

Titre: Conception et évaluation de méthodes de navigation dans des formulaires présentés sur des assistants numériques personnels
Title: Conception et évaluation de méthodes de navigation dans des formulaires présentés sur des assistants numériques personnels

Auteur: Sami Baffoun
Author:

Date: 2009

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Baffoun, S. (2009). Conception et évaluation de méthodes de navigation dans des formulaires présentés sur des assistants numériques personnels [Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/8279/>

Document en libre accès dans PolyPublie Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/8279/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Jean-Marc Robert
Advisors:

Programme: Génie électrique
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

**CONCEPTION ET ÉVALUATION DE MÉTHODES DE NAVIGATION DANS DES
FORMULAIRES PRÉSENTÉS SUR DES ASSISTANTS NUMÉRIQUES
PERSONNELS**

SAMI BAFFOUN

**DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL**

**THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE PHILOSOPHIAE DOCTOR (Ph.D)
(GÉNIE ÉLECTRIQUE)**

AVRIL 2009



Library and
Archives Canada

Published Heritage
Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Direction du
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-49413-4

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-49413-4

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.



Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Cette thèse intitulée :

CONCEPTION ET ÉVALUATION DE MÉTHODES DE NAVIGATION DANS DES
FORMULAIRES PRÉSENTÉS SUR DES ASSISTANTS NUMÉRIQUES
PERSONNELS

présentée par : BAFFOUN Sami

en vue de l'obtention du diplôme de : Philosophiae Doctor

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

M. BRAULT Jean-Jules, Ph.D., président

M. ROBERT Jean-Marc, Doctorat, membre et directeur de recherche

M. DESMARAIS Michel, Ph.D., membre

M. BELKHITER Nadir, Doctorat, membre externe

À Inès,

ma chère épouse,

pour tous ses sacrifices et son amour.

À mes parents, pour tout.

REMERCIEMENTS

La réalisation d'une thèse de doctorat nécessite beaucoup de temps et surtout de collaboration. C'est pourquoi, je tiens à remercier chaleureusement les gens qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce projet de thèse.

Tout d'abord, je veux remercier mon directeur de recherche, le professeur Jean-Marc Robert, pour la confiance qu'il m'a témoignée en me donnant la chance de travailler sur ce projet de recherche ainsi que pour son assistance, sa disponibilité, sa patience tout au long de ces années, ses commentaires et ses conseils qui ont toujours été éclairés et utiles.

Merci à Miguel Chagnon du département de mathématiques et de statistiques de l'Université de Montréal pour son aide lors du choix du design de l'expérimentation.

Merci à Antoine Cloutier, pour son aide permanente, ses conseils et sa disponibilité tout au long de la programmation de mes prototypes.

Finalement, je remercie du fond du cœur tous les membres de ma famille. Un grand merci à ma chère épouse, Inès, pour son amour ainsi que pour toute son aide qu'elle m'a apportée tout au long de la réalisation de ce projet. Je considère que toutes les discussions que nous avons eues, étaient constructives et que son soutien

extraordinaire et ses encouragements constants m'ont permis de surmonter toutes les difficultés que j'ai eues tout au long de ce projet. Merci aussi à mes parents, Salam et Aouicha, ma belle mère Fekriya ainsi que mon père québécois, Jean-Claude, pour leur soutien et leurs encouragements.



« La lumière de la fin illumine les ténèbres du début »

Jean-Claude Dessailliers

RÉSUMÉ

Avec la transformation fondamentale de l'économie, les entreprises misent sur leur capacité à produire et à innover. Après l'ère industrielle, nous sommes passés à l'ère de l'information et de la communication. Or, l'information est devenue la source primaire de survie de toute entreprise et ce, grâce au réseau mondial Internet qui permet l'échange et le partage d'informations. Aujourd'hui, l'ordinateur de bureau est le principal outil de travail utilisé pour saisir des données et accéder à Internet et à toutes autres sources d'informations numériques. Il risque d'être bientôt relégué au second rang par les terminaux mobiles qui présentent des avantages évidents pour tous ceux et celles qui opèrent en dehors des frontières traditionnelles du bureau, de l'école ou de la maison. De plus, le besoin d'accéder à l'information et d'être joignable n'importe où et n'importe quand est déjà bien établi dans nos mœurs.

Depuis une dizaine d'années, on voit donc l'informatique passer de l'utilisation d'un outil local et fixe, qui était limité à une connexion et à une interaction en mode discontinu, à l'utilisation de différents outils mobiles qui offrent une connexion et une interaction en mode continu ou presque. Plusieurs utilisateurs nomades se sont tournés vers des terminaux mobiles tels que les PDAs (assistants numériques personnels). Ces derniers sont légers et faciles à manipuler de même qu'ils ont un coût assez peu élevé et un temps de démarrage et de chargement très court comparativement aux autres

systèmes tels que les ordinateurs portables, les ardoises électroniques, les téléphones cellulaires, etc. Comme première étape de notre recherche, nous avons effectué une étude empirique où nous avons analysé le travail de 17 inspecteurs dans cinq domaines différents (alimentation, transport, bâtiment, touristique, restaurant). Les résultats nous ont permis de comprendre leur contexte de travail, leurs tâches, leurs besoins et leurs attentes par rapport à l'utilisation des formulaires sur des terminaux mobiles. Les résultats révèlent que les inspecteurs utilisent des formulaires de différents types et de différentes tailles qu'ils remplissent ces derniers dans un ordre non prédefini car dépendant du contexte. Ils veulent avoir en tout temps une vue d'ensemble du formulaire et pouvoir accéder rapidement à ses différentes sections. Enfin, ils sont ouverts à l'idée d'avoir un outil informatique tel qu'un PDA pour saisir les données et consulter diverses informations.

Malgré le degré d'avancement technologique remarquable des PDAs, la taille réduite des écrans pose des contraintes majeures pour la présentation d'informations, d'où la nécessité d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible à l'écran. Les enjeux sont de pouvoir fournir en tout temps aux utilisateurs une vue d'ensemble du contenu de l'interface (surtout dans le cas des formulaires électroniques) et d'améliorer la navigation afin de faciliter la recherche d'informations. Adapter et transformer des formulaires papier de différentes tailles en formulaires devant être utilisés facilement sur un écran de PDA n'est pas une tâche facile. Les deux modèles de présentation qui sont utilisés actuellement dans la conception des formulaires sur PDA, la barre de défilement

et le menu, comportent des sérieuses lacunes pour la recherche d'informations et la navigation, en plus de ne pas offrir une vue d'ensemble du contenu du formulaire. Dans notre recherche de nouvelles solutions pour des modèles de présentation de formulaires sur PDAs nous avons analysé 37 formulaires papier que les inspecteurs utilisent et 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal dans le but d'identifier leur structure, leurs composantes, leurs points communs et leurs différences. Les principaux résultats ont révélé que les formulaires diffèrent les uns des autres pour ce qui est de leur longueur, puis du nombre et du type de composantes, ce qui nous a amenés à définir des niveaux de longueur; cependant leur structure est toujours sous forme hiérarchique. Or deux techniques de présentation peuvent s'adapter à ce genre de structure: le flip zooming et l'arborescence.

En partant de cette observation, nous avons décidé de concevoir et de développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaire sur PDA en adaptant ces deux techniques. Deux questions se posaient alors : quel modèle de présentation est le plus performant pour des formulaires sur PDAs, et jusqu'à quel point la performance d'un modèle dépend-elle du niveau de longueur du formulaire ? L'hypothèse que nous allons tester stipule qu'il existe une relation entre le niveau de longueur du formulaire et la performance du modèle de présentation.

Dans l'expérience que nous avons menée, nous testons et comparons les quatre modèles de présentation d'informations de formulaire sur PDA : barre de défilement, menu, flip zooming et arborescence, en fonction du niveau de longueur de formulaires.

La comparaison porte sur le temps de recherche d'informations et la satisfaction des utilisateurs. Nous avons retenu trois niveaux de longueur de formulaires : court, intermédiaire et long, basés sur le nombre de sections et de composantes. Nous avons développé les quatre modèles de présentation de formulaire sur un PDA pour chaque type de formulaire et nous avons développé un système pour gérer l'expérimentation.

Trente-six sujets ont participé à l'expérience. Chaque sujet a testé les quatre modèles pour un type de formulaire. Pour chaque modèle, le sujet a effectué trois tâches; ces tâches consistent à chercher de l'information à travers l'interface en utilisant le modèle de présentation. Nous avons demandé à un expert humain de refaire les mêmes tâches et de tester les quatre modèles pour les trois formulaires dans le but d'avoir un point de comparaison. De plus, nous avons calculé le temps brut qui correspond au nombre minimum de clics nécessaires pour effectuer les tâches multiplié par le temps de déplacement moyen du stylet à l'écran (4pouces) qui est 0.924 secondes selon l'étude expérimentale que nous avons effectuée avec 24 sujets pour la calculer.

Les principaux résultats de l'expérience indiquent qu'il existe bien une relation entre le niveau de longueur du formulaire et la performance du modèle de présentation, pour trois modèles sur quatre. La performance relative des modèles barre de défilement et menu diminue avec l'augmentation de la longueur du formulaire, par contre, celle du modèle arborescence croit avec l'augmentation de la longueur du formulaire. La performance relative du modèle flip zooming, ne diminue pas ou ne s'améliore pas avec l'augmentation de la longueur. Le modèle arborescence est le plus rapide, suivi du

modèle menu, du modèle barre de défilement et du modèle flip zooming. Le modèle arborescence est 2.5 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, 1.5 fois plus rapide que le modèle menu et 2.75 fois plus rapide que le modèle flip zooming. Le modèle flip zooming s'est avéré le plus lent ; cependant le résultat des tests avec les sujets ne reflète pas son vrai potentiel, puisque l'analyse du temps de l'expert humain et le temps brut (nombre de clics fois le temps moyen de déplacement du stylet à l'écran) a montré que ce modèle peut se classer au deuxième rang. À la lumière des résultats de l'étude, nous avons élaboré quelques lignes directrices pour la conception ergonomique de formulaires sur PDAs.

La contribution majeure de cette thèse à l'avancement des connaissances peut se résumer en quatre points :

- Elle fournit des résultats empiriques sur l'environnement de travail, les tâches, les besoins et les attentes des inspecteurs par rapport à l'utilisation des formulaires sur PDA;
- Elle a permis de concevoir et de développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur des PDAs;
- Elle donne un estimé des coefficients « a » et « b » de la loi de Fitts pour le temps de déplacement d'un stylet à l'écran d'un PDA;
- Elle fournit des résultats expérimentaux sur la performance de quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA en fonction de la longueur du formulaire et sur la satisfaction des sujets à l'égard de chaque modèle.

ABSTRACT

The fundamental competitive environment and rapid economic changes spurred the firm to increase operating efficiency and innovate. We live in a telecommunication era where information is the primary source of microeconomic survival and the Internet is a paramount tool to exchange and share information. Nowadays, personal computers are the main tool to store data, access to Internet and to a set of numerical databases. Nevertheless, it will likely be downgraded to the second rank by mobile devices which offer obvious advantages for those who work from outside the traditional borders of office, school or home. Moreover, the need to access information and to be available everywhere and at any point in time became gradually well ascertained in our customs.

Since ten years, we have seen computer users moving from a local and fixed tool offering a connection and a non-continuous mode of interaction to various mobile tools offering a connection and a quasi-continuous mode of interaction. Several nomad users turned to mobile terminals such as PDAs (Personal Digital Assistants). These devices are relatively light, easy to manipulate, cheap and fast to start and download data, comparatively to other systems, namely laptops, electronic tablets, cellular phones, etc.

As a first step of this research work, we carried out an empirical study and analysed the facets of the job of 17 inspectors operating in five different fields (food

industry, transportation, construction, tourism industry and restaurants). Results help to understand the job context, the tasks, the needs and the expectations of inspectors with regard to the use of forms on mobile terminals. In fact, results show that inspectors use forms of different types and sizes and that they fill them in an order that is defined by the context. Also, inspectors want to have a general view of the form and be able to access swiftly its different sections at each point in time. Finally, they are open to the idea of using a computing tool such as a PDA to type data and check information.

Despite the remarkable technological progress of PDAs, the small size of the screens compels major constraints for information layout, hence the need to optimise the utilization of available space on screen. The main stakes are the provision of a general view of the interface content to users (especially in the context of e-forms) and the improvement of navigation in order to ease information search. Adapting and transforming paper forms of different sizes too easy-to-use e-forms on PDAs are difficult tasks. Currently, the two presentation models used in e-form design on PDA are the scrolling and the menu. They involve serious drawbacks with respect to information search and navigation, and do not offer a general view of the form content.

In order to come up with new solutions for presentation models on PDAs, we analysed 37 paper forms used by inspectors and 72 forms used by students of École Polytechnique de Montréal and identified their structure, their components, their common features and their differences. Main results show that the forms differ in terms of length as well as number and types of components, and led us to define different

levels of length; nonetheless, their structure is always hierarchical. Thus, we propose to use two presentation techniques which could fit to this sort of structure: flip zooming and tree structure. We design and develop two new presentation models for e-forms on PDAs while adapting these two techniques. Two questions were raised then: what is the best performing presentation model for e-forms on PDAs, and to which extent the performance of the model depends on the level of length of the form? We contend that there exists a relationship between the level of length of the form and the performance of the presentation model and we test it. We carried out an experiment to test and compare four presentation models of e-forms on PDAs: scrolling, menu, flip zooming and tree structure, depending on the level of length of the form. The comparison is based on information search time and users' satisfaction. We retained three levels of e-form length: short, intermediary and long, given the number of sections and components. We designed the four presentation models of e-forms on a PDA for each type of form and developed a system to manage the experiment.

Each of the thirty-six subjects, which participated to the experiment, tested the four models for one type of form. For each model, the subject achieved three tasks consisting of searching information through the interface. Also, we asked an expert to repeat the exercise and test the four models for the three e-forms in order to obtain a benchmark. Moreover, we calculated the *raw* time that corresponds to the required minimum number of stylus clicks to execute the tasks, then we multiplied it by the average motion time of the stylus on the screen (4 inches), which has been obtained

from the experimental study that we had carried out with 24 subjects for that purpose and which equals 0.924 seconds. It consists of a second reference to subjects' search time. Main results show that there exists a relationship between the level of length of the form and the performance of the presentation model, for three models out of the four tested. The relative performance of the scrolling and menu models decreases as the length of the e-form increases, while the relative performance of the tree structure model increases as the length of the e-form increases. The flip zooming model relative performance is unrelated to the level of length of the e-form. Besides, the tree structure model is the fastest, followed by the menu, the scrolling and the flip zooming models. The tree structure model is 1.5 times faster than the menu model, 2.5 times faster than the scrolling model and 2.75 times faster than the flip zooming model. The latter is proven to be the slowest; nonetheless, the results of the experiment with the 36 subjects do not reveal its real potential since the expert search time and the raw time show that this model can be ranked as the second among the four tested. The outcome of the experiment led to the elaboration of a number of guidelines for ergonomic design of e-forms on PDAs.

The major contribution of this thesis to the knowledge advancement could be summarized as such:

- It provides empirical results on the work environment, tasks, needs and expectations of inspectors with regard to the use of e-forms on PDA;

- It allowed to design and develop two new presentation models of e-forms on PDAs;
- It provides an estimator of the coefficients “a” and “b” of Fitts law for the particular case of the motion time of a stylus on a PDA screen;
- It provides experimental results on the performance of four presentation models of e-forms on PDA depending on the level of length of the form, as well as the degree of satisfaction of subjects with regard to each model.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	IV
REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ.....	VII
ABSTRACT	XII
TABLE DES MATIÈRES	XVII
LISTE DES TABLEAUX	XXV
LISTE DES FIGURES.....	XXXI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XXXVIII
LISTE DES ANNEXES	XL
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
<i>1.1 Mise en contexte</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Avantage de la mobilité.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3 L'évolution des utilisateurs.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4 Structure de la thèse.....</i>	<i>10</i>
PARTIE I : REVUE DE LITTÉRATURE	13
CHAPITRE 2: LES APPLICATIONS MOBILES: LE CAS DES FORMULAIRES ÉLECTRONIQUES	14
<i>2.1 Introduction.....</i>	<i>14</i>

<i>2.2 Classification des applications mobiles</i>	15
<i>2.3 Les formulaires électroniques</i>	20
CHAPITRE 3 : LES ASSISTANTS NUMÉRIQUES PERSONNELS	35
<i>3.1 Les assistants numériques personnels</i>	35
3.1.1 Historique.....	35
3.1.2 De l'assistant numérique personnel à l'ordinateur de poche et au téléphone intelligent	38
3.1.3 Les techniques d'interaction	41
<i>3.2 Les techniques de saisie de données pour les assistants numériques personnels</i>	46
<i>3.3 Les limites des écrans des assistants numériques personnels</i>	52
CHAPITRE 4 : LES TECHNIQUES DE PRÉSENTATION D'INFORMATIONS POUR LES ASSISTANTS NUMÉRIQUES PERSONNELS	58
<i>4.1 Introduction</i>	58
<i>4.2 Techniques 2D</i>	61
4.2.1 Barre de défilement	61
4.2.2 Menus	65
4.2.3 Modes de présentation des composantes des IHO	66
4.2.3.1 Transparence des composantes	66
4.2.3.2 Affichage des libellés	67
4.2.3.3 Déplacement des objets.....	68
4.2.3.4 Arborescence.....	69

<i>4.3 Techniques 3D.....</i>	69
4.3.1 Le concept vue focus + contexte.....	70
4.3.1.1 Zoom et basculement	71
4.3.1.2 Vue en œil de poisson	75
4.3.2 Le concept de zoom	77
4.3.3 Dépassement des limites de l'écran	82
4.3.3.1 Halo.....	83
4.3.3.2 Wedge	86
4.3.3.3 Judas (Peephole).....	88
<i>4.4 Fonctionnalités liées aux caractéristiques physiques du PDA</i>	91
4.4.1 Orientation et mouvements de l'écran	91
4.4.2 Luminosité de l'écran et vibration	92
4.4.3 Son	92
<i>4.5 Synthèse.....</i>	92
PARTIE II : PROBLEMATIQUE – OBJECTIFS ET HYPOTHESES	97
CHAPITRE 5 : ÉTUDE EMPIRIQUE DE LA TÂCHE D'INSPECTION DANS CINQ DOMAINES D'APPLICATIONS	98
<i>5.1 Motivation</i>	98
<i>5.2 Méthodologie.....</i>	99
<i>5.3 Résultats.....</i>	102
5.3.1 Environnement de travail	102

5.3.2 Tâche d'inspection	103
5.3.3 Importance du terminal mobile	104
5.3.4 Les techniques de saisie	105
5.3.5 Nouvelles fonctionnalités pour améliorer la tâche d'inspection avec un PDA.....	106
5.4 Conclusion	108
CHAPITRE 6 : ÉTUDE EMPIRIQUE DE FORMULAIRES PAPIER.....	110
6.1 Motivation	110
6.2 Méthodologie.....	111
6.3 Résultats	112
6.3.1 Formulaires des inspecteurs	112
6.3.2 Formulaires de l'École Polytechnique de Montréal.....	113
6.3.3 Structure du formulaire	115
6.4 Identification des trois types de formulaires.....	117
CHAPITRE 7 : PROBLÉMATIQUE – OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES.....	122
7.1 Du formulaire papier au formulaire sur PDA	122
7.2 Objectifs de recherche.....	130
CHAPITRE 8 : CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT DES PROTOTYPES D'INTERFACE DES QUATRE MODÈLES DE PRÉSENTATION POUR TROIS TYPES DE FORMULAIRES SUR PDA.....	132
8.1 Description du langage de programmation	132
8.1.1 Vers une plate-forme unifiée.....	132

8.1.2 Le langage C Sharp (C#).....	134
8.2 <i>Développement des quatre modèles</i>	136
8.2.1 Modèle barre de défilement	143
8.2.2 Modèle menu.....	144
8.2.3 Modèle flip zooming	145
8.2.4 Modèle arborescence.....	149
PARTIE III : ÉTUDES EXPERIMENTALES	153
CHAPITRE 9 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE – MESURE DU TEMPS DE DÉPLACEMENT DU STYLET SUR UN PDA	154
9.1 <i>Motivation</i>	154
9.2 <i>Description de l'étude</i>	156
9.2.1 Plan d'expérience	156
9.2.2 Choix du design	157
9.2.3 Tâche expérimentale	159
9.2.4 Sujets	161
9.2.5 Choix de l'assistant numérique personnel.....	162
9.2.6 Positionnement du bouton de commande	162
9.2.7 Positionnement des cadres par rapport au mode d'orientation du PDA ...	163
9.2.8 Mesures recueillies.....	163
9.3 <i>Résultats</i>	165
9.3.1 Distribution des données de l'étude	165

9.3.2 Relation entre le temps et les variables explicatives.....	168
9.3.3 Estimation des coefficients a et b de la loi de Fitts.....	170
9.3.4 Conclusion	172
CHAPITRE 10 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE SUR LA PERFORMANCE DES QUATRE MODÈLES DE PRÉSENTATION DE FORMULAIRES.....	174
10.1 <i>Motivation</i>	174
10.2 <i>Description de l'étude expérimentale</i>	174
10.2.1 Plan d'expérience	175
10.2.2 Choix du design	175
10.2.3 Assistant numérique personnel	178
10.2.4 Tâche expérimentale	178
10.2.5 Sujets.....	184
10.2.6 Procédure.....	186
10.2.7 Mesures et observations recueillies.....	189
10.3 <i>Résultats</i>	194
10.3.1 Mesures quantitatives.....	195
10.3.1.1 Tests statistiques	195
10.3.1.2 Comparaison des modèles, tous types et niveaux confondus	199
10.3.1.3 Performance relative des modèles selon la longueur des formulaires	202
10.3.1.4 Comparaison des modèles selon le type de formulaire.....	204
10.3.1.4.1 Formulaire court.....	204

