutien à la clientèle très réduit, ainsi qu'une amélioration de la productivité des utilisateurs. Il s'agit alors d'un domaine fondamentalement interdisciplinaire qui touche à plusieurs enjeux sociétaux majeurs.

Nous avons pu voir durant ce cours les différentes étapes nécessaires au développement des IHMs. Où il est question de considérer les caractéristiques de l'utilisateur principal acteur, sans négliger les caractéristiques contextuelles et les contraintes techniques. Or, la psychologie cognitive offre plusieurs modèles permettant de comprendre comment l'utilisateur raisonne, pense, réagit et traite les informations dans l'objectif de réaliser un produit ergonomique qui répond à ses besoins, une IHM qui soit accessible, utile, efficace et agréable pour les utilisateurs finaux. Grâce à ces modèles, des critères dits ergonomiques sont mis à la disposition du designer. À savoir les critères de Bastien et Scapin, celles de Niselsen ou encore le guide de conception de Smith et Mosier, etc.

Ces critères ergonomiques sont considérés durant l'évaluation, une étape primordiale qui intervient à différents moments tout au long de la réalisation du produit, en conception, en implémentation ou avant et après sa diffusion. Il existe en réalité plusieurs modalités d'évaluation, de l'empirique à l'analytique, et sous chaque catégorie s'intègre des méthodes et des techniques adaptées telles que le tri de cartes, les questionnaires, les interviews, les règles les guidelines, etc. Le but alors est de vérifier la fiabilité et l'utilité du produit qui consiste à l'adéquation aux objectifs du client tracés dans le cahier des charges ainsi que son utilisabilité où l'IHM doit permettre à l'utilisateur d'atteindre son objectif facilement, rapidement et sans erreur.

L'évaluation intervient notamment durant la conception, il s'agit de réaliser dans un premier temps des maquettes pour décider d'abord du design à adopter, puis des prototypes verticaux ou horizontaux. Ces derniers doivent répondre aux spécifications d'ordre technique issues de la conception et qui sont déterminées via des méthodes telles que le Brainstorming et les tables fonctionnelles, etc. Faut toutefois noter qu'il n'y a pas forcément évolution

## **Conclusion générale**

continue du prototype vers le produit final. Une annulation de ce dernier ou un feed back peut être réalisé, il est donc important de garder plusieurs version ultérieures.

Une phase de test est obligatoire afin de valider le produit réalisé, il s'agit d'effectuer des tests unitaires, d'intégration et fonctionnels, etc. Les tests en IHM ont pour but de vérifier que la charte graphique a été respectée tout au long du développement. Ils peuvent être réalisés durant la conception, ou avant la diffusion du produit et après achat tel que les tests utilisateurs.

En résumé, une bonne IHM répondra aux besoins des utilisateurs sans négliger le contexte d'utilisation. Il est alors important de noter que les bonnes interfaces tiennent compte des théories de la perception, de la cognition humaine qui permet d'améliorer directement la convivialité des interfaces. Lorsque l'interface ne répond pas aux besoins des utilisateurs et aux théories des IHMs plusieurs problèmes peuvent surgir tels que le rejet du logiciel par les utilisateurs, une utilisation incomplète de l'interface ou même la crédibilité faible du logiciel vis-à-vis des utilisateurs ainsi qu'une productivité réduite.

### Références bibliographiques

**[Bar, 1996]** Bares, M., Pastor, D., (1996). Principe d'un moteur d'interaction multimodale pour systèmes embarqués, Génie Logiciel, N°40, pp 31-38.

**[Bastien et Scapin, 1993]** Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1993). Critères ergonomiques pour l'évaluation d'interfaces utilisateurs. Rapport technique INRIA, 156.

**[Beaudouin-Lafon, 2001]** Beaudouin-Lafon, M., (2001). 40 ans d'interaction homme-machine: points de repère et perspectives. In Actes de la Conférence ASTI'2001.

**[Boy, 19 91]** Boy, G., (1991). Intelligent Assistant Systems, Knowledge-Based Systems, Volume 6, Academic Press, pp 361.

**[Caelen, 2019]** Caelen, J. Définition et caractérisation des IHM, Laboratoire CLIPS-IMAG, Grenoble, [http://www.clips.imag.fr/geod/User/jean.caelen/cours%20accessibles\\_fichiers/IntroIHM.pdf](http://www.clips.imag.fr/geod/User/jean.caelen/cours%20accessibles_fichiers/IntroIHM.pdf), visité le 22/10/2019.

**[Card et al., 1980]** Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A., (1980). The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. Communications of the ACM, 23(7), 396-410.

**[CARROLL, 2013]** CARROLL, J. M., (2013). Human Computer Interaction - brief intro », The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.

**[Comombi, 2015]** Colombi, T., (2015). Ergonomies et modélisation des utilisateurs, Cours ergonomies des interfaces Université de Nice-Sophia Antipolis.

**[copa-data, 2019]** <https://www.copadata.com/fr/produits/zenon-software-platform/visualisation-contrôle/quest-ce-que-une-ihm-interface-homme-machine-copa-data/>, dernière visite le 28/11/2020.

**[Charlot, 1998]** Charlot, J. M. (1998). Formalisation et comparaison cognitives de modèles mentaux de novices et d'experts en situation de résolution de problèmes, Thèse de doctorat, l'Université de Sherbrooke, Canada.