10.3.1.4.2 Formulaire intermédiaire.....	207
10.3.1.4.3 Formulaire long.....	209
10.3.1.5 Comparaison des modèles de présentation selon les trois niveaux..	210
10.3.1.5.1 Formulaire court.....	211
a. Niveau 1	211
b. Niveau 2	212
c. Niveau 3	213
10.3.1.5.2 Formulaire intermédiaire.....	215
a. Niveau 1	215
b. Niveau 2	216
c. Niveau 3	217
10.3.1.5.3 Formulaire long.....	218
a. Niveau 1	218
b. Niveau 2	219
c. Niveau 3	220
10.3.1.5.4 Synthèse	221
10.3.1.6 Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe.....	223
10.3.1.7 Test de l'effet d'apprentissage	224
10.3.1.8 Comparaison des temps entre le temps des sujets, le temps de l'expert et le temps brut.....	228
10.3.2 Mesures qualitatives.....	237

10.3.3 Observations.....	240
10.3.4 Conclusion	241
CHAPITRE 11 : CONCLUSION.....	249
<i>11.1 Synthèse.....</i>	<i>249</i>
<i>11.2 Lignes directrices pour la conception de formulaires sur PDA</i>	<i>251</i>
<i>11.3 Contributions</i>	<i>254</i>
<i>11.4 Futures avenues de recherche.....</i>	<i>255</i>
11.4.1 Amélioration des modèles de présentation existants	256
11.4.1.1 Modèle barre de défilement	256
11.4.1.2 Modèle menu.....	257
11.4.1.3. Modèle flip zooming	258
11.4.2 Mesure de longueur des formulaires	259
11.4.3 Développement d'un générateur de formulaire sur PDA.....	259
BIBLIOGRAPHIE.....	261
ANNEXES.....	274

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Les avantages de l'utilisation d'une solution de mobilité sans fil	5
Tableau 1.2 : Pourcentage de satisfaction de 350 décideurs informatiques par rapport à l'informatique mobile.....	6
Tableau 2.1 : Les caractéristiques des composantes des formulaires électroniques	23
Tableau 2.2 : Avantages et inconvénients des deux modèles de présentation de formulaires électroniques	27
Tableau 4.1 : Synthèse des techniques de présentation des informations 2 D sur PDA..	93
Tableau 4.2 : Synthèse des techniques de présentation des informations 3D sur PDA ...	94
Tableau 4.3 : Synthèse des techniques de présentation des informations liées aux fonctionnalités sur PDA	95
Tableau 5.1 : Principaux paramètres de l'étude empirique sur le travail d'inspection ..	101
Tableau 6.1 : Caractéristiques des formulaires papier des inspecteurs	112
Tableau 6.2 : Caractéristiques des formulaires papier de l'École Polytechnique de Montréal	113
Tableau 6.3 : Les trois formulaires que nous avons utilisés pour le développement....	120

Tableau 6.4 : Caractéristiques des trois formulaires papier retenus pour l'étude expérimentale	120
Tableau 8.1 : Les règles de mise en forme des informations des interfaces	140
Tableau 8.2 : Les règles d'ajustement et d'alignement des composantes du formulaire dans les prototypes d'interfaces de PDA.....	141
Tableau 8.3 : Caractéristiques de trois formulaires qui ont été développés.....	144
Tableau 9.1 : Les variables indépendante et dépendante de l'expérience servant à mesurer les coefficients « a » et « b » de la loi de Fitts.....	157
Tableau 9.2 : Ordre suivant lequel chaque sujet a utilisé les huit interfaces du PDA ...	158
Tableau 9.3 : Caractéristiques de 24 sujets ayant participé à l'étude sur le temps de déplacement du stylet à l'écran	161
Tableau 9.4 : Temps de déplacement moyens (en ms) du stylet selon l'orientation et la taille du PDA résultat des tests statistiques de comparaison	167
Tableau 9.5 : Résultats de la régression des temps de déplacement sur les variables : orientation d'affichage, taille d'écran et ordre de visualisation.	170
Tableau 10.1 : Le plan d'expérience	175
Tableau 10.2 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire simple	176

Tableau 10.3 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire intermédiaire.....	177
Tableau 10.4 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire complexe.....	177
Tableau 10.5 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire simple..	181
Tableau 10.6 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire intermédiaire.....	182
Tableau 10.7 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire complexe ..	183
Tableau 10.8 : Sexe des sujets.....	184
Tableau 10.9 : Age des sujets.....	184
Tableau 10.10 : Comparaison des temps d'exécution (en secondes) pour les quatre modèles de présentation, tous types et niveaux confondus	200
Tableau 10.11 : Le modèle de présentation le plus rapide selon le type de formulaire .	202
Tableau 10.12 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire simple..	205
Tableau 10.13 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire intermédiaire.....	207
Tableau 10.14 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire complexe ..	209

Tableau 10.15 : Performance des modèles de présentation sur formulaire simple pour les tâches de niveau 1	211
Tableau 10.16 : Performance des modèles de présentation sur formulaire simple pour les tâches de niveau 2	213
Tableau 10.17 : Performance des modèles de présentation sur formulaire simple pour les tâches de niveau 3	214
Tableau 10.18 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 1	215
Tableau 10.19 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 2	216
Tableau 10.20 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 3	217
Tableau 10.21 : Performance des modèles de présentation sur formulaire complexe pour les tâches de niveau 1	219
Tableau 10.22 : Performance des modèles de présentation sur formulaire complexe pour les tâches de niveau 2	220
Tableau 10.23 : Performance des modèles de présentation sur formulaire complexe pour les tâches de niveau 3	221
Tableau 10.24 : Synthèse des comparaisons de performances des modèles de présentation par niveau et pour chaque type de formulaire	222

Tableau 10.25 : Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe, tous modèles et tous types de formulaires confondus	223
Tableau 10.26 : Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe	224
Tableau 10.27 : Effet d'apprentissage.....	225
Tableau 10.28 : Estimations des paramètres des courbes d'apprentissage	226
Tableau 10.29 : Nombre minimal de clics pour répondre à chaque question avec chaque modèle de présentation	229
Tableau 10.30 : Les temps moyens de l'expert, des sujets et du temps brut par modèle et par type de formulaire	236
Tableau 10.31 : Satisfaction des sujets par modèle de présentation	238
Tableau A.1 : Les 35 formulaires des trois domaines d'inspection	276
Tableau B.1 : Les 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal	279
Tableau C.1 : Complexité des formulaires de l'École Polytechnique de Montréal	283
Tableau F.1 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire simple	293
Tableau F.2 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire intermédiaire.....	294

Tableau F.3 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire complexe.....**295**

Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire

.....**306**

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : L'évolution des utilisateurs de terminaux mobiles dans le temps	7
Figure 2.1 : Classification des applications mobiles.....	16
Figure 2.2 : Les composantes de formulaires.....	22
Figure 2.3 : Les composantes d'un modèle de présentation d'un formulaire électronique	26
Figure 3.1 : L'alphabet Graffiti.....	36
Figure 3.2 : Les facteurs ayant permis le développement du PDA.....	38
Figure 3.3 : Exemples de PDA, de SmartPhone et d'ordinateur de poche	40
Figure 3.4 : Parties communes et parties spécifiques entre le PDA, le téléphone intelligent et l'ordinateur de poche.....	41
Figure 3.5 : Les composantes d'interaction d'un assistant numérique personnel.....	42
Figure 3.6 : Présentation de la technique du curseur	43
Figure 3.7 : Présentation de la technique Shift	44
Figure 3.8 : Le clavier physique et clavier virtuel pour PDA	46
Figure 3.9 : Alphabet Unistrokes	49

Figure 3.10 : Différence de tailles entre les écrans d'un PC, d'un PDA et d'un téléphone cellulaire	53
Figure 4.1. Catégories des techniques de présentation d'informations pour les assistants numériques personnels	60
Figure 4.2 : Principe de la technique 2D.....	61
Figure 4.3 : Exemples de techniques de défilement.....	62
Figure 4.4 : Efficacité des quatre techniques par rapport à la taille de l'écran	64
Figure 4.5 : Niveau de performance de cinq techniques de présentation d'informations quant à la vitesse de lecture et au taux de compréhension du contenu.....	64
Figure 4.6 : Exemples de deux types de menus sur des PDAs	65
Figure 4.7 : Exemple de composantes opaques et semi-transparentes.....	67
Figure 4.8 : Exemple d'interfaces de PowerBrowser.....	68
Figure 4.9 : Principe de la technique 3D.....	70
Figure 4.10 : Principe du zoom et basculement	72
Figure 4.11 : Interface de WEST	73
Figure 4.12 : Interfaces de PowerView.....	74
Figure 4.13 : Exemples d'interfaces sur PC utilisant la technique œil de poisson	76
Figure 4.14 : Exemples d'interfaces de <i>DateLens</i>	77

Figure 4.15 : Exemple de l'interface Collapse-to-zoom	78
Figure 4.16 : Technique de sélection utilisée avec <i>Collapse-to-Zoom</i>	79
Figure 4.17 : Les quatre gestes pour interagir avec le système <i>Collapse-to-zoom</i>	80
Figure 4.18 : En zoomant sur le point « X » de l'interface (a), l'utilisateur peut perdre l'emplacement exact des points A, C, D et E. Il doit alors revenir à une plus petite échelle pour les situer par rapport à son point d'origine X.....	83
Figure 4.19 : L'espace virtuel exploité par le système Halo autour de l'écran du PDA..	84
Figure 4.20 : <i>Halo</i> utilisant le concept des arcs (a) ou le concept des flèches (b)	85
Figure 4.21 : Exemple de problème avec la technique Halo.....	86
Figure 4.22 : L'espace virtuel exploité par le système Wedge autour de l'écran du PDA	87
Figure 4.23 : Ajustement automatique des secteurs par Wedge	87
Figure 4.24 : Utilisation de la technique du Judas sur une carte de métro de Montréal ..	88
Figure 4.25 : Utilisation du concept de Judas pour présenter une liste défilante.....	89
Figure 4.26 : Ecriture d'une ligne de texte qui va bien au-delà de l'écran du PDA	89
Figure 6.1 : Structure d'un formulaire	116
Figure 6.2 : Les facteurs et les impacts de la complexité d'un formulaire	118
Figure 6.3 : Répartition des formulaires par rapport à la complexité	119

Figure 7.1 : Facteurs influençant la conception d'interfaces sur PDA	124
Figure 7.2 : Les trois modèles de présentation de formulaires sur PDA.....	125
Figure 7.3 : Le problème de chevauchement avec le modèle menu	127
Figure 8.1 : Structure du formulaire simple	137
Figure 8.2 : Structure du formulaire intermédiaire	137
Figure 8.3 : Structure du formulaire complexe	139
Figure 8.4 : Exemple de contrôles réutilisables	140
Figure 8.5 : Règles d'alignement des libellés et des objets.....	142
Figure 8.6 : Le modèle barre de défilement pour les trois types de formulaires	143
Figure 8.7 : Le modèle menu pour le formulaire intermédiaire.....	145
Figure 8.8 : La page principale du modèle flip zooming de chaque formulaire	146
Figure 8.9 : Les parties du modèle flip zooming	147
Figure 8.10 : Illustration des ajustements des cadres pour un formulaire de sept sections utilisant le modèle flip zooming	147
Figure 8.11 : Présentation des interfaces des différents niveaux	148
Figure 8.12 : De l'explorateur Windows au modèle arborescence pour PDA.....	149
Figure 8.13 : Structure du modèle arborescence pour le formulaire sur PDA.....	150
Figure 8.14 : Différentes sortes d'affichage dans la zone d'afficheur de composantes.	151

Figure 9.1 : Les quatre tailles de cadre pour l'orientation portrait.....	160
Figure 9.2 : Les quatre tailles de cadre pour l'orientation paysage	160
Figure 9.3 : Position du cadre sur l'écran du PDA selon la latéralité du sujet.....	163
Figure 9.4 : Interface du système de gestion de l'expérience avec la loi de Fitts.....	164
Figure 9.5 : Temps de déplacement moyen du stylet par les sujets selon l'orientation de l'écran	165
Figure 9.6 : Temps de déplacement du stylet par les sujets selon l'orientation et la taille de l'écran	166
Figure 9.7 : Équations de Fitts établies selon les deux méthodes	172
Figure 9.8 : Présentation du calcul de la distance entre les deux cibles (D)	173
Figure 10.1 : Découpage du formulaire en niveaux et en zones	179
Figure 10.2 : Distribution de l'âge des sujets.....	185
Figure 10.3 : Sujets ayant déjà suivi un cours sur les interfaces humain-ordinateur	185
Figure 10.4 : Niveau de familiarité des sujets avec l'informatique	185
Figure 10.5 : Niveau de familiarité des sujets avec un terminal mobile	186
Figure 10.6 : Attitude des sujets face aux nouvelles technologies.....	186
Figure 10.7 : Exemple d'affiche et de carton présentant une question dans le cas d'un formulaire complexe.....	189

Figure 10.8 : Page d'accueil de l'interface du système qui gère l'étude.....	190
Figure 10.9 : L'interface du système qui gère l'affichage des modèles et des tâches ...	191
Figure 10.10 : La boîte de dialogue qui s'affiche lorsque le sujet a trouvé la réponse..	192
Figure 10.11 : Modèle conceptuel de la base de données	193
Figure 10.12 : Courbe de densité de distribution des temps d'exécution	197
Figure 10.13 : Tableau du test de Kruskal-Wallis (résultats de Matlab)	200
Figure 10.14 : Comparaison multiples entre les quatre modèles de présentation.....	201
Figure 10.15 : Classement des modèles par rapport au type du formulaire.....	203
Figure 10.16 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire simple	206
Figure 10.17 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire intermédiaire.....	208
Figure 10.18 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire complexe.....	210
Figure 10.19 : Courbes d'apprentissage pour chaque modèle et chaque type de formulaire	227
Figure 10.20 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle barre de défilement.....	232
Figure 10.21 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle menu	233

Figure 10.22 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle flip zooming ...	234
Figure 10.23 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle arborescence ...	235
Figure 10.24 : Évaluation subjective des quatre modèles de présentation des formulaires selon différents critères.....	239
Figure 11.1 : Amélioration du modèle barre de défilement	257
Figure 11.2 : Amélioration du modèle menu	258

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (ligne d'abonné numérique à débit symétrique)
CITQ	Corporation de l'Industrie Touristique du Québec
ERP	Progiciels d'entreprises
GOMS	Goal Operators Methods Selection rules, méthode d'analyse de tâche basée sur les buts, les opérateurs, les méthodes et les règles de sélection
gpc	Gesture Per Caracter / Nombre de geste par caractère
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
IHM	Interface Humain-Machine ou Interface Homme-Machine
IHO	Interface Humain-Ordinateur ou Interface Homme-Ordinateur
IHTM	Interface Humain Terminal Mobile
kspc	Keystroke Per Caracter / Nombre d'appuis de touches par caractère
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, de Pêcherie et de l'Alimentation de Québec
MRQ	Ministère de Revenu du Québec
OS	Operating System / système d'exploitation
PC	Personnel Computer / Ordinateur personnel
PDA	Personal Digital Assistant (assistant numérique personnel)

RAM	Randam Acess Memory
RBQ	Régie du bâtiment du Québec
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services
RSI	Retour sur Investissement
RTC	Réseau Téléphonique public Commuté
SI	Système d'information
SMS	Send Short Messages / Message court surfacturé
STCUQ	Société de Transport de la Communauté Urbaine de Québec
WAP	Wireless Application Protocol
WI-FI	WIreless FIdelity
wpm	Word Per Minute / mot saisis par minute
WIMP	Window, Icon, Menu, Pointer

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A : LISTE DES FORMULAIRES DES CINQ DOMAINES D'INSPECTION	275
ANNEXE B : LISTE DES FORMULAIRES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL.....	278
ANNEXE C : LA LONGUEUR DES FORMULAIRES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL.....	282
ANNEXE D : LES TROIS FORMULAIRES UTILISÉS LORS DE DÉVELOPPEMENT DES QUATRE MODÈLES	285
ANNEXE E : CERTIFICAT DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE	290
ANNEXE F : LISTE DES QUESTIONS PAR FORMULAIRE	292
ANNEXE G : QUESTIONNAIRE REMPLI PAR LES PARTICIPANTS PORTANT SUR DES INFORMATIONS GÉNÉRALES AVANT LE TEST.....	297
ANNEXE H : QUESTIONNAIRE REMPLI PAR LES PARTICIPANTS PORTANT SUR LE TEST	300
ANNEXE I : RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE	305

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

Ce chapitre présente d'abord le contexte de mobilité. Nous analysons par la suite les avantages de la mobilité ainsi que l'évolution des utilisateurs nomades. Puis, nous expliquons les raisons qui nous ont poussés à nous intéresser à ce thème de recherche. Enfin, nous présentons la structure de la thèse.

1.1 Mise en contexte

Si Alexandre G. Bell, l'inventeur du premier téléphone en 1876, ressuscitait aujourd'hui, il sera stupéfié de voir l'évolution technologique qui touche la téléphonie et surtout les communications. Nous assistons à une explosion de la technologie communicante aiguillonnée par les autoroutes de l'information, vecteur incontournable de l'ubiquité instantanée et universelle de l'information (Nigay & Coutaz, 1996).

Dans la société d'aujourd'hui, nous nous rendons compte que les besoins du monde actuel nous poussent à mettre l'informatique au centre de toute action (Abowd & Mynatt, 2000). En effet, les microprocesseurs deviennent omniprésents et envahissent de plus en plus les objets les plus anodins, sans que cela soit d'ailleurs toujours perceptible à première vue. Les laboratoires de recherche d'IBM ont donné un nom à ce

phénomène : *l'informatique diffuse*¹. Si aujourd'hui l'ordinateur est le terminal d'accès usuel à Internet et à toute autre source d'informations, il risque d'être relégué au second rang dans les habitudes des utilisateurs. Avec le déploiement des réseaux sans fil et le progrès en miniaturisation, l'ordinateur d'aujourd'hui devient de plus en plus évanescence (Calvary, 2002). Rendre l'information disponible en dehors des frontières traditionnelles du bureau ne fait que changer fondamentalement la relation qu'auront les utilisateurs avec leurs systèmes informatiques (Chaari, 2003).

Fournissant une interaction, en tout temps et en tout lieu, l'informatique est passée d'un outil local et fixe à une présence continue (Abowd & Mynatt, 2000). Cette présence est assurée par ces nouveaux terminaux mobiles (ex. : téléphone cellulaire, PDA, téléphone intelligent, ardoise électronique) qui font partie de ces nouvelles machines du 21^{ème} siècle. L'avancée technologique dans les terminaux mobiles a été rendue possible grâce à des facteurs tels que la miniaturisation des microprocesseurs, l'autonomie des batteries, l'évolution des écrans tactiles, l'utilisation des stylos pointeurs, l'évolution du réseau Internet et l'augmentation des débits de transmission des informations, sans pour autant oublier les besoins sans cesse grandissants des utilisateurs. De nos jours, l'accès à l'information se fait de plus en plus en interagissant avec des bases de données via le réseau Intranet de l'entreprise ou le réseau Internet

¹ La distinction entre l'informatique omniprésente et l'informatique diffuse se fait comme suit : l'omniprésence exprime l'idée d'ubiquité, c'est-à-dire ce qui se trouve partout. Le terme anglais très utilisé est : *ubiquitous computing*. L'informatique diffuse est un néologisme francophone qui exprime l'idée que, en plus d'être omniprésents, les ordinateurs sont aussi de plus en plus discrets et cachés dans des objets anodins, pour être quasiment invisibles. Le terme anglais le plus proche est *pervasive computing*, qui peut être traduit par l'informatique envahissante (Abowd & Mynatt, 2000).

(Abele, 2001). Ce dernier, qui est le réseau des réseaux, a étendu sa toile sur l'ensemble de la planète. En peu de temps, il a permis l'abolition des frontières et du temps et l'explosion des services à distance. Selon des experts, les terminaux mobiles vont devenir d'ici quelques années les premiers moyens d'accès aux services Internet (Buchanan, Jones, Thimbleby, Marsden & Pazzani, 2001), et les enjeux à venir pour les entreprises seront d'arriver à étendre leur système d'informations pour le rendre accessible via ces terminaux pour des employés et des personnes de plus en plus mobiles.

1.2 Avantage de la mobilité

La mobilité est devenue un investissement essentiel dans la vie quotidienne et professionnelle. Elle s'impose d'ores et déjà comme un mode de vie et de travail. La diminution des délais, grâce à l'accès en temps réel à l'information pertinente, vise à rendre les organisations plus efficaces dans un marché fortement concurrentiel. Elle donne ainsi une image d'efficacité et de qualité aux organisations (entreprises, universités, etc.) (Abowd & Mynatt, 2000). Le besoin de pouvoir être joint n'importe où, n'importe quand s'est ancré profondément dans nos mœurs (Buchanan, Jones, Thimbleby, Marsden & Pazzani, 2001).

Dans un marché de plus en plus tourné vers le client, la tendance est de rapprocher davantage les informations et les services des utilisateurs. Nous ne pouvons pas avoir en permanence tout sur soi, donc nous avons besoin d'un lien avec

l'organisation et avec l'ensemble de ses sources d'informations. Les besoins sont très variés et dépendent de la nature des métiers. Parmi ces besoins, on trouve par exemple (Abowd & Mynatt, 2000) :

- envoyer et recevoir des messages,
- recevoir la référence des produits avec leurs stocks et leurs prix,
- transférer des écrits à des clients ou prospects,
- récupérer des dossiers de la société, des clients ou prospects,
- travailler en équipe sur des dossiers complexes,
- accéder aux fonctionnalités d'un agenda,
- faire des démonstrations multimédia sur les produits de la société,
- se connecter à Internet,
- effectuer des visioconférences,
- effectuer du commerce électronique.

Cette tendance forte en faveur d'une plus grande mobilité des employés est donc en partie liée au développement de nouvelles technologies et de nouveaux services qui permettent et favorisent la mobilité des employés (Teck, 2003). Pour bien des organisations de petite et moyenne tailles, la commodité des communications mobiles offre un atout vital. Divers intérêts peuvent découler de l'utilisation des terminaux mobiles par les utilisateurs nomades. Le tableau 1.1 résume les différents avantages de l'utilisation d'une solution de mobilité à l'extérieur de l'organisation. Plusieurs spécialistes prétendent que le point le plus important pour les organisations par rapport à

la mobilité est celui d'augmenter la concurrence (gain de la productivité et réduction des délais) (Nassah, 2002). Si nous tenons compte de l'économie mondiale, ce point est devenu très important dans le cadre de la mondialisation.

Tableau 1.1 : Les avantages de l'utilisation d'une solution de mobilité sans fil

Types de gains	Avantages
Gains liés à la productivité personnelle	<ul style="list-style-type: none"> ○ Automatisation des tâches à faible valeur ajoutée ○ Élimination des temps morts lors des déplacements ○ Flexibilité sur la gestion du temps de travail
Gains organisationnels	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diminution de la ligne hiérarchique ○ Aide à la mise en place d'équipes distribuées ○ Affectation des ressources auparavant dédiées à des tâches de coordination d'activités de terrain à des fonctions à plus haute valeur ajoutée ○ Optimisation de l'allocation des ressources terrain ○ Décentralisation des décisions
Gains en termes de performance et de qualité	<ul style="list-style-type: none"> ○ Meilleure supervision des activités sur le terrain ○ Management participatif ○ Meilleur service rendu aux clients (proposition commerciale adaptée ou intervention mieux qualifiée)
Gains financiers	<ul style="list-style-type: none"> ○ Allégement des structures internes auparavant nécessaires pour assurer un relais avec les équipes sur le terrain (ex. : centre d'appel interne) ○ Croissance du RSI (<i>Retour Sur Investissement</i>) par rapport aux solutions de type Intranet suite à l'élargissement du spectre d'utilisateurs ○ Optimisation du taux d'occupation des bureaux ○ Travail délocalisé engendrant une réduction des coûts de fonctionnement des organisations

L'optique d'une entreprise est de permettre à ses employés de consulter la banque de données à distance, de faire parvenir l'information à l'employé nomade et de permettre la saisie des données récoltées sur le terrain. Le tableau 1.2 présente les résultats de l'étude qui a été faite par Cahners In-Stat group en 2002 (Nassah, 2002)

auprès de 350 décideurs informatiques américains dans des entreprises de toutes tailles et de tous secteurs. L'étude révèle les différents avantages de l'informatique mobile et le degré de satisfaction à son égard. L'amélioration de l'efficacité et l'augmentation de la productivité représentent les avantages les plus prisés par les décideurs. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces deux avantages englobent et influencent directement ou indirectement les autres, surtout le facteur temps.

Tableau 1.2 : Pourcentage de satisfaction de 350 décideurs informatiques par rapport à l'informatique mobile

Avantages de l'informatique mobile	Pourcentage de satisfaction
Standardisation des processus	32%
Réduction des coûts	37%
Amélioration du service client	56%
Gain de temps	57%
Amélioration de la performance	62%
Facilité d'utiliser son terminal n'importe où	69%
Amélioration de l'efficacité	76%
Augmentation de la productivité	76%

1.3 L'évolution des utilisateurs

Depuis quelques années, le marché des terminaux mobiles est en pleine expansion. En 25 ans, l'intérêt pour ce type de produit est devenu un phénomène mondial. Les utilisateurs sont de plus en plus nombreux et variés. La figure 1.1 résume l'évolution des utilisateurs dans le temps par rapport à l'évolution des fonctionnalités.

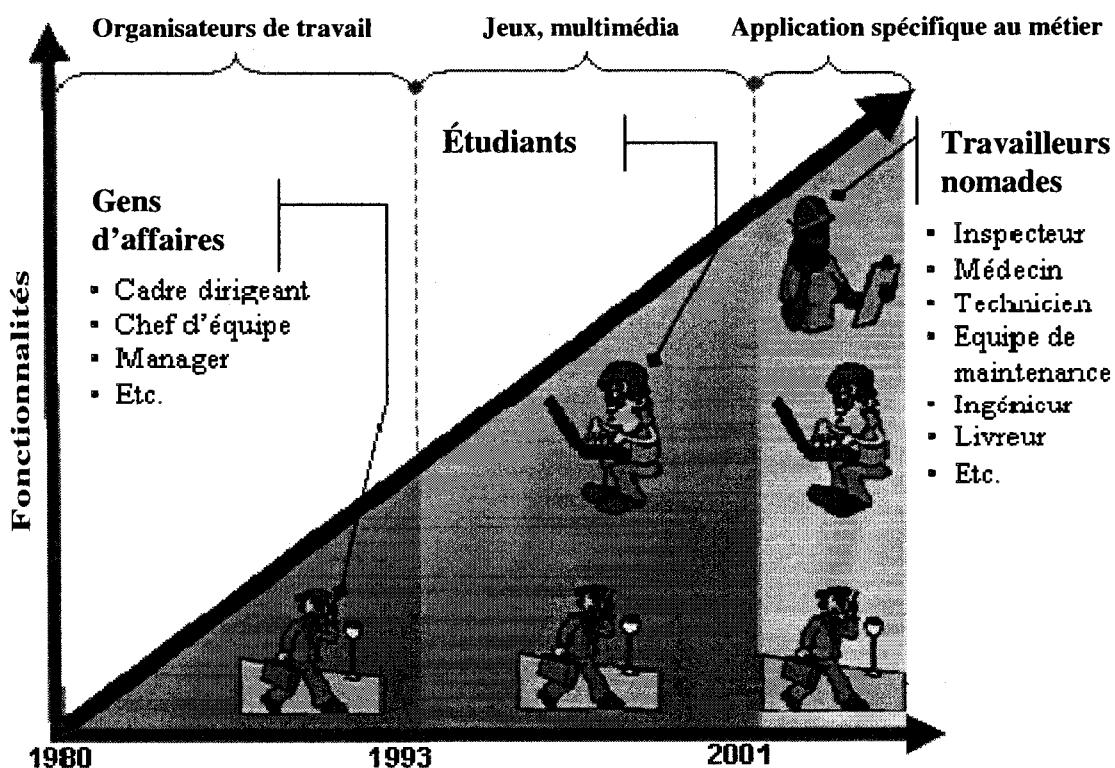


Figure 1.1 : L'évolution des utilisateurs de terminaux mobiles dans le temps

Au début, selon Schmidt (CESMO, 2004), la demande émanait plutôt des gens d'affaires soucieux d'organiser leur temps promptement. Avec l'évolution des fonctionnalités des terminaux mobiles, d'autres utilisateurs ont commencé à s'y intéresser. En effet, les fabricants ont ciblé une clientèle plus jeune dont le pouvoir d'achat s'était accru. Le but était de séduire de nouveaux utilisateurs potentiels en modifiant l'aspect austère et classique des premiers organisateurs et en proposant davantage de fonctionnalités (ex. : multimédia, application, accès sans fil, etc.). Le fait de pouvoir écouter de la musique ou jouer à des jeux sur ces terminaux visait en particulier à subjuger les jeunes. Avec l'apparition des écrans tactiles et de la

reconnaissance de formes, d'autres utilisateurs ont été attirés par le produit. Ces deux nouveaux modes d'interaction n'ont pas désavantagé les gauchers et ont plu aux personnes qui avaient des difficultés avec les premiers claviers physiques ou virtuels intégrés aux terminaux. Les tâches à réaliser étant élémentaires et non nécessairement liées à des activités professionnelles, la terminologie employée dans les interfaces de ces systèmes est simple et compréhensible pour la grande majorité des utilisateurs. Ce type de terminaux visait surtout les étudiants. Depuis l'évolution de la communication sans fil, une autre catégorie d'utilisateurs a vu le jour : celles des travailleurs nomades.

De nos jours, les deux catégories d'utilisateurs les mieux équipés de terminaux mobiles sont les cadres dirigeants et le personnel commercial. La véritable valeur ajoutée d'une stratégie liée à la mobilité réside dans la capacité des travailleurs nomades de disposer, en temps réel et en tout lieu des informations, des données et des solutions informatiques (Baffoun & Robert, 2008). Parmi ces solutions informatiques, nous trouvons les formulaires électroniques qui sont les plus fréquemment demandés.

Les formulaires papier sont encore très répandus dans les entreprises mais ils sont de plus en plus remplacés par des formulaires électroniques qui permettent d'éliminer la ressaissie des données, tout en facilitant le stockage et le traitement de données et en rendant celles-ci disponibles en tout temps et en tout lieu. De plus en plus de personnes doivent recueillir des données ou consulter des informations (ex. : liste de prix, libellé d'un règlement) en dehors du cadre traditionnel de leur bureau, et ce souvent dans des situations de mobilité. On peut penser ici aux inspecteurs, aux différents

intervenants sur les chantiers de construction, aux livreurs, aux vendeurs, etc. Afin d'accélérer et faciliter la collecte de données sur le terrain, les formulaires électroniques sont devenus le substitut inéluctable des formulaires papier, et les PDAs (personnel digital assistant – assistant numérique personnel) l'outil de prédilection des travailleurs nomades.

Les PDAs semblent un choix tout désigné parmi les terminaux mobiles disponibles sur le marché pour plusieurs raisons : leur taille et leur poids les rendent faciles à transporter et à manipuler, ils ont de grandes capacités de mémoire et de calcul, l'autonomie des batteries permet de les utiliser durant plusieurs heures sans recharge et ils peuvent être branchés à un réseau sans fil. Cependant, malgré le degré d'avancement technologique remarquable des PDAs, il existe toujours de sérieuses contraintes d'espace écran pour la saisie de données et l'affichage d'informations. Ces contraintes posent inévitablement des limites dans la conception des interfaces, et plus particulièrement des formulaires électroniques.

Deux grands défis inter-reliés se posent dans la conception de l'interface-utilisateur des PDAs : offrir des techniques efficaces et conviviales de saisie des données et d'interaction avec le PDA d'une part, et la présentation d'information d'autre part qui sont adaptées aux exigences d'utilisateurs mobiles et à la taille réduite de ce type de terminal. Dans la thèse, nous allons nous intéresser aux techniques de présentation d'informations sous forme de formulaires sur PDA.

1.4 Structure de la thèse

La thèse est structurée comme suit :

Après l'introduction, la thèse se divise en trois parties. La première partie comprend trois chapitres qui représentent chacun une revue de littérature sur des sujets relatifs aux PDAs. Le chapitre 2 porte sur les différents types d'applications mobiles, notamment les formulaires électroniques. Nous avons analysé les règles ergonomiques de conception de formulaires électroniques et les défis de conception qui se posent. Le chapitre 3 traite des techniques d'interaction et de saisie de données sur PDAs. Même si les techniques de saisie ne sont pas au cœur de cette thèse, il nous a semblé pertinent de les aborder afin de présenter les PDAs au lecteur. Le chapitre 4 est consacré aux techniques de présentation d'informations sur PDAs et aux limites de l'espace écran. Ce chapitre nous a amenés à concevoir deux nouveaux modèles de présentation de formulaires électroniques qui exploitent les deux techniques de présentation : le flip zooming et l'arborescence.

La deuxième partie comprend quatre chapitres. Le chapitre 5 présente une étude empirique sur le travail des inspecteurs dans quatre domaines : tourisme, bâtiment, transport et alimentation. Le but était de comprendre l'environnement de travail de ces travailleurs nomades et de cerner leurs besoins et leurs attentes par rapport à l'utilisation de formulaires sur PDA. Le chapitre 6 présente une deuxième étude empirique sur des nombreux formulaires papier utilisés par les inspecteurs et à l'École Polytechnique de

Montréal. Le but était d'identifier les différentes composantes des formulaires et leurs structures afin de comprendre la complexité et l'enjeu de convertir un formulaire papier en un formulaire électronique sur écran de petite taille. Parmi les différents formulaires de l'École Polytechnique nous avons pu extraire trois types de formulaires : court, intermédiaire et long qui sont nécessaires plus loin dans la thèse. Les résultats de ces deux études nous ont conduits à proposer deux nouveaux modèles de présentation de formulaire (flip zooming et arborescence) sur PDA et de soulever la problématique décrite au chapitre 7. Ce dernier est consacré à la problématique de la conception des formulaires électroniques pour des petits écrans de PDA. Nous expliquons les raisons qui nous ont poussés à concevoir et développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires électroniques, mentionnés ci-dessus. Nous exposons ensuite les raisons qui nous ont incités à comparer les deux nouveaux modèles aux deux modèles standards (barre de défilement et menu) en fonction de trois niveaux de longueur² des formulaires (court, intermédiaire et long). Le chapitre 8 présente les étapes de conception et de développement des quatre modèles de présentation de formulaire sur PDA.

La troisième partie comporte deux chapitres. Le chapitre 9 présente une étude expérimentale sur la mesure du temps moyen de déplacement du stylet entre deux points à l'écran du PDA. Les résultats de cette étude étaient nécessaires pour établir les meilleurs niveaux de performance pouvant être atteints avec chaque modèle de

² La longueur n'est autre que la somme des nombre de sections et le nombre de composantes que forme le formulaire. En d'autre terme, c'est la longueur du formulaire. C'est en fonction de la valeur de la longueur que nous avons déduit, un formulaire dit court, un formulaire dit intermédiaire et un formulaire dit long.

présentation de formulaire sur PDA. Le chapitre 10 présente une étude expérimentale servant à comparer les quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA, pour trois types de formulaires (court, intermédiaire et long) par rapport au temps de recherche d'informations et à la satisfaction des utilisateurs.

Le chapitre 11 présente la conclusion de la thèse. Nous synthétisons les principaux résultats obtenus et montrons en quoi ils permettent de faire avancer les connaissances scientifiques. Nous présentons plusieurs lignes directrices pour la conception de formulaires sur PDA. Nous proposons aussi quelques avenues de recherche prometteuses sur la présentation d'informations sur des PDAs.

Partie I :

Revue de littérature

■ *Chapitre 2 : Les applications mobiles : le cas des formulaires*

électroniques

■ *Chapitre 3 : Les assistants numériques personnels*

■ *Chapitre 4 : Les techniques de présentation d'informations*

pour les assistants numériques personnels

CHAPITRE 2 : LES APPLICATIONS MOBILES : LE CAS DES FORMULAIRES ÉLECTRONIQUES

Ce chapitre est divisé en deux sections. La première présente une classification des applications mobiles et la seconde s'intéresse à l'une de ces applications, soit les formulaires électroniques.

2.1 Introduction

Grâce à la prolifération de la population professionnelle mobile, l'accès distant au système d'informations de l'organisation ou à une partie de celui-ci est devenu d'ores et déjà une réalité et une nécessité pour une partie de la population de l'organisation (Vidal, 2001). La mobilité n'est plus réservée à une élite dirigeante, à des forces commerciales de luxe ou au domaine du transport et de la logistique, elle devient disponible et pertinente pour de nombreuses catégories de personnels et dans des secteurs d'activités variés. L'intégration d'une architecture mobile au sein d'un système de communication d'organisation semble devenir un des grands chantiers depuis les années 2000 comme le fut l'adoption de l'informatique dans les années 80 ou la généralisation des systèmes d'informations dans les années 90.

Si on interroge l'ensemble des entreprises, on se rendra compte que ces dernières n'autorisent l'accès distant qu'à certaines de leurs applications et que cet accès se fait généralement via une connexion fixe de type RTC/RNIS, ADSL, ou autre. De plus, peu d'entreprises permettent l'accès aux applications en mode distant via un réseau sans fil (Bahloul, 2003). Cette faiblesse s'explique par le caractère encore émergent des technologies Wireless et surtout la lenteur au niveau des débits des réseaux de transmission. Ces derniers sont encore peu adaptés aux besoins d'accès des populations mobiles au système d'informations de l'entreprise et ne couvrent pas l'ensemble des territoires.

2.2 Classification des applications mobiles

Selon (Pierre, 2003), le concept d'application mobile se résume à un programme informatique qui réside sur un serveur d'application ou qui s'étend sur une flotte de terminaux mobiles autonomes, permettant ainsi à une même information de pouvoir être consultée de n'importe où, n'importe quand et sur n'importe quel type de périphérique. Il distingue deux modes de communication : connecté et déconnecté.

La figure 2.1 présente une classification des applications mobiles (Baffoun & Robert, 2006). Pour le mode connecté, le besoin en échange d'informations nécessite un accès permanent (en temps réel ou quasi temps réel) avec le système d'informations de l'organisation. Les applications fonctionnent en temps réel en mettant à contribution l'Internet mobile pour établir une connexion avec le serveur central de l'organisation.

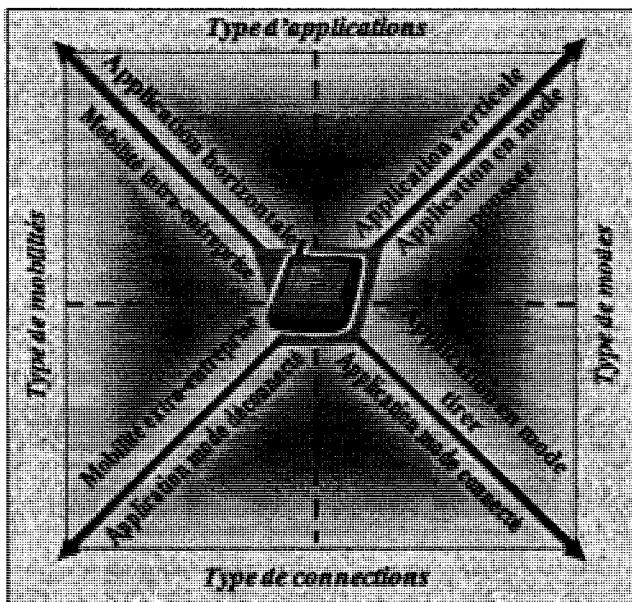


Figure 2.1 : Classification des applications mobiles

Pour ce qui concerne le mode déconnecté (appelé aussi mode synchronisé), le besoin d'accès à distance à l'information ne nécessite pas d'accès permanent au système d'informations et aux bases de données. Les applications fonctionnent de manière autonome. Les informations sont mises à jour à chaque connexion au système d'informations de n'importe quel endroit où le réseau le permet. Ces deux modes ne sont pas exclusifs l'un de l'autre et un mode mixte doit être disponible pour offrir les services attendus. Ce type d'application représente bien plus que la simple synchronisation ponctuelle de données mobiles avec un site central. Il se définit surtout par l'utilisation d'applications pouvant passer à volonté d'un mode connecté à Internet à un mode autonome, tout en gardant la même interface. Ce mode mixte peut être réalisé grâce à des applications Web mobiles à même de fonctionner alternativement dans l'un ou l'autre mode, mais également grâce à des applications mobiles mêlant de manière

simultanée le mode connecté et le mode déconnecté. L'utilisation d'une application embarquée peut remédier à certains problèmes de connexion en permettant l'envoi et la réception d'informations seulement lorsque la couverture du réseau le permet. Dans la suite de cette thèse, nous allons seulement nous intéresser aux applications embarquées sur PDA, qui présentent des formulaires électroniques, et non pas aux sites Web accessibles par le réseau Internet via la communication sans fil.

Les applications mobiles se divisent aussi en deux grandes classes : horizontales et verticales. Les applications horizontales sont des applications fonctionnelles, liées aux tâches classiques de l'organisation comme la messagerie électronique, le collecticiel (agenda/calendrier, contacts, tâches, etc.), les services d'informations et l'accès à un portail Intranet. Ce sont des applications indépendantes du domaine d'activité. Les logiciels dits horizontaux de type bureautique (messagerie, annuaires, pages jaunes, etc.) sont aujourd'hui dotés d'interfaces de communication avec des terminaux mobiles, permettant de gérer les spécifications de visualisation restreinte des terminaux et de gérer les dialogues client-serveur par accès distants. De tels services et applications offriront l'accès aux bases de données de n'importe où et à n'importe quel moment.

Les applications verticales³ ont été conçues pour répondre aux besoins très spécifiques d'une main d'œuvre mobile. L'évolution de ces applications métiers repose

³ Exemples d'applications verticales : liste des prix, disponibilité des produits, progiciels d'entreprises (ERP) (accès aux informations financières, gestion de projets, notes de frais, formulaires d'inspection, etc.), historiques clients, applications de géo-localisation (gestion de flottes, recherche d'un itinéraire, trafic routier, etc.).

sur le savoir-faire de développeurs et d'intégrateurs, de plus en plus nombreux à développer ce type d'expertise nécessaire à la mise en œuvre de solutions mobiles. On constate que 80% des entreprises développent essentiellement des applications horizontales à l'environnement mobile tandis que seulement 15% des entreprises développent des applications métiers mobiles. La principale raison réside dans le fait que la conception de ces dernières est complexe surtout à cause des limites de présentation de l'information sur les écrans de petite taille des terminaux mobiles (CESMO, 2004).