**[Grislin, 1995]** Grislin, M., (1995). Définition d'un cadre pour l'évaluation a priori des Interfaces Homme-Machine dans les systèmes industriels de supervision », thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.

**[Ueq, 2019]** <https://www.ueq-online.org/>, dernière consultation le 19/10/2019.

**[Guiard et al., 2015]** Guiard, Y., Chapuis, O., Du, Y., & Beaudouin-Lafon, M., (2015). Navigation 3D pour explorer une vaste surface 2D: les promesses de la vue en perspective. RR1413, 28.

**[HADDADI, 2016]** Haddadi, K., (2016), Cours IHM, Université Paris 13 Nord,

## Références bibliographiques

**[HANISCH, 1991]**HANISCH, K. A., KRAMER, A F. et HULIN, C. L., (1991). Cognitive representations, control, and understanding of complex systems: a field of study focusing on components of user's mental models and expert/novice differences, *Ergonomics*, Vol. 34, N° 8, p. 1129-1145.

**[Hochstein, 2002]** Hochstein, L., (2002). *GOMS. Theories in Computer Human Interaction*, University of Maryland, College Park, MD, USA.

**[INRIA, 2013]** INRIA, (2013). *Interaction Homme-Machine, les avancées et l'expertise INRIA*. <https://www.inria.fr/centre/bordeaux/actualites/interaction-homme-machine-avancees-expertise>.

<https://www.inria.fr/centre/bordeaux/actualites/interaction-homme-machine-avancees-expertise>

**[Kolski, 1989]**KOLSKI, C., (1989). *Contribution à l'ergonomie de conception des interfaces graphiques Homme-Machine. Thèse en Automatique Industrielle et Humaine*, Université de Valenciennes, France.

**[Kolski, et Millot, 1991]** Kolski, C., Millot, P., (1991). A rule-based approach to the ergonomic static" evaluation of man-machine graphic interface in industrial processes. *Int. J. of Man-Machine Studies*, 35, 657-674.

**[Landragin, 2013]** Landragin, F., (2013). *Dialogue homme-machine multimodal: de la pragmatique linguistique à la conception de systèmes*(Doctoral dissertation, Université Paris Sud-Paris XI).

**[Löwgren et Nordqvist, 1992]** Löwgren, J., Nordqvist, T., (1992). Knowledge-based evaluation as design support for graphical user interfaces. *Proc of ACM Conf on Human factors in Computing Systems, CHI'92*, Bauersfeld, et al. (Ed.), Monterey, California, 181-188.

**[Ludotic, 2012]** <https://www.ludotic.com/10-regles-dor-de-lergonomie-pour-les-mobiles/>, publié le 12 novembre 2012 dans *Méthodes et outils, Mobile* par Teresa Colombi, dernière viste le 28/11/2020.

**[Nedélec]** Nedélec, A. *Ergonomie des IHM Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest Technopole Brest-Iroise*, France, [https://www.enib.fr/~nedelec/docs/poly/ihm\\_ergo.pdf](https://www.enib.fr/~nedelec/docs/poly/ihm_ergo.pdf), viité le 22/10/2019.

**[Nielsen, 1994]**Nielsen, J., (1994). Usability laboratories. *Behaviour & Information Technology*, 13(1-2), 3-8.

**[Norman, 1986]** Norman, D., (1986). *Cognitive Engineering, User Centered System Design*, New Perspectives on Computer Interaction.

**[Norman et Shallice, 1986]** Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action. In *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). Springer, Boston, MA.

**[Pignier, 2012]** Pignier, N. (2012). Le plaisir de l'interaction entre l'utilisateur et les objets TIC numériques. *Interfaces numériques*, 1(1).

## Références bibliographiques

[Pujos] Pujos, J.M., Méthodes de conception et d'évaluation, cours au CNAM, Paris, <http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/CycleSpecialisation/IHM/annee1011/conceptionEtEvaluation.pdf>, visité le 22/10/2019.

[Rainero, 2014] Rainero, P., 2014, cour IHM, Modèle de tâches et modèle de Rasmussen.

[Raphaël, 2009] Raphaël, (2009). Les interfaces WIMP Le bloc-notes, UX & Design d'expérience utilisateur2009, visité le 22/10/2019 <https://blocnotes.iergo.fr/articles/les-interfaces-wimp/>

[Rasmussen, 1986]Rasmussen, J. (1986). Information Processing and Human–Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering, North-Holland Series in System Science and Engineering, 12. New York: North-Holland.

[Recanati, 2019] Recanati, c , Apports de la Psychologie Cognitive à la modélisation de l'utilisateur en IHM, cours de master à l'université de Paris 1, dernière visite le 21/10/2019

[Shneiderman et Plaisant, 2010]Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. Pearson Education India.

[Smith et mosier, 1986] Smith S.L. et Mosier J.N, (1986). Guidelines for designing user interface software, Report EDS-TR-86-278, The MITRE Corporation, Bedford, Massachusetts,.

[Touboul, 2012]Touboul, P. (2012). Recherche qualitative: La méthode des focus groupes. Guide méthodologique pour les thèses en Médecine Générale. Département de Santé publique. CHU de Nice.

[Tullis, 1986] Tullis, T.S., (1986) Display analysis program (Version 4.0), Lawrence, Kansas, The Report Store.