Il y a deux types de mobilité dans les entreprises : intra-entreprise (ou restreinte) et extra-entreprise (ou étendue) (Vidal, 2001). La première concerne l'ensemble des personnes habituées à se déplacer au sein de leur milieu de travail, que ce soit sur un même site ou dans différentes filiales. Dans ce cas, l'offre de mobilité adaptée est restreinte aux locaux de l'organisation ou limitée à des connexions intermittentes en certains lieux. Cette mobilité concerne, par exemple, les techniciens dans les usines, les cadres en salles de réunion, le personnel soignant dans les hôpitaux, ou encore les enseignants dans des établissements scolaires. La mobilité extra-entreprise concerne les personnes qui se déplacent en dehors de leur entreprise. Ce sont les cadres et le personnel commercial en déplacement, les techniciens des services après vente ou encore les inspecteurs (CESMO, 2004).

Nous pouvons aussi distinguer deux modes d'applications : le mode tirer (*pull*) et le mode pousser (*push*). Les premières regroupent les applications que l'utilisateur sollicite lorsqu'il recherche une information spécifique. Les secondes sont envoyées par

le système d'informations de l'entreprise vers l'utilisateur, sans que ce dernier ne les demande, par notification spontanée ou alerte générée par des critères prédéfinis.

Cette diversité dans les applications mobiles a des impacts concrets sur la conception d'interfaces pour les PDAs et le choix de ce qui est présenté. Par exemple, s'il s'agit de mobilité intra-entreprise, l'utilisation d'une grande bande passante est alors généralement possible, et celle-ci peut faciliter l'envoi ou la réception de grandes quantités d'informations (ex. : image, texte, son, séquence vidéo, etc.). S'il s'agit de mobilité extra-entreprise, l'utilisation du clavier physique ou virtuel pour saisir des données va être évitée car ces dispositifs ne sont pas adaptés au contexte de mobilité et dans cette situation l'utilisateur est souvent pressé. Pour ce qui est du mode de connexion, il faut s'assurer que l'utilisateur est toujours bien informé du mode dans lequel le système se trouve pour éviter les pertes d'informations s'il tente d'envoyer des données en étant en mode déconnecté.

De même, il faut toujours l'assurer du bon déroulement de l'envoi ou de la réception d'informations. Par exemple, lorsque l'utilisateur veut accéder au réseau Internet, l'interface doit afficher les limites de la bande passante et indiquer si on est en mode connecté. Pour ce qui est des applications horizontales, il est souhaitable que les interfaces de PDA soient cohérentes avec celles utilisées sur PC, afin de réduire le temps d'apprentissage et d'augmenter la performance des utilisateurs. Enfin, dans les situations où on est en mode pousser, il faudra prévoir un moyen (ex. : par sonnerie, afficheur

lumineux, vibrer, etc.) d'informer l'utilisateur de la réception d'informations en fonction du contexte dans lequel il se trouve.

Dans cette thèse, nous nous intéressons plus particulièrement aux formulaires électroniques qui constituent une des applications mobiles qui peut être exploitée sur un PDA. Un formulaire électronique peut être considéré comme une application embarquée ou peut être accessible en ligne. Il existe des formulaires électroniques de type horizontal ou vertical. Nous pouvons utiliser un formulaire électronique en mode connecté comme en mode déconnecté. Les formulaires peuvent être utilisés à l'intérieur de l'organisation ou à l'extérieur. La section qui suit présente les composantes et les caractéristiques des formulaires électroniques.

2.3 Les formulaires électroniques

Depuis quelques années, plusieurs organisations s'intéressent aux formulaires électroniques. L'évolution rapide du réseau Internet a été l'un des facteurs qui a permis leur émergence. Il est devenu possible d'utiliser un formulaire électronique sans l'avoir sur son ordinateur. Si on prend l'exemple du Québec, plusieurs organisations ont déjà entamé la transformation de leurs formulaires papier en formulaires électroniques et les diffusent sur Internet. Le Ministère de Revenu du Québec (MRQ) a été parmi les premiers à miser sur les avantages des formulaires électroniques. Selon (SCTQ, 2001), en l'an 2000, sur les 470 formulaires du MRQ, 89% étaient accessibles par Internet. Parmi ces formulaires, 58% pouvaient être téléchargés sous format PDF et 42% étaient

accessibles sous forme interactive. Tous ces formulaires ont eu du succès auprès des citoyens pour plusieurs raisons :

- rapidité de l'opération de saisie et moins de risques d'erreurs lors de la reconnaissance des caractères manuscrits des formulaires papier ;
- automatisation des calculs, ce qui permet de gagner énormément de temps et d'énergie ;
- économie du temps lorsqu'on veut effectuer des corrections (on n'est pas obligé de tout saisir) ;
- gain de temps dans le traitement des demandes : les formulaires complétés sont directement envoyés au serveur - absence d'intermédiaire entre l'émetteur du formulaire et le système d'informations du MRQ.

Depuis leur apparition, les formulaires électroniques n'ont cessé de jouir de certains avantages par rapport aux autres styles d'interaction (Schneiderman, 1998). En effet, les formulaires sont auto-explicatifs dans la mesure où ce que l'on doit faire (la sémantique) et comment le faire (la syntaxe) sont explicites. Avec les formulaires, les utilisateurs n'ont pas besoin d'un certain apprentissage préalable à l'interaction. Celle-ci s'appuie sur la reconnaissance plutôt que sur le rappel de la sémantique et de la syntaxe.

De ce fait, les formulaires électroniques sont adaptés à des utilisateurs grand public. Ils sont considérés comme des instruments de collecte structurée de données et un élément de communication de masse. La simplicité et la cohérence des formulaires ainsi que la qualité de la gestion du dialogue et des erreurs n'ont cessé de constituer les critères

essentiels pour la réalisation de formulaires électroniques efficaces à la fois sur le Web et pour les applications embarquées sur les ordinateurs de bureau (Mayhew, 1992).

Les formulaires électroniques sont utilisés généralement pour la gestion et l'interrogation de bases de données. Ils constituent la partie visible de l'interaction entre un utilisateur et le système de l'entreprise. Un formulaire électronique de bonne qualité permet à l'utilisateur de savoir précisément quelle information il doit saisir et le cas échéant, comment saisir cette dernière dans les champs appropriés. Les formulaires fournissent un contexte qui permet d'expliciter la signification de chacun des intitulés qui existent sur l'interface. Ces intitulés ou libellés vont permettre de guider la saisie d'informations dans les champs spécifiques. Ils font partie de l'ensemble des composantes des formulaires électroniques (Schneiderman, 1998) que nous avons présentées sur la figure 2.2.

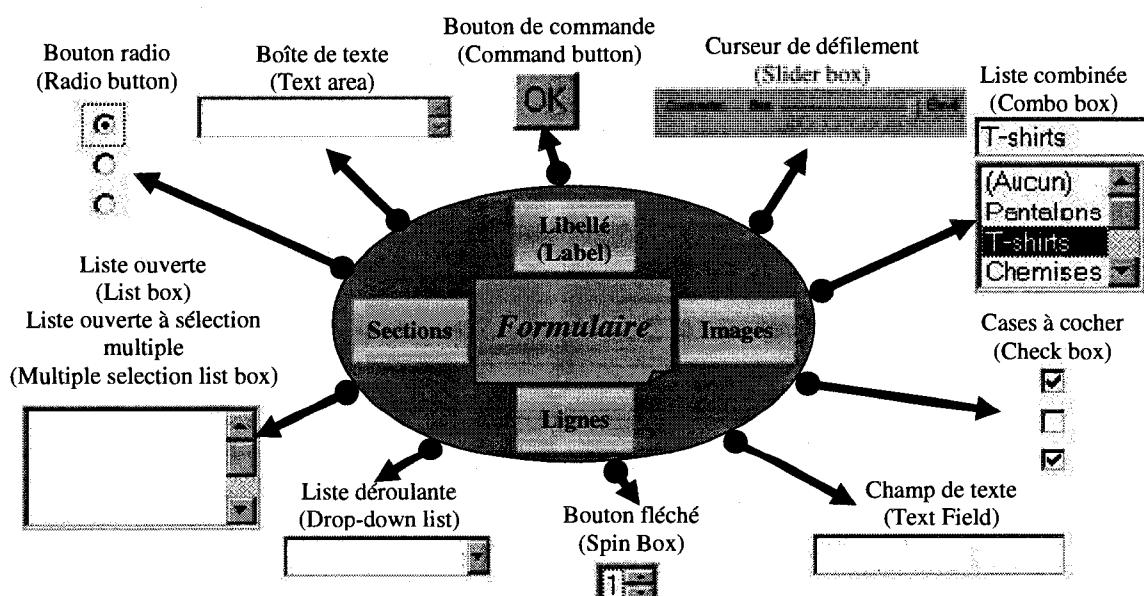


Figure 2.2 : Les composantes de formulaires

Plusieurs nomenclatures ont été utilisées pour désigner ces éléments (objet graphique, Widget, objet de contrôle, objet de commande). Pour éviter l'utilisation de termes multiples, nous nous contenterons, dans la suite de cette thèse, d'employer le mot « composantes » pour désigner les éléments formant l'interface et en particulier l'interface de formulaire électronique. Une composante est formée d'un libellé et de l'objet (champ texte, case à cocher, liste déroulante, etc.). Le tableau 2.1 (Millerand & Martial, 2001) présente l'ensemble des composantes des formulaires et leurs caractéristiques.

Tableau 2.1 : Les caractéristiques des composantes des formulaires électroniques

Les composantes	Les caractéristiques
<i>Les sections</i>	Un formulaire peut être décomposé en une ou plusieurs sections. Ce choix dépend de la nature du formulaire et du contexte de remplissage des données. Les sections sont généralement un indicateur de groupement. Les composantes qui font partie d'une même section sont remplies en même temps.
<i>Les lignes</i>	Une section peut être divisée en plusieurs lignes et chaque ligne est composée d'une ou plusieurs composantes. Ceci dépend énormément de la largeur de la page d'écran.
<i>Les images</i>	Un formulaire peut contenir des images afin d'expliciter le sens de certaines composantes. Par exemple pour un besoin d'identification, certains concepteurs affichent le sigle de la compagnie en haut du formulaire.
<i>Les boîtes de texte</i>	Elles ont les mêmes rôles que les champs de texte, par contre il est possible d'écrire plusieurs lignes texte dans la boîte. Dans le jargon de programmation, elles sont appelées : mémos.
<i>Les curseurs de défilement</i>	Ils permettent d'incrémenter ou décrémenter une valeur existante.

Tableau 2.1 : Les caractéristiques des composantes des formulaires électroniques (suite)

Les composantes	Les caractéristiques
<i>Les boutons fléchés</i>	Ils permettent d'incrémenter ou décrémenter une valeur pour en sélectionner une. Le défilement des valeurs se fait avec les boutons de navigation de défilement. Il est possible de taper directement la valeur voulue.
<i>Les cases à cocher</i>	Elles permettent d'activer (électionner) ou de désactiver un ou plusieurs items. Elles sont appropriées lorsque le nombre d'items est inférieur à dix (Millerand & Martial, 2001). Les cases à cocher peuvent être présentées seules ou en groupe. Lorsqu'elles sont en groupe, les choix qu'elles proposent ne sont pas exclusifs.
<i>Les listes ouvertes/listes ouvertes à sélection multiple</i>	Les listes ouvertes sont utilisées pour sélectionner un ou plusieurs items dans une liste ordonnée. À un instant t, un ensemble d'items est affiché en même temps.
<i>Les listes combinées</i>	Elles sont utilisées pour entrer un élément dans une zone de texte et/ou pour le sélectionner directement dans la liste. On peut combiner deux listes : une liste qui contient des éléments et l'autre vide, et au moyen des boutons de commandes, le passage d'éléments d'une liste à une autre peut être autorisé.
<i>Les listes déroulantes</i>	Elles permettent de sélectionner un élément parmi plusieurs (un seul choix possible) avec un libellé visible. Ce dernier est soit un intitulé du champ, soit la première option de la liste, soit une option sélectionnée par défaut. Ce type d'élément d'interface permet de proposer un grand nombre d'options sans perdre beaucoup de place à l'écran. Comme un seul élément est visible, ceci peut poser des problèmes dans la mesure où l'utilisateur doit lister les items successivement et se souvenir des premiers items qu'il a vus. Ils conviennent dans le cas d'un domaine connu ou lorsque le nombre de choix est limité, ou encore lorsque la probabilité est forte que l'élément par défaut soit choisi par la grande majorité des utilisateurs.
<i>Les libellés</i>	Ce sont les textes qui décrivent le sens des composantes. Il est possible que le libellé soit affiché sur le formulaire sans pour autant être affecté à une composante, par exemple : titre, aide, indication, etc.

Tableau 2.1 : Les caractéristiques des composantes des formulaires électroniques

(suite et fin)

Les composantes	Les caractéristiques
<i>Les champs de texte</i>	<p>Ils sont utilisés pour entrer un seul élément ou une seule ligne de texte. Lors de la conception, il faut spécifier le nombre de caractères, la longueur de la ligne et les types de données qui peuvent y être entrés. Le champ texte ne peut accepter qu'une seule ligne de texte.</p>
<i>Les boutons de commandes</i>	<p>Ils permettent de déclencher une action. Les actions les plus connues sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • valider un choix ou une entrée d'information ; • envoyer un formulaire ; • lancer une requête ; • annuler une ou plusieurs entrées d'information ; • afficher une page suivante ou précédente. <p>La signification des boutons est exprimée par les libellés qui sont affichés sur les boutons.</p>
<i>Les boutons radio</i>	<p>Ils permettent une sélection unique. Ce sont de boutons exclusifs, fonctionnant sur le mode « On-Off ». Ils servent surtout pour présenter des réponses alternatives à une question. L'utilisation des boutons radio est appropriée lorsque le nombre d'items ne dépasse pas six (Millerand & Martial, 2001). Un bouton est sélectionné souvent par défaut parmi la liste des items. Doit être sélectionnée par défaut l'option la plus fréquemment choisie ou que l'on suppose la plus appropriée en fonction d'une analyse de la tâche.</p>

Un formulaire électronique peut être identifié entre autres par son modèle de présentation. Ce dernier dépend de la technique utilisée pour la navigation, des composantes du formulaire ainsi que des règles ergonomiques utilisées pour afficher les composantes. La figure 2.3 présente les composantes formant le modèle de présentation de formulaire électronique.

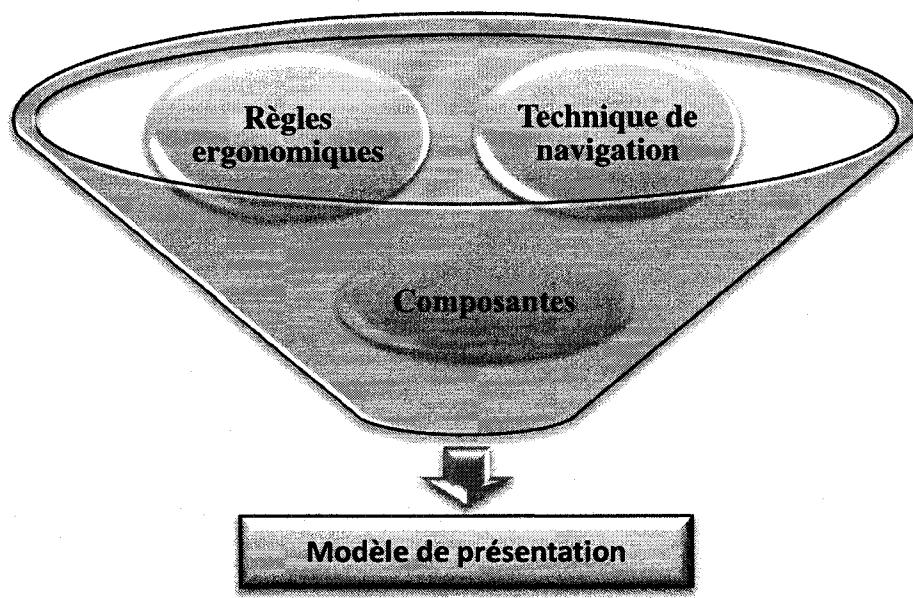


Figure 2.3 : Les composantes d'un modèle de présentation d'un formulaire électronique

Selon certains auteurs (Schneiderman, 1998; ISO, 1998 et Mayhew, 1992), il existe deux modèles de présentation de formulaires électroniques pour PC. Le premier modèle, connu sous le nom de page unique, est utilisé lorsqu'il n'y a pas un ordre bien déterminé pour saisir les données. Tout le contenu du formulaire est mis sur une seule page et c'est grâce à la barre de défilement que l'utilisateur peut naviguer à travers l'interface du formulaire électronique.

Le deuxième modèle, connu sous le nom de « Wizard » en référence au caractère assisté du remplissage du formulaire, est basé sur le principe du guidage de l'utilisateur par le système à travers plusieurs étapes jusqu'à ce que l'utilisateur ait rempli toutes les sections nécessaires. Ce modèle de présentation est considéré efficace avec les petits écrans, puisque c'est le système qui se charge de présenter ce qu'il faut remplir à un instant donné. Le tableau 2.4 présente les avantages et les inconvénients de ces deux modèles de présentation de formulaires.

Tableau 2.2 : Avantages et inconvénients des deux modèles de présentation de formulaires électroniques

Modèle page unique	Modèle wizard (assistant)
<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rapidité d'exécution de la tâche • Vue d'ensemble sur le contenu du formulaire 	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplicité de chacune des pages • Gestion des erreurs simplifiée • Gestion de dépendances entre champs
<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Complexité de la navigation (problème avec la barre de défilement) • Gestion de dépendances entre les champs 	<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lenteur d'exécution de la tâche • Difficulté à juger la durée du remplissage de l'information • Difficile d'avoir une vue d'ensemble rapide du formulaire

Le modèle Wizard est utilisé généralement lorsque les données doivent être saisies dans un ordre prédéterminé. Dans les tâches d'inspection par exemple, les utilisateurs ne peuvent pas être guidés lors de la saisie de données car l'ordre dans lequel celles-ci sont saisies dépend du lieu où ils se trouvent. Les composantes, dans ce cas, ne

peuvent donc pas être affichées dans un ordre précis. De même, le modèle page unique ne semble pas adéquat pour les longs formulaires présentés sur des terminaux mobiles à petit écran car il faudrait constamment utiliser la barre de défilement.

Dans le cas des PDAs, deux modèles de présentation de formulaires électroniques sont présentement utilisés : barre de défilement et menu. Le premier consiste à représenter tout le contenu du formulaire sur l'écran et à utiliser les barres de défilement pour naviguer à travers ce formulaire. Le deuxième consiste à ne pas dépasser une page d'écran et à utiliser le menu pour se déplacer d'une section à d'autre du formulaire sans pour autant utiliser les barres de défilement. Les formulaires électroniques Web ou ceux des applications embarquées sont de trois types. Les premiers, appelés formulaires d'entrée, servent uniquement à entrer des données. Puis les formulaires d'entrée-sortie sont surtout utilisés pour mettre à jour des données existantes. Enfin, les formulaires de sortie servent seulement à afficher des informations. Dans notre thèse, nous nous intéresserons au deuxième type : les formulaires d'entrée-sortie.

Le type de formulaire utilisé influe grandement sur l'organisation visuelle du formulaire. L'une des tâches les plus importantes lors de la conception d'un formulaire consiste à rendre l'interface la plus claire et la plus lisible possible en groupant et en ordonnant les composantes du formulaire. Il existe plusieurs recommandations ergonomiques pour la conception des formulaires électroniques sur PC (Bastien, Leulier, & Scapin, 1998; Millerand & Martial, 2001; ISO, 1998; Schneiderman, 1998; et

Mayhew, 1992). Celles-ci peuvent être appliquées directement, adaptées ou améliorées pour les formulaires sur les écrans des terminaux mobiles et en particulier les PDAs. Voici plusieurs recommandations qui pourront nous servir pour la suite du projet :

- ***Titre*** : la page d'accueil du formulaire doit avoir un titre généralement placé en haut, afin de donner un sens au formulaire. Il est important que le titre soit cohérent avec le contenu (ISO, 1998).
- ***La densité d'affichage du formulaire*** : il faut limiter la densité des informations textuelles affichées dans les dialogues servant au remplissage du formulaire. Dans la plupart des applications, une limite égale à 40% de la densité globale, sur la base du pourcentage d'informations textuelles affichées par rapport à l'espace total disponible, est recommandée (ISO, 1998).
- Dans le cas des utilisateurs occasionnels ou intermittents, il convient de fournir des instructions à l'écran, ou de les rendre facilement accessibles par l'intermédiaire d'un fichier d'aide, afin de faciliter la navigation, le remplissage, la sauvegarde et la transmission du formulaire (ISO, 1998).
- ***Document source sous forme papier*** : dans le cas où un document papier est utilisé comme source d'entrée, la structure de l'information affichée sur l'écran doit être cohérente par rapport à la structure du document source (les mêmes regroupements, unités de valeurs, etc.) (ISO, 1998).
- ***Absence de document source*** : dans le cas où le remplissage de formulaires ne se fait pas à partir d'un document source, les composantes du formulaire

d'entrée devraient être regroupées par fonction, par importance, ou selon la séquence de saisie des données. Si les données sont fournies par un client (ex. : sur un questionnaire), la séquence peut dépendre des besoins du client (ISO, 1998).

- ***Composantes obligatoires et composantes optionnelles :*** si le formulaire contient à la fois des composantes obligatoires et des composantes optionnelles appartenant à un groupe logique ou fonctionnel, il est important que les composantes obligatoires soient placées en premier, à moins qu'une telle disposition soit inappropriée pour la tâche de l'utilisateur. Établir l'ordre de tabulation qui permet de transiter entre les composantes obligatoires avant de passer aux composantes optionnelles peut s'avérer approprié (Millerand & Martial, 2001).
- ***Groupement et ordonnancement des composantes de formulaires :*** les groupes doivent être conçus en fonction des caractéristiques de la tâche. Les composantes doivent être regroupées en fonction de la nature sémantique des éléments, par exemple, les composantes qui forment une même section ou sous-section. Les groupes seront conçus généralement selon :
 - la séquence d'utilisation logique ;
 - la fréquence d'utilisation ;
 - et/ou l'importance relative.

- ***Alignement des composantes et des libellés :*** pour optimiser l'organisation visuelle d'un formulaire et faciliter la lecture, l'alignement et les libellés des composantes sont importants. Les avantages d'un alignement à gauche de libellés sont essentiellement liés à la facilité de lecture. Il est beaucoup plus facile de lire une liste de libellés alignés sur la gauche. Cependant, il n'est pas toujours recommandé d'aligner les libellés à gauche. L'alignement sera fait à gauche ou à droite en fonction de la taille des libellés.
 - ***Alignement à gauche vs à droite :*** les libellés sont alignés à gauche s'ils débutent tous au même endroit sur un repère horizontal. L'alignement à gauche se fait également lorsque le nombre de caractères séparant le libellé le plus long de celui le plus court ne dépasse pas 6 caractères (Mayhew, 1992). Dans le cas contraire, l'alignement se fait à droite. Lorsque les libellés du formulaire ont une longueur comparable, il est mieux de les aligner à gauche. Ceci facilite en effet la lecture.
 - ***Libellé dans le champ de texte :*** dans certains cas, le libellé peut être placé dans le champ texte et non juste avant, comme cela se fait naturellement, afin de gagner de l'espace à l'écran. Ce type d'interface est souvent réservé à des applications ou des fonctionnalités en mode expert. Cela permet d'accomplir rapidement les actions les plus fréquentes tout en prenant peu de place.

- **Rapidité d'exécution :** la rapidité d'exécution de la tâche par l'utilisateur est devenue une des préoccupations les plus importantes pour les concepteurs de formulaires électroniques (Schneiderman, 1998). Il existe plusieurs techniques pour limiter le temps de remplissage d'un formulaire :
 - *Pré-sélection d'options* : il s'agit de fournir des valeurs par défaut à l'utilisateur pour remplir le formulaire. Il s'agit des valeurs les plus fréquemment choisies. Cette pratique ne doit être appliquée que lorsque le choix par défaut est prédominant au moins pour 75% des utilisateurs (Mayhew, 1992).
 - *Faciliter la sélection des options les plus fréquentes* : afin d'accélérer la recherche et la sélection d'éléments dans une liste, il est possible de découper les menus, les listes déroulantes, les listes combinées, les listes ouvertes en sous-groupes. L'idée est d'afficher dans le premier groupe les éléments les plus fréquents (Mayhew, 1992).
 - *Faciliter le passage d'une composante à une autre* : il existe plusieurs façons d'accélérer le passage d'une composante à une autre pour remplir le formulaire. Pour les utilisateurs experts, ce passage peut être garanti en fournissant des raccourcis clavier pour accéder rapidement aux composantes. L'utilisation d'un clavier peut aussi permettre d'optimiser la sélection d'option (par exemple dans un menu déroulant). Le passage automatique d'une composante à une

autre peut être assuré par le système lorsqu'il détecte que l'utilisateur a validé son entrée en cliquant sur le bouton « Enter » du clavier. Parfois, cette détection peut se faire grâce aux contraintes de remplissage exigées par le concepteur, par exemple dans le cas où un nombre dont on connaît la taille, ou une date doit être tapé. La fin du remplissage est détectée par le système qui permet ainsi de passer automatiquement à la composante suivante (Schneiderman, 1998).

- ***Protection contre les erreurs :*** comme chacun le sait, il vaut mieux prévenir que guérir ; c'est pourquoi la gestion des erreurs dans un formulaire commence par la protection contre les erreurs. Il s'agit de tout mettre en œuvre pour ne pas induire l'utilisateur en erreur, et pour limiter les erreurs qu'il pourrait commettre. Plus le formulaire sera bien conçu, moins les utilisateurs risqueront de faire des erreurs (Mayhew, 1992). Il existe plusieurs façons de réduire les erreurs :
 - utiliser les composantes de sélection (liste, menu déroulant, cases à cochet, bouton radio) ;
 - donner la possibilité de confirmer les actions importantes;
 - les messages d'informations ou les consignes informent l'utilisateur des pièges potentiels à éviter (par exemple, indiquer que le mot de passe doit comprendre 6 caractères au minimum).

Bien que les études à l'origine de ces recommandations datent des années 80, ces dernières semblent toujours valides pour les affichages sur écran de PC. Or, avec l'évolution technologique et les enjeux de la mobilité, l'utilisation des formulaires électroniques sur des terminaux mobiles va devenir indispensable pour des utilisateurs nomades de plus en plus nombreux. Compte tenu des contraintes physiques des terminaux mobiles (taille réduite d'écran, bande passante limitée et dispositif d'interaction avec l'interface pas encore performant compte tenu du contexte de mobilité), la conception des formulaires électroniques devient assez complexe.

En effet, les règles ergonomiques présentées ci-dessus pour la conception de formulaires électroniques devant être utilisés sur des écrans de PC (ISO, 1998), font face à des défis spéciaux lorsqu'il est question des écrans de PDAs. Elles ont été développées pour les formulaires utilisés sur des PC sans tenir compte des caractéristiques du travail des utilisateurs nomades et des limites d'espace des écrans. Le chapitre qui suit va nous présenter les principales caractéristiques des PDAs ainsi que les techniques d'interaction et de saisies de données sur ces appareils.

CHAPITRE 3 : LES ASSISTANTS NUMÉRIQUES PERSONNELS

Ce chapitre est divisé en trois sections. La première section présente les principales caractéristiques des PDA ainsi que les techniques d'interaction que l'on y retrouve. La deuxième section porte sur les techniques de saisies de données. La troisième section expose les limites des PDAs.

3.1 Les assistants numériques personnels

3.1.1 Historique

Les PDAs sont de plus en plus utilisés dans les organisations où les applications ressemblent à celles qui tournent sur les PCs (Delotte, 2002). Ils étaient initialement perçus comme des gadgets se limitant à un agenda électronique. C'est Psion™ qui a lancé le premier concept de PDA au milieu des années 80. L'appareil était alors un peu plus grand qu'un paquet de cigarettes et offrait des fonctionnalités d'agenda, de carnet d'adresses, de calculatrice, etc. Ce n'était en fait qu'une calculatrice doublée d'un agenda. Le premier PDA fut le Newton de la compagnie Apple en 1993. À sa sortie, il était assez volumineux et plutôt cher. Il était l'un des premiers appareils grand public à

intégrer un écran tactile et la reconnaissance d'écriture. Cette innovation a été un fiasco à cause du système de reconnaissance d'écriture qui n'était pas assez performant. Les erreurs étaient fréquentes et la reconnaissance de l'écriture était pratiquement nulle pour les gauchers. De plus, son écran était tellement brillant qu'il lui a valu le surnom de « *miroir le plus cher du monde* » (Healey, 2000). Le succès espéré n'ayant pas eu lieu, Apple a dû renoncer à poursuivre ses efforts de développement. Ce fut cependant un premier pas important dans le développement des PDA. En 1995, US Robotics a mis en place le Palm Pilot, qui a été lancé sur le marché par Palm Computing en 1996 (Immler & Solomon, 2000). On y retrouvait toutes les fonctions classiques à savoir l'agenda, le calendrier, la liste des tâches et la synchronisation avec le PC. La grande nouveauté était la disparition du mini-clavier. L'entrée de données se faisait au moyen d'un stylet et l'appareil était muni d'un système de reconnaissance d'écriture utilisant l'alphabet simplifié appelé Graffiti⁴. La figure 3.1 présente l'ensemble des mouvements du stylet qui doivent être effectués sur la surface tactile de l'écran pour avoir les caractères voulus.

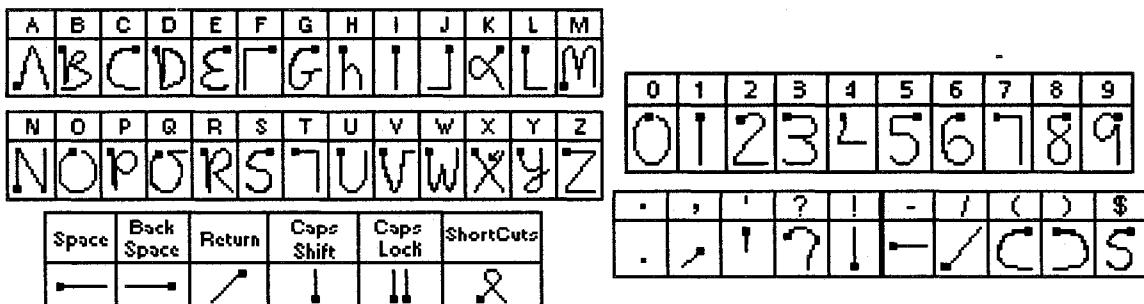


Figure 3.1 : L'alphabet Graffiti

⁴ Inventé par Jeff Hawkins (Poirier & Schadle, 2004), fondateur de Palm Computing, quelques années avant la sortie du premier PDA Palm. Il a été inspiré par les travaux de (Goldberg & Richardson, 1993). C'est un système de reconnaissance d'écriture que Palm a incorporé dans toutes ses gammes de produits.

Dès sa sortie sur le marché, le Palm Pilot affichait l'interface qu'on lui connaît encore aujourd'hui. Son écran de 160 x 160 pixels était un peu sombre, mais la compagnie continuait à investir dans les systèmes d'agenda, de répertoire et de mémos (Healey, 2000). Lors de sa sortie, la mémoire se limitait à 128 ou 512 Ko. Cette dernière sera doublée en 1997, année où le rétro-éclairage a vu le jour. En 1998, 3Com a redessiné le Palm Pro dont la mémoire a atteint 2 Mo. Il y a eu aussi l'entrée en scène du port infrarouge qui est devenu un standard. En 1999, le Palm III a pu se doter d'une mémoire de 4 Mo. En l'an 2000, le Palm IIIc a fait son entrée avec son écran couleur mais c'est le nouveau Palm IV, grâce à sa légèreté, son esthétique ainsi que sa batterie lithium ion, qui a pu enthousiasmer un grand public (Immler & Salomon, 2000). Même si Palm Computing a été parmi les premières à investir dans ce secteur, d'autres compagnies se sont aussi mises au développement de ce type d'appareils. En effet, le premier Psion Organizer de 1984 n'était pas un vrai PDA, mais 10 ans plus tard, il y a eu l'apparition de la Serie 3 qui donnera ensuite naissance à la Serie 5 basée sur le système d'exploitation EPOC (Healey, 2000).

Depuis quelques années, les concurrents de Palm tels que Handspring avec son Visior sous PalmOS et tous les fabricants de PocketPC qui fonctionnent sous le système d'exploitation Microsoft sont entrés dans la course (Canals, Nigay & Pucheral, 2002). Cette augmentation du nombre de types de PDA sur le marché s'est traduite par une diversité de ces derniers dans leurs caractéristiques techniques et les systèmes d'exploitation utilisés (Bahloul, 2003). Le rapport d'eTforecasts de 2005, prévoyait que

les ventes de PDAs seraient de 13,8 millions d'unités en 2006, 14,8 millions en 2008 et 15,9 millions en 2010 (eTForecasts, 2005).

3.1.2 De l'assistant numérique personnel à l'ordinateur de poche et au téléphone intelligent

Autrefois réservé à des hommes d'affaires soucieux d'organiser leur vie professionnelle, l'assistant numérique personnel est devenu aujourd'hui un outil de travail, de communication ou de loisir qui fait de plus en plus partie de notre vie quotidienne. C'est en grande partie grâce à l'évolution technologique (figure 3.2) que les assistants numériques personnels sont devenus des ordinateurs dits de poche utilisables n'importe où et n'importe quand.

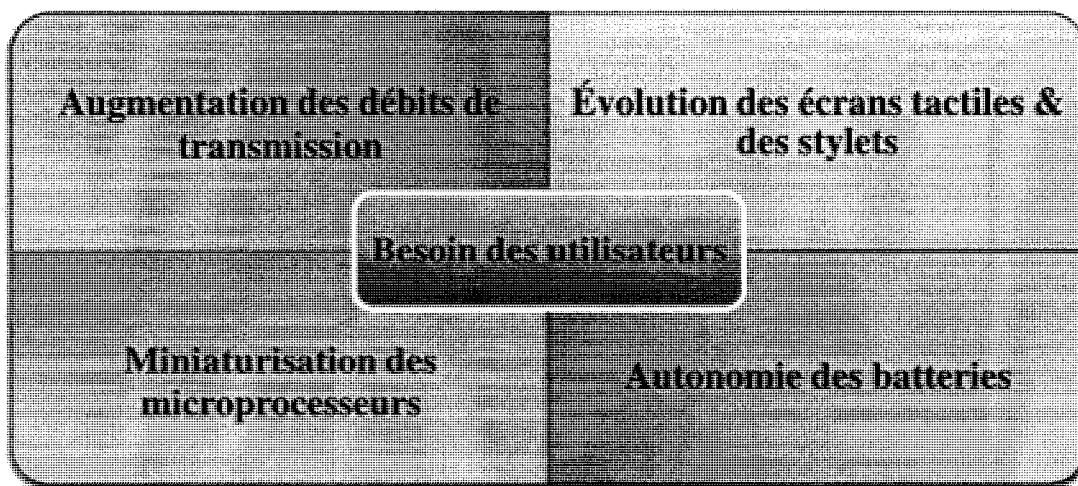


Figure 3.2 : Les facteurs ayant permis le développement du PDA

Le besoin humain est l'un des facteurs qui a permis l'accélération de ce développement. De plus en plus des travailleurs nomades se tournent vers ce genre

d'appareil pour recueillir les données sur le terrain via les formulaires électroniques. Le phénomène de mobilité, depuis son apparition, se manifeste à travers l'utilisation entre autres des téléphones cellulaires, des ordinateurs portables, des assistants numériques personnels (PDA), des baladeurs numériques et des consoles de jeux vidéo mobiles (ex. : Nintendo) et des ordinateurs portés (Plouznikoff, 2008).

Si on prend le cas du téléphone cellulaire, la très petite taille de son écran et de son clavier, sans compter sa faible puissance de calcul et son espace mémoire réduit, rendent son utilisation inadéquate pour des utilisateurs nomades ayant à saisir et à manipuler de bonnes quantités de données. Pour ce qui est des ordinateurs portables, leur poids assez imposant et leur taille les rendent difficiles à manipuler lorsqu'on est en déplacement. Leur temps de démarrage est assez lent de sorte qu'ils n'attirent que les utilisateurs nomades pouvant s'arrêter pour faire leurs tâches. Quant aux baladeurs numériques et aux consoles de jeux vidéo mobiles, ils sont adaptés et spécialisés dans le divertissement et ne sont pas appropriés pour des tâches qui sont spécifiques au travail de bureau. Pour ce qui est de l'ordinateur porté, même s'il semble très prometteur et très bien adapté au besoin de mobilité, il est au stade de prototype expérimental et il faut faire la preuve de sa pertinence et de son efficacité par rapport à d'autres terminaux mobiles.

En 14 ans, les PDAs sont passés d'un simple organisateur de travail à un ordinateur de poche. Ils ont été créés pour être des mini-ordinateurs légers, solides et autonomes. Ils se sont illustrés par le fait qu'ils permettent un démarrage rapide. Ils

disposent en général d'un véritable clavier et d'un Pocket Office renfermant un ensemble d'outils pour le traitement de texte (Word), les opérations de calcul (Excel), la prise de commandes, la saisie de commentaires ou de rapports de visite ou même la gestion de photos. Parmi les principaux fournisseurs, on peut trouver DAP technologies, iTronix, NEC, Nokia et Psion (Healey, 2000). Depuis quelques années, les téléphones cellulaires ont intégré les fonctionnalités des PDAs pour devenir des SmartPhones, connus sous le nom de téléphones intelligents. La figure 3.3 montre un exemple de PDA, de SmartPhone et d'ordinateur de poche.

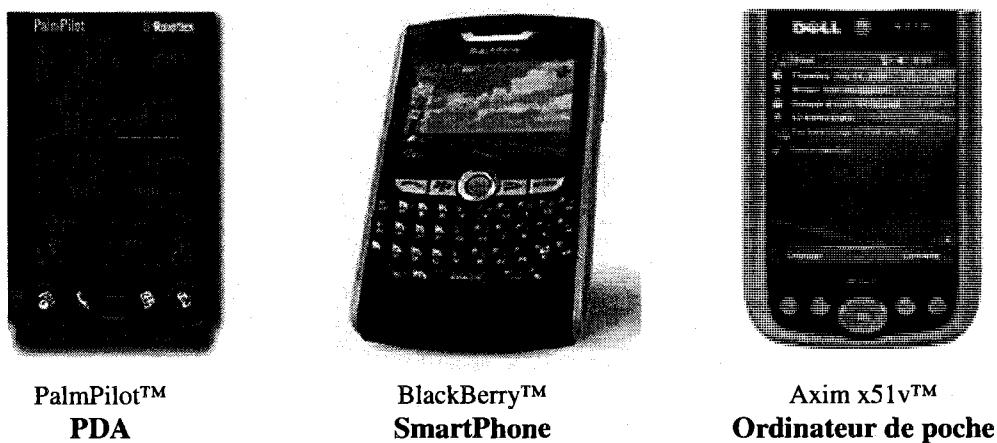


Figure 3.3 : Exemples de PDA, de Smartphone et d'ordinateur de poche

La figure 3.4 montre les parties communes et les parties spécifiques qui existent entre l'ordinateur de poche, le téléphone intelligent (SmartPhone) et le PDA. On remarque que les fonctionnalités du PDA sont déjà sur l'ordinateur de poche et le téléphone intelligent. La différence entre ces derniers, porte sur les fonctionnalités spécifiques à chaque appareil et les caractéristiques techniques.

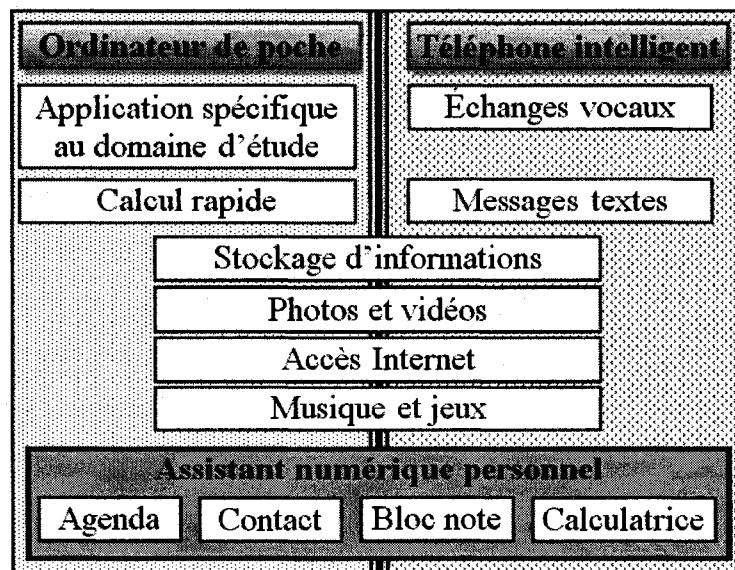


Figure 3.4 : Parties communes et parties spécifiques entre le PDA, le téléphone intelligent et l'ordinateur de poche

3.1.3 Les techniques d'interaction

L'évolution technologique des terminaux mobiles a été marquée par l'augmentation de la puissance de calcul des processeurs et de la capacité mémoire, la réduction du poids des appareils, l'amélioration de la résolution d'écran, la plus grande autonomie des batteries, l'élargissement de la bande de communication, etc. Malgré cela, il reste que l'interaction avec le terminal présente un certain nombre de limites compte tenu du contexte de mobilité ainsi que de l'aspect physique de l'appareil. L'interface d'un PDA est multimodale puisqu'elle utilise un microphone, des boutons de commandes et un écran tactile. La figure 3.5 montre les composantes qui permettent l'interaction avec le PDA.

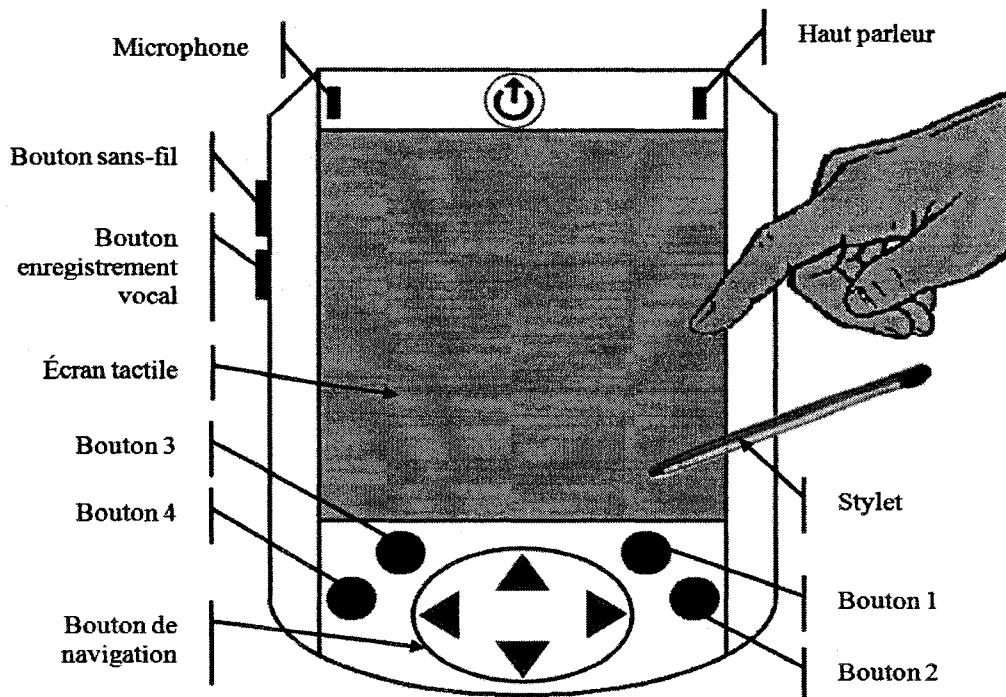


Figure 3.5 : Les composantes d'interaction d'un assistant numérique personnel

L'utilisateur a le choix entre utiliser l'écran tactile, avec le stylet ou le doigt⁵, et il peut utiliser les boutons qui sont intégrés à l'appareil ou le microphone pour la reconnaissance vocale. Des boutons de navigation sont aussi présent : un bouton pour lancer l'enregistrement vocal et des boutons permettant de lancer directement des applications (ex. : Bouton 1 : Courriel, Bouton 2 : Page d'accueil, Bouton 3 : Liste de contact, Bouton 4 : Calendrier).

Pour la plupart des PDAs sur le marché, l'interaction avec le terminal se fait en grande partie avec le stylet. Ce dernier remplace la place de la souris, on parle de stylo

⁵ C'est généralement l'index qui est utilisé pour appuyer sur l'écran. Ce mode d'interaction n'est pas toujours facile, surtout si on veut appuyer sur des petits objets (ex. : date de calendrier).

numérique (Malacria & Lecolinet, 2008; Safin, Juchmes, & Leclercq, 2008). Même si le stylet représente l'outil le plus utilisé pour interagir avec l'écran tactile du PDA, certains utilisateurs préfèrent utiliser leur doigt ou leur ongle pour cliquer sur des objets de l'interface. Or, ceci n'est pas toujours évident, surtout lorsque la taille des objets est plus petite que celle du bout du doigt (ex. : les dates dans un calendrier, des points sur une carte). En effet, lorsque le doigt se positionne à l'écran pour sélectionner l'objet, il cache une partie de la surface, ce qui rend la sélection assez difficile et en plus, comme la surface du doigt est plus large que la cible, le système peut ne pas sélectionner l'objet voulu (Sears & Schneiderman, 1991). Plusieurs techniques de sélection d'informations à l'écran ont vu le jour. La technique du curseur (Potter, Weldon & Schneiderman, 1988) consiste, comme le montre la figure 3.6, à afficher un pointeur à l'écran à une distance bien précise par rapport à la position du doigt sur l'écran. Il suffit par la suite de déplacer

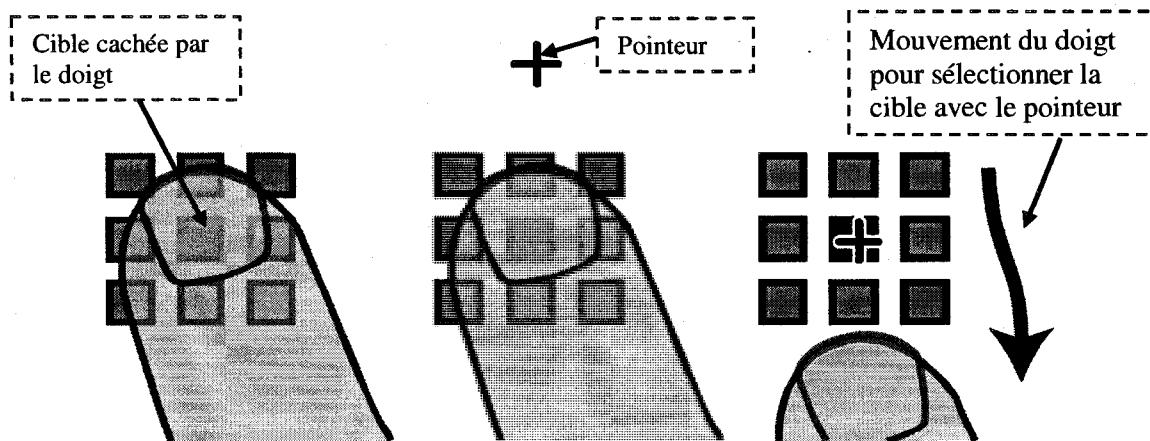


Figure 3.6 : Présentation de la technique du curseur

(Vogel & Baudisch, 2007)

ce pointeur avec le doigt pour le positionner sur la cible désirée. Pour sélectionner l'objet, l'utilisateur n'a qu'à lever le doigt pour activer la sélection. La technique du curseur utilise la sélection de décollage dans laquelle la cible est sélectionnée quand le doigt est levé plutôt que lorsqu'il a touché l'écran (Potter, Weldon & Schneiderman, 1988). Cette technique présente des limites comme le fait de cacher une partie de l'écran avec la surface du doigt. Par ailleurs, elle n'est pas efficace par rapport à la sélection normale puisqu'elle est 1.57 fois plus lente lors de la sélection de grandes cibles et il est difficile de sélectionner des objets qui se trouvent juste à la bordure de l'écran.

Afin de contourner cette difficulté, une nouvelle technique a vu le jour : Shift (Vogel & Baudisch, 2007). Son principe est d'afficher une info-bulle (Callout) qui va contenir une copie de la surface d'écran occultée par le doigt au contact avec la surface de l'écran. Cette info-bulle va se positionner à côté de l'emplacement du doigt, comme le montre la figure 3.7.

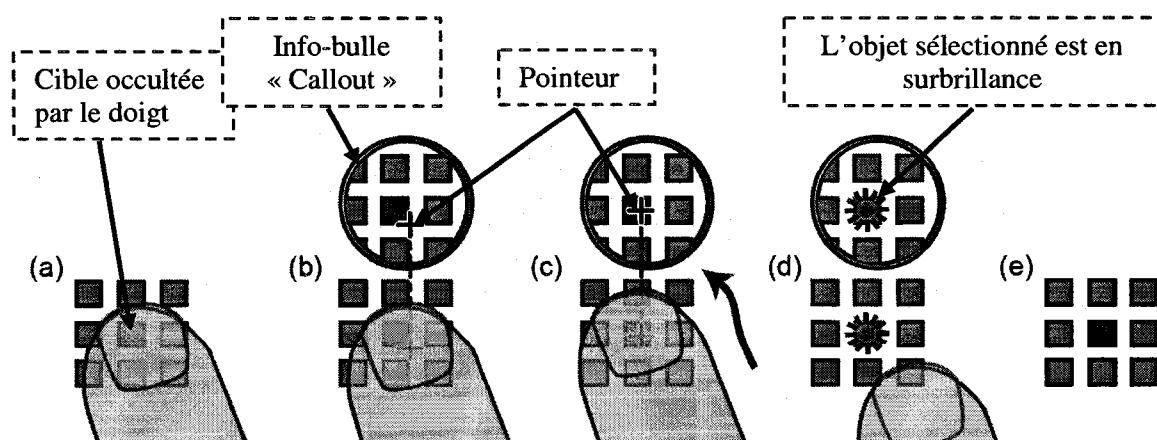


Figure 3.7 : Présentation de la technique Shift

(Vogel & Baudisch, 2007)

Comme dans la technique du curseur, l'info-bulle va contenir un pointeur qui représente le point de contact du doigt avec la surface et de cette manière, l'ambigüité par rapport au point que nous voulons sélectionner est éliminée (Vogel & Baudisch, 2007). Comme le montre la figure 3.7 (c), l'utilisateur ajuste la position du pointeur dans l'info-bulle tout en maintenant le contact de son doigt avec l'écran. Quand le pointeur est sur la cible, l'utilisateur soulève son doigt, ce qui cause une brève surbrillance de l'objet sélectionné et ce qui complète la sélection (Vogel & Baudisch, 2007). Les résultats ont montré que, pour atteindre les petites cibles, les utilisateurs de la technique Shift ont un plus faible taux d'erreur lors de la sélection que lorsqu'ils utilisent l'écran tactile standard (sans aide). Pour les grandes cibles, la technique Shift est plus rapide que celle du curseur.

En général, les techniques du curseur et Shift sont significativement plus lentes que l'écran tactile standard pour les cibles de 12 à 24 pixels. Par contre, pour les cibles de taille supérieure à 24 pixels, la technique du curseur est plus lente que la technique Shift et que l'écran tactile standard. Pour de très petites cibles, la technique du curseur est plus rapide de 316 ms que la technique Shift. Ceci s'explique par le fait que la réorientation, grâce à l'info-bulle dans la technique Shift, requiert plus de temps que l'ajustement de la distance avec la technique du curseur (Vogel & Baudisch, 2007).

3.2 Les techniques de saisie de données pour les assistants numériques personnels

La ressemblance des PDAs avec les ordinateurs de bureau ne s'arrête pas aux applications qui sont disponibles, elle touche aussi les modes d'interactions avec l'appareil. Si nous observons les périphériques qui sont fournis avec les PDAs, nous remarquons qu'il y a toujours une tendance à imiter les particularités d'un ordinateur de bureau. Le fait de doter un PDA d'un clavier physique (figure 3.8-a) ou virtuel (figure 3.8-b) ne fait qu'empêcher l'utilisation de ces terminaux dans leur vrai contexte, qui est la mobilité. Des claviers physiques pliants ont été développés pour les PDAs mais ils n'ont pas d'intérêt en dehors d'une utilisation de bureau car il est impossible de les utiliser en situation de mobilité.

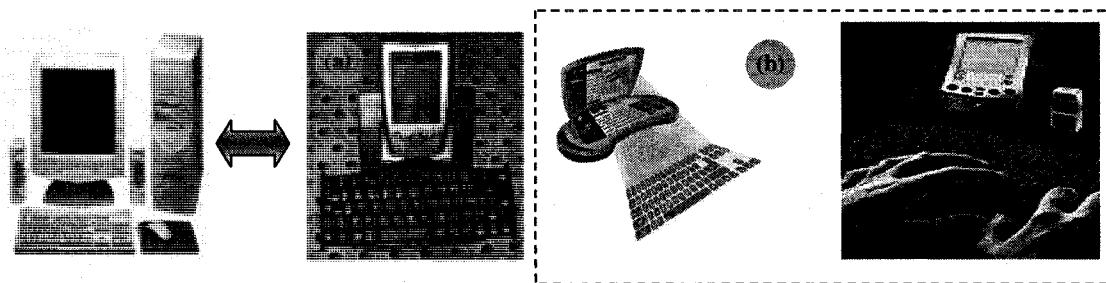


Figure 3.8 : Le clavier physique et clavier virtuel pour PDA

Ces techniques de saisie sont conçues en premier lieu pour les ordinateurs de bureau personnel, et sont mal adaptées aux nouveaux terminaux mobiles et en particulier à leur contexte d'usage (Poirier & Schadle, 2004). Depuis quelques années, les claviers physiques ont partiellement disparu, cédant leur place soit à un mini-clavier intégré au

PDA, soit à un ou à un clavier virtuel. Compte tenu de la mobilité des utilisateurs et les limites de l'espace-écran, le choix de certaines techniques pour la saisie de données peut jouer un rôle capital dans le succès et la satisfaction de l'utilisateur dans sa tâche. Un des défis futurs est de faciliter l'interaction avec le terminal mobile tout en étant en mouvement. Dans leur article, (Poirier & Schadle, 2005) ont estimé qu'en plus de l'absence de clavier standard (82 à 108 touches) pour la saisie de données, le vrai problème se résume à comment faire la saisie de données à une main en situation de mobilité sur un terminal mobile. Plusieurs recherches ont été accomplies depuis quelques années pour améliorer les techniques de saisie. L'évaluation de ces techniques est basée principalement sur trois mesures (Poirier & Schadle, 2004) :

- le nombre de mots saisis par minute (*wpm – word per minute*),
- le nombre d'appuis de touches par caractère (*kspc – keystroke per character*),
- le nombre de gestes par caractère (*gpc – gesture per character*) dans le cas d'une entrée gestuelle.

(Poirier & Schadle, 2005) ont présenté plusieurs techniques de saisie de données pour les PDAs. En voici une brève description :

- ***Clavier virtuel (soft Keyboard)*** : ils ont remplacé le clavier physique qui s'incorpore à l'appareil par un clavier affiché à l'écran. Il se limite souvent à un clavier faiblement réduit comprenant de l'ordre de 80 touches pour minimiser la surface d'affichage (Poirier & Schadle, 2005). L'agencement des touches de ces claviers repose sur la minimisation d'une fonction de coût qui

utilise la loi de Fitts (Poirier & Schadle, 2005). Exemples : Métropolis d'IBM (Zhai, Hunter & Smith, 2000), Knits (Lesher & Moutton, 2000), Glyph 2 (Poirier & Belatar, 2006), UniGlyph (Belatar & Poirier, 2007), HandiGlyph (Belatar & Poirier, 2008), etc. Certains de ces claviers peuvent combiner d'autres techniques pour améliorer la performance, telles que l'œil de poisson (Raynal & Truillet, 2006).

- ***Clavier physique réduit ou à appui multiple (multitap)*** : ce sont des claviers qui sont intégrés à l'appareil ou qui peuvent se connecter via un câble USB ou même via la technologie Bluetooth. Exemples : HalfKeyboard (Matias, Mackenzie & Buxton, 1996), clavier virtuel lumineux (Kölsch & Turk, 2002).
- ***Clavier réduit à combinaison de touches ou à accord (chording keyboard)*** : le principe est d'utiliser un clavier à quelques touches (5 à 10), chaque caractère correspondant à une association de touches ou à un accord. Ce type de clavier s'utilise bien dans un contexte de mobilité. Exemple : Twidder (Poirier & Schadle, 2005).
- ***Entrée par bouton unique*** : le principe est de saisir du texte en utilisant un seul bouton, qu'il soit physique ou objet d'interaction de type bouton cyclique. Il consiste à balayer une liste qui renferme l'ensemble des caractères. La difficulté est de naviguer à travers cette liste via un seul bouton. Exemple : PowerMate (Poirier & Belatar, 2006).

- **Entrée gestuelle analogique** : le principe de cette technique est de faire correspondre à chaque caractère un symbole qui sera saisi avec le stylet sur une surface tactile. La plupart des techniques à entrée gestuelle analogique utilisent le principe d'un trait par caractère (Goldberg & Richardson, 1993), comme par exemple l'alphabet *Unistrokes* (figure 3.9). Cette méthode permet une saisie plus rapide, consomme peu d'espace écran et simplifie considérablement le problème de la reconnaissance du caractère. L'inconvénient est que cela nécessite un apprentissage pour reconnaître la forme 2D qu'il faut faire pour chaque caractère (Poirier & Schadle, 2005). Exemples : Resifcar (Anquetil & Bouteruche, 2004), seven-segment input (Al Faraj, Vigouroux & Mojahid, 2008).

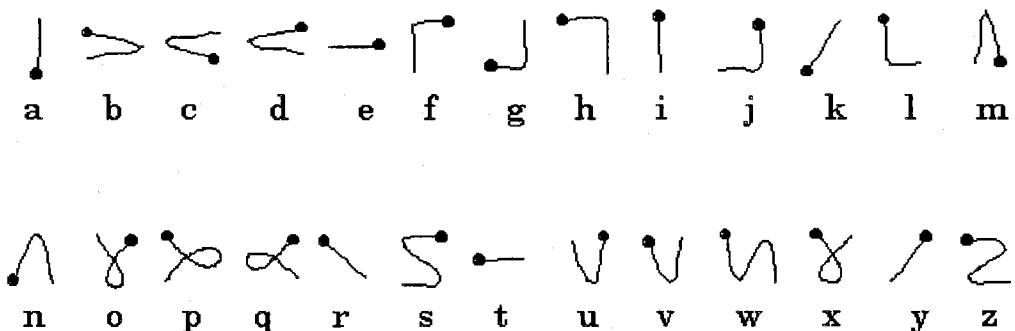


Figure 3.9 : Alphabet Unistrokes

- **Entrée gestuelle non analogique par désignation de cibles (flicking gesture entry)** : cette technique consiste à effectuer un geste pour atteindre une cible ou une zone assignée au caractère à saisir. Le geste se compose d'un ou de plusieurs segments, chaque segment suit une direction cardinale ou diagonale.

L'inconvénient est que l'utilisateur doit mémoriser le geste associé à chaque caractère. Comme il n'y a pas d'analogie entre le caractère et le geste, l'apprentissage est plus difficile et plus lent (Poirier & Schadle, 2005).

Exemples : QuickWriting (Perlin, 1998) et T-cube (Venolia & Neiberg, 1994).

- **Entrée tactile avec guidage tangible :** cette technique se base sur le principe de l'entrée gestuelle analogique et non-analogique. La surface de saisie est délimitée par un guide rectangulaire posé sur la surface tactile facilitant la saisie. Les bordures du guide vont permettre une saisie assez rapide, puisque les gestes de l'utilisateur avec le stylet vont être stoppés lorsque le stylet rencontre les bords ou les coins ce qui conforte la saisie tout en étant mobile.

Exemple : EdgWrite (Wobbrock, Myers, & Kembel, 2003).

- **entrée par mouvement d'inclinaison sans tracé (tilting keyboard) :** cette technique permet la saisie de caractères sans utiliser le stylet en appliquant un mouvement (une inclinaison vers le haut, le bas, la gauche ou la droite, ou même une secousse) au dispositif (Poirier & Schadle, 2005). Cette technique est très utile si une main est déjà prise par une autre tâche. Par contre, elle nécessite un temps d'apprentissage assez important. Exemple : Unigesture (Wigdor & Balakrishnan, 2003).
- **Entrée gestuelle avec reconnaissance de l'écriture :** cette technique consiste à écrire de façon naturelle au moyen d'un stylet (ou avec le bout du doigt) sur une surface tactile et à faire appel à un système de reconnaissance de

l'écriture. La reconnaissance peut se faire caractère par caractère ou mot par mot. Les premiers travaux sur la reconnaissance remontent au début des années 60 (Frishkopf & Harmon, 1961). L'avantage de cette technique est qu'il n'y a pas de mémorisation de caractère ou de geste pour l'utilisateur.

- ***Entrée avec prédition linguistique*** : cette technique peut s'intégrer dans toutes les autres techniques de saisie. Elle consiste à prédire la lettre suivante, la fin du mot, voire même la fin de la phrase en cours de saisie. Exemple : Dasher (Ward, 2001).
- ***Entrée vocale*** : une des techniques qui semble adaptée au contexte de mobilité est la reconnaissance vocale. Cette dernière peut être utilisée pour saisir du texte ou même exécuter des commandes. Outre la question du taux de reconnaissance de la voix, la préoccupation qu'on peut avoir avec cette technique concerne la confidentialité des informations qu'on dicte à la machine, surtout dans certains environnements de travail où la confidentialité des données est un facteur important.

L'ensemble des ces techniques de saisie n'est pas exhaustif, et celles-ci ne sont pas indépendantes les unes des autres. Il est possible de combiner deux techniques ensemble (Poirier & Schadle, 2004): par exemple, l'entrée gestuelle avec reconnaissance de l'écriture et l'entrée avec prédition linguistique. Le but est d'améliorer la rapidité de saisie et de remédier aux inconvénients d'une technique par l'utilisation d'une autre. Le choix de l'une ou de l'autre lors du développement d'une application mobile peut jouer

un rôle très important dans la conception de l'interface, puisque ces techniques doivent s'adapter au contexte de mobilité de l'utilisateur, de son environnement et de la taille du PDA. De fait, la petitesse de l'écran du PDA constitue aussi un défi lors de la présentation d'informations. Nous abordons ce point dans la section qui suit.

3.3 Les limites des écrans des assistants numériques personnels

Optimiser la présentation d'informations sur des écrans d'ordinateurs est depuis longtemps une préoccupation de premier plan dans la conception ergonomique des interfaces. Cela s'explique par le fait que le canal visuel est de loin la principale source d'information chez l'humain (estimé à 70% de toute l'information qui parvient à nos sens selon (Heilig, 1992), et que la qualité de l'affichage à l'écran a un impact majeur sur l'utilisabilité du système et la performance humaine. Plusieurs chercheurs tels que (Tullis, 1997) ont étudié différents paramètres d'affichage d'informations sur les écrans des ordinateurs de bureau (ex. : titre, disposition, taille, police de caractères, couleurs, capitalisation, etc.), soit en vue de minimiser la quantité d'informations affichées à l'écran et de réduire la densité, soit d'améliorer la présentation des informations afin de faciliter la lecture et la recherche d'informations. Les résultats de telles études concernent les écrans d'ordinateurs de bureau et s'appliquent donc mal aux écrans de plus petite taille. La taille des écrans de PDAs peut varier entre 3.5 et 4 pouces (ex. : 3.7" : Dell x50 ; 3.8" : Toshiba E75 ; 4" : Toshiba E800). De ce fait, elle varie entre 16

et 28% de la taille d'un écran d'ordinateur de bureau ordinaire (par ex. : de 17"). La figure 3.10 montre les différences de tailles qui existent entre les écrans d'un PC, d'un PDA et d'un téléphone cellulaire.

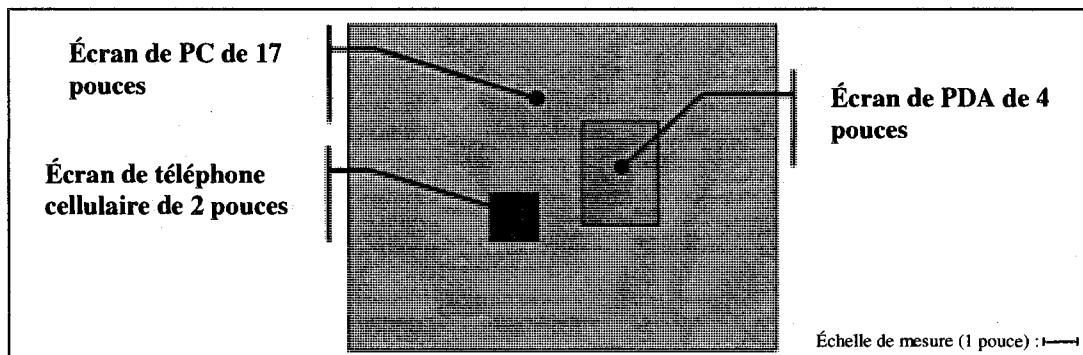


Figure 3.10 : Différence de tailles entre les écrans d'un PC, d'un PDA et d'un téléphone cellulaire

Deux grands défis inter-reliés se posent dans la conception de l'interface-utilisateur des PDAs : d'une part, répondre aux exigences de la mobilité des utilisateurs et d'autre part, faire face aux contraintes d'espace qui sont dues à la taille réduite de ce type de terminal. Ces défis touchent aussi bien les techniques de saisie de données que les techniques de présentation d'informations.

Depuis l'apparition des premiers terminaux mobiles sur le marché, plusieurs compagnies n'ont fait qu'améliorer l'efficacité de ces dispositifs sur le plan des fonctionnalités et de l'utilisabilité. Si on prend l'exemple de Psion, plusieurs défis ont été surmontés entre la mise en marché de la version Serie3 et la Serie5. En effet, il y a eu deux grands défis que les ingénieurs ont pu relever en développant la Serie5 (Healey, 2000).

Le premier était de rendre le clavier (physique ou virtuel) plus facile à utiliser sans pour autant augmenter la taille du terminal ni celui de l'écran. Pour ce qui est du second défi, les ingénieurs se sont penchés sur le problème engendré par l'utilisation de l'écran tactile. Les utilisateurs étaient obligés de pencher le terminal pour bien voir le contenu de l'écran et non les reflets. Dans son ouvrage, (Healey, 2000) a présenté les principes de conception d'interface qui ont été pris en compte pour développer l'EPOC. Il a défini les cinq principes suivants :

- Développer des systèmes transparents
 - Cacher le modèle système
 - Cacher les choses complexes qui « effraient » l'utilisateur
 - Utiliser un langage simple et non ambigu
- Laisser les utilisateurs travailler à leur manière
 - Ne pas forcer l'utilisation d'une seule technique de saisie
 - Minimiser le coût d'apprentissage
 - Se demander « qu'est-ce qu'on peut essayer de faire de plus à ce point ? »
 - Permettre à l'utilisateur d'adapter l'interface de l'application à sa façon
- Rendre l'utilisation de l'interface utilisateur aussi rapide que possible
 - Exiger aussi peu d'actions que possible
 - Afficher l'information désirée aussi rapidement que possible
 - Afficher à l'utilisateur autant d'informations que possible

- Permettre de masquer les menus quand l'utilisateur n'en a pas besoin
- Permettre la fermeture des barres d'outils et des barres d'ascenseurs lorsqu'elles ne sont pas désirées
- Faciliter le changement de la police des caractères en fonction des besoins
- Maximiser l'information sur l'écran
- Rendre l'utilisation la plus agréable possible
 - Ne pas laisser l'utilisateur se sentir stupide
 - Séduire l'utilisateur avec des fonctionnalités intéressantes
- Protéger l'utilisateur
 - Créer des archives pour les fichiers utilisés
 - Prévoir ce qui pourrait fonctionner de travers à chaque étape

À la lumière de ces principes, nous remarquons qu'il y a peu de règles qui ont été définies par rapport à la saisie et à la présentation d'informations en tenant compte des limites de taille des écrans des PDAs. Peu d'efforts ont été faits afin de permettre à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble des données affichées à l'écran.

(Laarni, 2002) a comparé l'écran d'un terminal mobile à un trou de serrure à travers lequel seulement une quantité limitée d'information peut être vue et lue simultanément. Pour pouvoir lire assez facilement, il faut que la taille des caractères soit supérieure à un certain seuil. Selon l'étude de (Kamba, Elson, Harbold, Stamper &

Sukaviriya, 1996), le seuil de lisibilité des caractères a été établi à 9 - 12 points (3.12 - 4.16 mm) selon le type de police de caractère utilisée. Ainsi le choix du type de résolution de l'écran, de la taille et de la police de caractères a un impact direct sur la capacité d'affichage de l'écran.

Plusieurs chercheurs se sont aussi intéressés à la densité d'informations à l'écran. Selon (Laarni, 2002), il n'y a pas de résultats significatifs concluants au sujet de l'impact de la densité sur la performance des utilisateurs lorsqu'il s'agit de petits écrans. Cela va dans le sens du constat de (Spool, Scanlon, Schroeder, Synder & Deangelo, 1997) sur la quantité d'espace non utilisé (espace blanc) à l'écran qui n'a aucune influence sur la performance et les préférences des utilisateurs. Par contre, (Bergman, 2000) et (Bernard, Chaparro & Thomasson, 2000) ont trouvé qu'une certaine quantité d'espaces blancs à l'écran pourrait être plus adéquate pour certains utilisateurs en fonction de la stratégie qu'ils utilisent pour naviguer et survoler la surface de l'écran. À la lumière de ces résultats, un niveau optimal d'espace inutilisé à l'écran ne peut pas être fixé.

De façon plus globale, les fortes différences de taille qui existent entre les écrans d'ordinateurs de bureau conventionnels et de PDAs font qu'il faut revoir les règles et les principes de présentation d'informations qui ont été élaborées par les chercheurs, surtout l'utilisation des barres de défilement. L'utilisation accrue de ces barres comme moyen de navigation, dans les sens horizontal et vertical, s'explique par le fait qu'il est difficile d'aménager la surface d'un écran de PDA pour toute l'information qu'on a besoin de présenter. C'est en grande partie à cause des limites de la méthode de défilement qu'il y

a eu plusieurs recherches sur la navigation à l'écran. Ces recherches ont pour but de faciliter à la fois la navigation à travers l'interface et la présentation des informations pour que l'utilisateur aie une vue d'ensemble des informations et puisse se retrouver rapidement (Jones, Buchanan & Thimbleby, 2002).

Dans le chapitre qui suit, nous présentons un ensemble de techniques qui ont été développées au début pour les écrans des ordinateurs de bureau et qui ont été adaptées par la suite aux écrans de petite taille.

CHAPITRE 4 : LES TECHNIQUES DE PRÉSENTATION D'INFORMATIONS POUR LES ASSISTANTS NUMÉRIQUES PERSONNELS

Ce chapitre présente les différentes techniques de présentation d'informations sur les PDAs. C'est sur la base des connaissances acquises dans ce chapitre que nous avons été amenés à adapter deux techniques de présentations que nous avons ensuite intégrées dans deux modèles de présentation de formulaires électroniques.

4.1 Introduction

Faciliter la visualisation des données sur des écrans d'ordinateurs est depuis longtemps un objectif visé dans la conception des interfaces. Dans son article, (Tullis, 1997) a présenté différentes techniques à la fois pour minimiser la quantité d'information sur les écrans des ordinateurs de bureau en vue de réduire la densité, et de faciliter la recherche et la présentation des données. Ces techniques peuvent être résumées comme suit (Tullis, 1997) :

- Utilisation appropriée des abréviations

- Élimination des détails inutiles
- Utilisation de mots concis et de formats de données familiers
- Utilisation de formats tabulaires avec des en-têtes pour les colonnes
- Extension des boîtes de dialogue
- Utilisation des dossiers d'onglet (Tab-Folders)
- Listes à défilement descendant et ascendant
- Groupement de l'information
 - Proximité spatiale et frontière graphique
 - Couleur et mise en évidence (Highlighting).

Si nous nous basons sur les recommandations de (Tullis, 1997) au sujet de la densité, nous nous trouverons devant un compromis à faire entre la quantité d'informations qu'il faut présenter à l'écran, les limites de la taille de l'affichage et l'utilisation des techniques de défilement comme solution de rechange. Développer d'autres techniques de présentation était nécessaire pour y remédier, surtout pour les PDAs. La figure 4.1 présente une catégorisation des techniques de présentation d'informations sur PDA (Baffoun & Robert, 2006). La classification proposée comprend trois groupes. Le premier groupe inclut les techniques basées sur la 2D, le deuxième inclut les techniques basées sur la 3D et le troisième comprend des techniques diverses, dont certaines dépendent des caractéristiques physiques du terminal. La plupart de ces techniques ont été développées au début pour les interfaces sur PC et ont été par la suite adaptées pour les PDAs et d'autres terminaux mobiles.

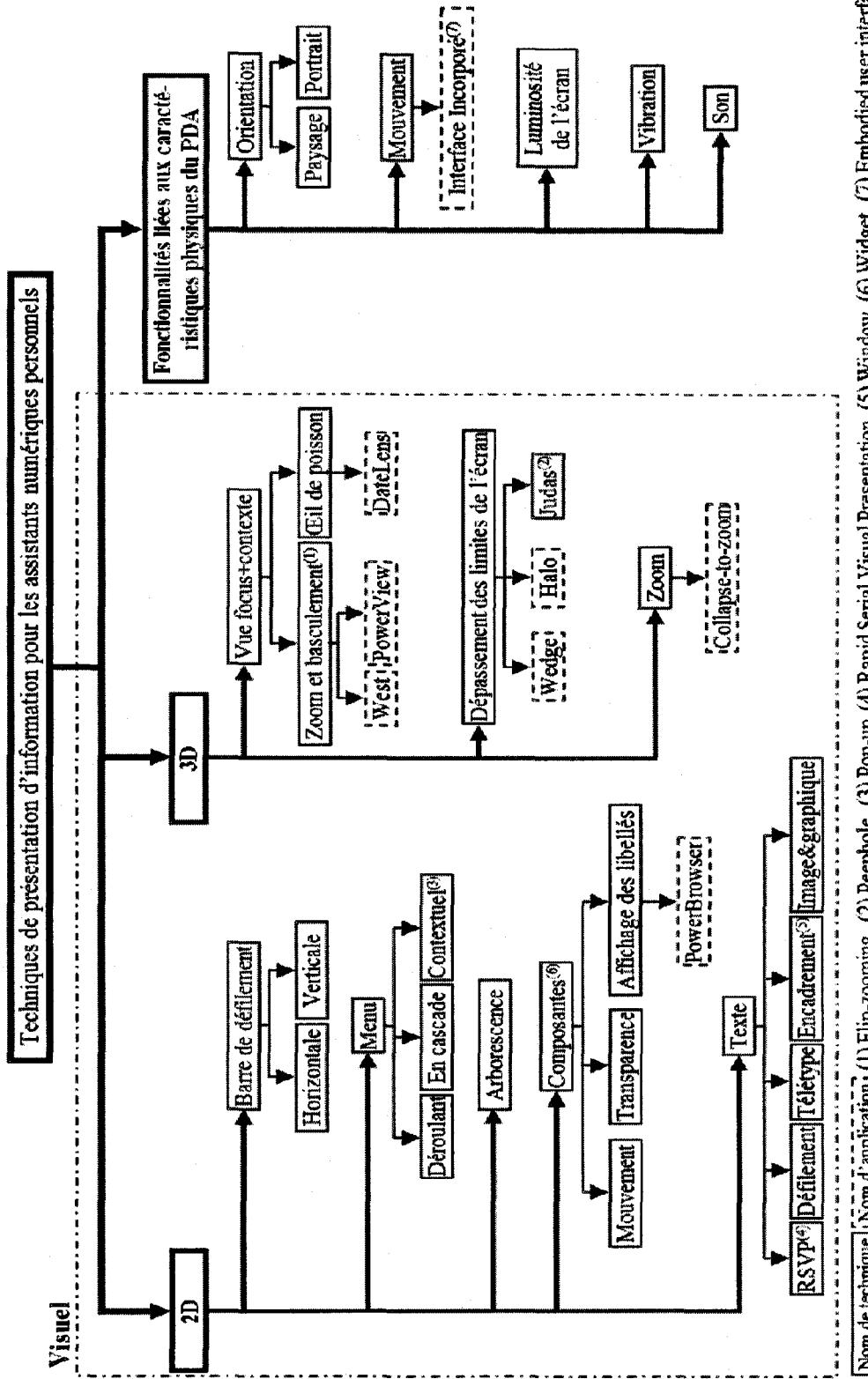


Figure 4.1. Catégories des techniques de présentation d'informations pour les assistants numériques personnels
(Baffoun & Robert, 2006)

4.2 Techniques 2D

Avec les techniques 2D, l'utilisateur est limité à un plan défini par les deux dimensions x et y de l'écran du PDA. Ces techniques sont analysées dans la présente section.

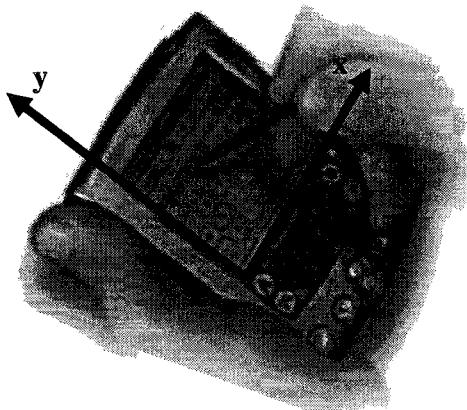


Figure 4.2 : Principe de la technique 2D

4.2.1 Barre de défilement

Étant donné la quantité très limitée d'informations pouvant être affichée à chaque instant à l'écran d'un PDA, plusieurs concepteurs ont adopté la barre de défilement (*Scrolling*) comme moyen de se déplacer dans un document. Cependant, l'utilisation parfois abusive de ce moyen de navigation peut causer problème à l'utilisateur. Certains auteurs (Jones, Marsden, Mohd-Nasir, Boone & Buchanan, 1999) ont montré que celle-ci peut réduire de 50% l'efficacité des utilisateurs sur des écrans de petite taille comparativement à des écrans de bureau.

Ainsi, l'utilisation du défilement⁶, soit par la barre ou au moyen de boutons (roulette intégrée au terminal, boutons de navigation) peut ralentir la tâche de navigation de façon importante surtout dans les grands documents parce que les utilisateurs doivent se servir plusieurs fois de la barre de défilement, du bouton de navigation ou de la roulette pour parcourir de longues distances. La figure 4.3 présente différentes techniques de défilement de l'information sur les écrans de PDAs.

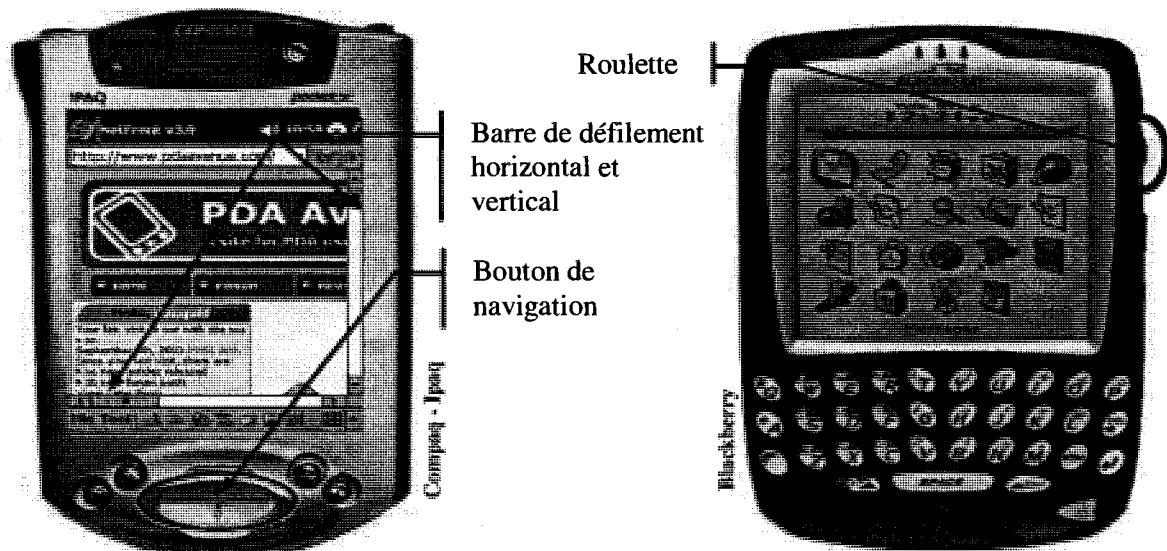


Figure 4.3 : Exemples de techniques de défilement

L'utilisation de techniques de défilement peut être passablement perturbante et frustrante dans un contexte de mobilité où l'utilisateur doit souvent détourner les yeux de l'écran. La lecture d'un texte qui défile à l'écran est plus difficile, et cela peut nuire à sa compréhension et réduire la performance (Jones, Marsden, Mohd-Nasir, Boone & Buchanan, 1999). (Laarni, 2002) a comparé pour différentes tailles d'écrans utilisés sur

⁶ Il est possible d'utiliser la technique d'interface incorporée (*Embodied User Interface*) pour faire défiler des pages à l'écran en faisant varier l'orientation du PDA.

différents appareils (ordinateur portable : 27,5 x 20,5 cm ; PDA : 8 x 6 cm ; appareil de communication : 3 x 11 cm ; téléphone cellulaire : 3 x 3 cm), la performance de la barre de défilement avec celles des quatre techniques de présentation suivantes :

- **Défilement (Leading)** : le texte se déplace de droite à gauche de façon continue sur une ligne.
- **Télétype (Teletype)** : le mode d'affichage d'un texte se fait à un taux contrôlé, un caractère à la fois étant affiché à la ligne.
- **RSVP (Rapid Serial Visual Presentation – présentation visuelle en succession rapide)** : cette technique consiste à afficher un mot à la fois au centre de l'écran. La vitesse pour afficher et supprimer est la même pour tous les mots.
- **Encadrement (Windows)** : une ligne du texte est affichée et une fenêtre se déplace sur chaque mot du texte pour le mettre en valeur.

(Laarni, 2002) a comparé pour la tâche de lecture l'efficacité de différentes techniques de présentation⁷ en fonction de la taille des écrans des terminaux. La mesure de l'efficacité est ici le produit du taux de compréhension par la vitesse de lecture du texte. Les résultats présentés à la figure 4.4 montrent que l'efficacité de la barre de défilement et du télétype augmente rapidement avec la taille de l'écran. Ce qui peut s'expliquer par le fait que la fréquence d'utilisation de la barre de défilement diminue au fur et à mesure que la taille de l'écran augmente.

⁷ Les techniques de navigation sont des techniques qui servent aussi à présenter l'information à l'écran. Tout au long de cette thèse, nous allons utiliser le terme de technique de présentation.

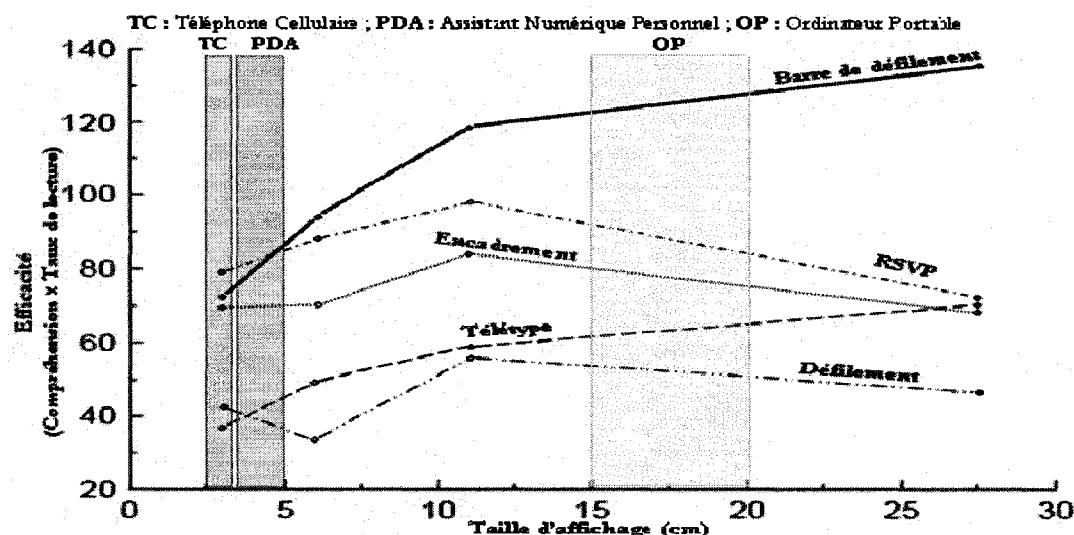


Figure 4.4 : Efficacité des quatre techniques par rapport à la taille de l'écran
(Laarni, 2002)

Les résultats de la figure 4.5 (Laarni, 2002) montrent que même si la barre de défilement sur PDAs permet d'atteindre une plus grande vitesse de lecture que les quatre autres techniques, elle obtient le plus faible taux de compréhension du texte.

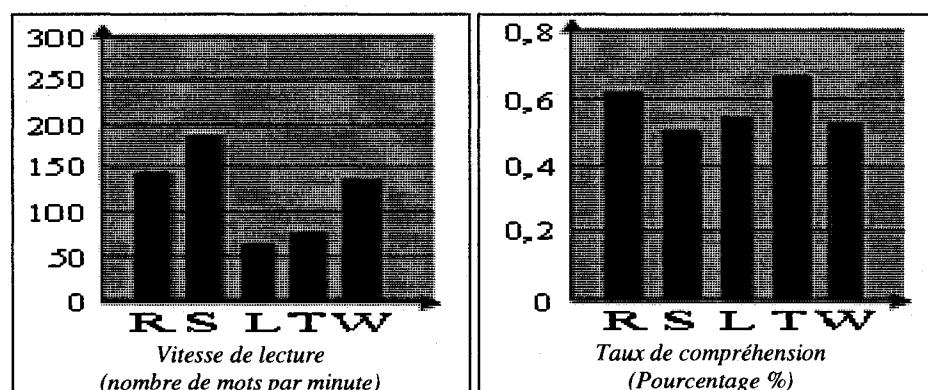


Figure 4.5 : Niveau de performance de cinq techniques de présentation d'informations quant à la vitesse de lecture et au taux de compréhension du contenu
(Laarni, 2002)

Le recours fréquent aux barres de défilement horizontal et vertical et aux menus sur les écrans de PDAs vient directement de ce qui se fait déjà depuis longtemps avec les ordinateurs de bureau.

4.2.2 Menus

Comme sur les interfaces des ordinateurs de bureau, il existe différents types de menus : déroulant, en cascade et contextuel, qui permettent d'interagir avec les PDAs (voir des exemples sur la figure 4.6). Malgré leur désavantage d'occuper de l'espace à l'écran, ils sont fortement utilisés sur les PDAs depuis le tout début et comme nous y sommes habitués, leur existence ne semble pas être remise en question.

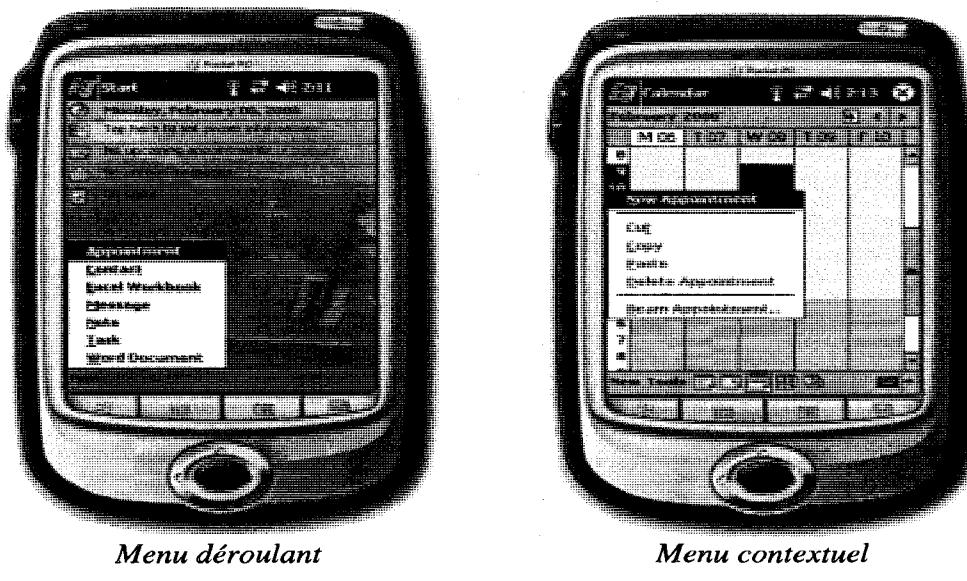


Figure 4.6 : Exemples de deux types de menus sur des PDAs

Il existe un menu qui combine à la fois le menu contextuel et le menu en cascade, il s'agit du menu de contrôle (Pook, Lecolinet, Vaysseix & Barillot, 2000). Ce menu a

été développé pour améliorer l'utilisation de la technique de zoom. Il facilite l'accès rapide à certaines commandes comme par exemple pour modifier le niveau de zoom. En enfonçant la souris ou le stylet, pendant 0.3 seconde sur l'écran, un menu s'affichera au centre de l'endroit où nous nous sommes positionnés, entouré de la liste des commandes. En déplaçant le curseur de la souris ou du stylet (tout en laissant la pointe du stylet effleurer la surface de l'écran), le menu disparaît et l'opération commence dès que le curseur ou le stylet se trouve sur la commande correspondant à l'opération. Si la commande est formée d'un sous-menu, ce dernier sera affiché afin d'atteindre la sous-commande désirée. L'opération se termine lorsque l'utilisateur relâche le bouton de la souris ou soulève le stylet (Pook et al., 2000).

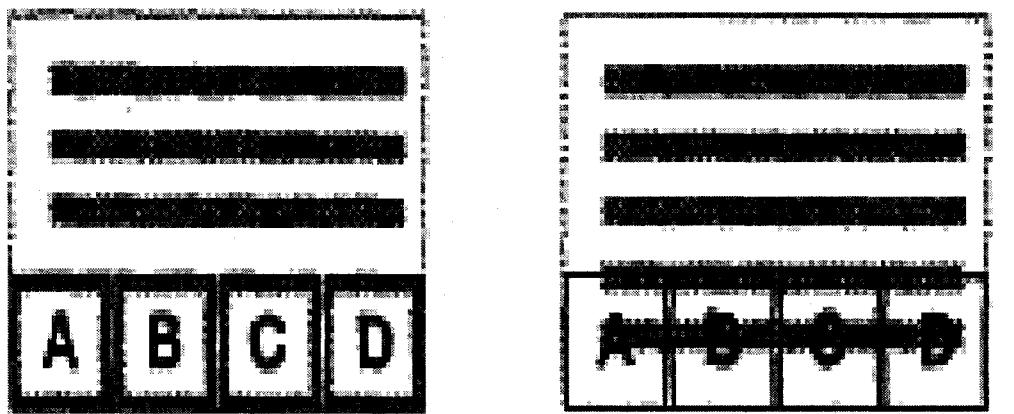
4.2.3 Modes de présentation des composantes des IHO

Certains chercheurs se sont intéressés au mode de présentation des composantes de l'interface afin d'optimiser l'utilisation de l'espace-écran. On compte ici des recherches sur les trois principaux sujets suivants.

4.2.3.1 Transparence des composantes

L'idée est de pouvoir superposer des composantes à l'écran, tout en continuant à voir celles qui sont situées en arrière-plan : technique connue sous le nom de semi-transparente (Kamba, Elson, Harpold, Stamper & Sukaviriya, 1996). Mais comment alors l'utilisateur va-t-il interagir avec les composantes situées en arrière-plan ? Pour y

parvenir, les auteurs proposent d'utiliser le temps de sélection de la composante pour choisir celles situées à l'avant-plan ou l'arrière-plan. La figure 4.7 (Kamba et al., 1996) montre un exemple de composantes opaques et semi-transparentes à l'écran.



Composantes opaques (a)

Semi-transparente des composantes (b)

Figure 4.7 : Exemple de composantes opaques et semi-transparentes

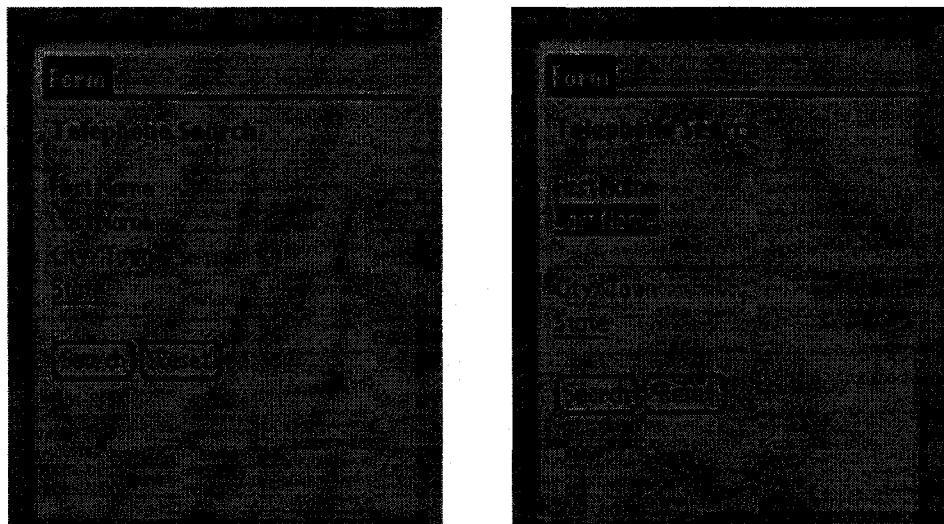
(Kamba et al., 1996)

L'utilisation du temps d'appui pour sélectionner les objets qui sont superposés peut devenir problématique dans le cas où il y a plus de deux objets superposés à l'écran. Il faut alors définir différents temps de sélection pour les objets situés à différents niveaux, ce qui nécessitera un certain apprentissage.

4.2.3.2 Affichage des libellés

Pour remédier au problème de la grande quantité d'informations à afficher dans les interfaces de formulaires électroniques sur PDAs, (Kaljuvee, Buyukkokten, Molina & Paepcke, 2001) ont développé le navigateur *PowerBrowser* qui permet d'afficher

seulement les libellés des composantes comme le montre la figure 4.8. Pour afficher l'objet complet, il suffit de cliquer sur le libellé. Cette technique de présentation permet aux utilisateurs d'avoir une vue d'ensemble de l'interface tout en utilisant toute la surface disponible pour afficher le maximum de composantes.



**Figure 4.8 : Exemple d'interfaces de PowerBrowser
(Kaljuvee et al., 2001)**

L'idée est certes intéressante mais il faut combiner cette technique à une autre, par exemple la barre de défilement, lorsque le nombre de libellés est trop grand pour qu'ils soient tous affichés sur une seule page d'écran.

4.2.3.3 Déplacement des objets

Cette technique consiste à mettre en mouvement les objets (composante, image, icône, texte, menu, etc.) qui forment l'interface. Le principe est de ne laisser à l'écran que les objets dont on a besoin à l'instant t. Les objets se déplacent selon nos besoins et

en fonction du contexte. C'est un axe de recherche qui n'a pas encore été exploré pour les interfaces de PDAs, par contre (Saulnier, 2005) a déjà utilisé ce concept pour les interfaces d'ordinateurs de bureau.

4.2.3.4 Arborescence

L'arborescence est une technique qui permet de présenter et d'organiser des informations de manière logique et hiérarchique. La structure d'une arborescence est formée par une racine (le nœud parent n'a pas de père), par des nœuds internes (pouvant contenir soit d'autres nœuds soit des feuilles), et par des feuilles (des éléments ne possédant pas de fils dans l'arbre). Cette organisation rend la consultation des données et la navigation plus efficaces. Ce sont les développeurs d'applications sur ordinateurs de bureau qui ont exploité cette technique pour présenter la structure des disques durs (répertoire et fichier). Un des outils les plus connus est *l'Explorateur de Windows*. Le principe a été exploité pour présenter la structure du contenu du PDA.

4.3 Techniques 3D

Grâce à la fonctionnalité du zoom qui est commune aux techniques de présentation 3D, l'utilisateur a l'impression de pouvoir se déplacer dans un plan à trois dimensions : x, y et z (figure 4.9). Les techniques d'affichage 3D découlent des travaux de différents équipes (Furnas, 1986; Leung & Apperley, 1994; Schneiderman, 1998 et Chi & Riedl, 1998) qui ont mené au développement de concepts tels que *vue*

focus+contexte et *zoom*. Depuis quelques années, en raison des problèmes de conception d'interfaces liés à la petite taille des écrans de terminaux mobiles, les présentations déformantes ont été adaptées et appliquées aux interfaces des terminaux mobiles comme les PDAs. Les sections qui suivent décrivent ces techniques de présentation.

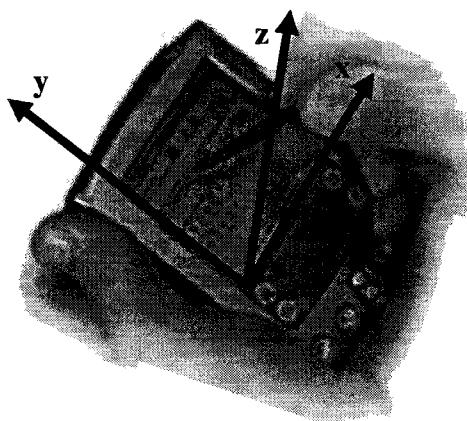


Figure 4.9 : Principe de la technique 3D

4.3.1 Le concept vue *focus + contexte*

Si vous demandez à quelqu'un de représenter son quartier, souvent il va représenter son voisinage avec beaucoup de détails et de précisions, alors que seuls les points de repères majeurs seront reproduits pour les parties plus éloignées (Furnas, 1986). C'est sur la base de cette observation que le concept de *vue focus+contexte* a vu le jour. Le principe est de présenter aux utilisateurs à la fois une vue d'ensemble et un focus sur les détails (Björk & Redström, 1999a). La vue d'ensemble fournit le contexte et le focus porte sur l'information qui nous intéresse de façon plus particulière (Tullis, 1997). Cela permet aux utilisateurs de pouvoir centrer leur attention sur différents objets de l'écran tout en bénéficiant d'une vue d'ensemble. Plusieurs techniques de

visualisation ont ainsi vu le jour grâce à ce concept, incluant les murs en perspective⁸ (*perspectives walls*) (Robertson & Mackinlay, 1993), les tableaux lentilles⁹ (*table lens*) (Rao & Card, 1994), le zoom de basculement (*flip zooming*) (Bederson & Hollan, 1994) et les vues en œil de poisson (*fisheye views*) (Sarkar & Brown, 1992). Nous allons nous attarder sur les deux dernières techniques dans les paragraphes qui suivent puisqu'elles ont été utilisées sur des PDAs.

4.3.1.1 Zoom et basculement

Le concept de *zoom et basculement* a été développé pour corriger les lacunes des barres de défilement (Björk, Bretan, Danielsson & Karlsgren, 1999b). Le principe est le suivant : l'utilisateur navigue à travers un ensemble d'informations prenant la forme d'objets représentés par des cartes placées de façon séquentielle (figure 4.10). Ces cartes peuvent montrer des images ou du texte. À un instant « t », l'utilisateur peut faire le focus sur un objet en cliquant sur la carte qui le représente. L'objet est alors agrandi pour être lisible. Les autres objets fournissent le contexte. L'utilisateur peut changer de focus

⁸ Le mur en perspective est une bonne technique pour visualiser de grandes quantités d'informations qui seront ordonnées suivant l'axe horizontal (en particulier des informations chronologiques) et seront réparties selon une infinité de catégories suivant l'axe vertical. Le principe est issu du Centre de recherche Xerox de Palo Alto (Friceau, 2001).

⁹ Les tableaux lentilles correspondent à une interface pour des données de tableaux. L'approche de visualisation a été conçue pour des tableaux ayant plusieurs lignes mais un nombre modeste de colonnes. Les données sont inscrites dans le tableau (comme dans tout tableau de type d'Excel) sous forme de cellules. Chaque cellule est représentée avec une barre horizontale dont la longueur est proportionnelle à la valeur de la cellule pour les données numériques et dont la position représente les données catégoriques. La hauteur de chaque ligne est ajustée pour s'adapter à l'espace disponible. Les utilisateurs peuvent alors se focaliser sur des cellules individuelles ou multiples en zoomant dessus. De plus, les utilisateurs peuvent trier les lignes pour voir les relations entre les données. La technique de visualisation a l'avantage de permettre de placer un très grand nombre d'informations dans le tableau sans que la lisibilité n'en souffre (Rao & Card, 1994).

en pointant sur un objet placé en amont ou en aval de la séquence. Il peut aussi agrandir l'objet du focus et lui faire occuper tout l'écran. Les objets sont ordonnés de gauche à droite et de haut en bas sur l'écran afin de faciliter la navigation.

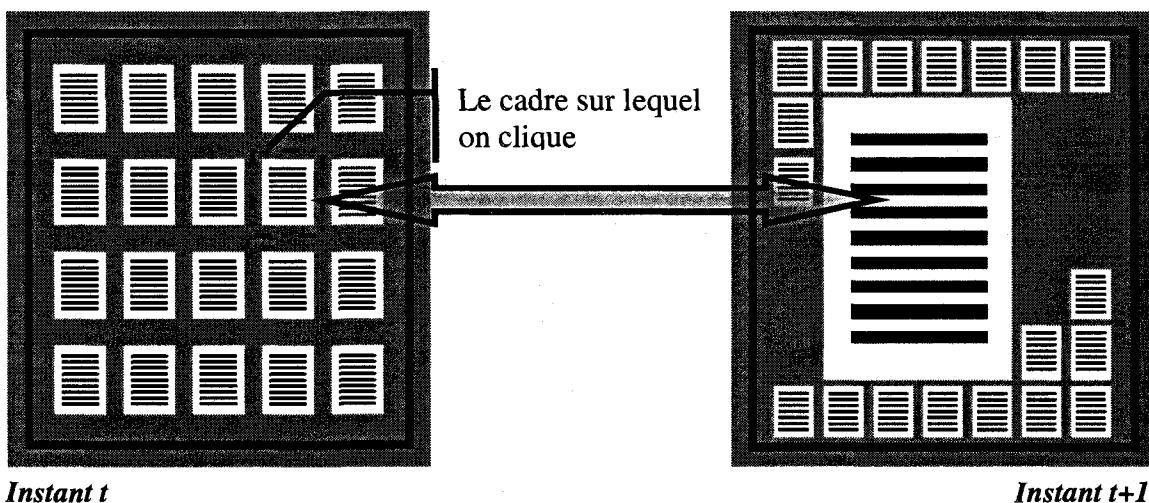


Figure 4.10 : Principe du zoom et basculement

(Björk et al., 1999b) ont utilisé cette technique dans un navigateur Web pour PDAs nommé WEST. Ainsi, chaque page Web est découpée en un ensemble d'objets représentés sous forme de cartes (figure 4.11). L'utilisateur navigue à travers les différents objets en utilisant soit les boutons de navigation du terminal, soit un stylet. WEST est composé de différents niveaux hiérarchiques. Pour se déplacer entre les niveaux, l'utilisateur n'a qu'à cliquer sur l'objet qui l'intéresse. Si celui-ci correspond à plusieurs cartes, elles apparaîtront les unes à côté des autres à l'écran; s'il correspond à une seule carte, le contenu de celle-ci occupera tout l'espace-écran. Les contenus des objets sont affichés selon trois modes : affichage par *mini-croquis*, affichage par *résumé* et affichage par *lien*. Il est possible de changer de mode au cours de la navigation.

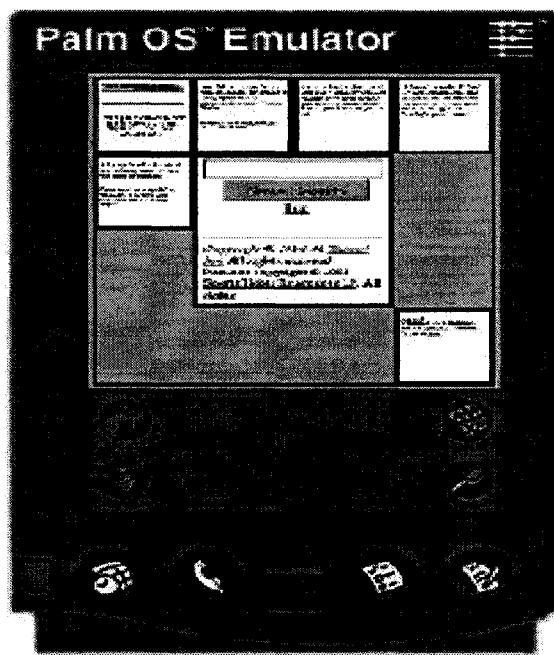


Figure 4.11 : Interface de WEST
(Björk et al., 1999b)

Une étude d'évaluation (Björk et al., 1999b) a été effectuée afin de comparer deux interfaces d'un même moteur de recherche Web utilisé sur des écrans de PDAs, l'un utilisant des barres de défilement et l'autre l'interface WEST. Les résultats montrent que cette dernière a été très appréciée par les utilisateurs. Elle offre une meilleure vue d'ensemble que les navigateurs traditionnels. De plus, elle facilite la recherche de champs texte. En revanche, l'apprentissage du *zoom et basculement* exige plus de temps et d'efforts de la part de l'utilisateur que les barres de défilement.

Une autre application réalisée sur un PDA de type *Casio Cassiopeia E11* (Björk, Holmquist, Ljungstrand & Redstrom, 2000) utilise la technique du *zoom et basculement* : le PowerView (figure 4.12). Cette application porte sur l'utilisation d'un

calendrier et permet avec une seule main d'accéder aux différentes parties de l'interface. L'évaluation révèle qu'il n'existe pas de différence significative dans les temps d'exécution de tâches entre l'interface PowerView et une interface utilisant le défilement, même si les utilisateurs n'avaient pas reçu de formation sur l'interface PowerView. De plus, les utilisateurs perçoivent la disposition de l'information comme étant meilleure sur l'interface PowerView que sur l'interface avec défilement. Parce qu'elle simplifie la navigation et peut être utilisée d'une seule main, l'interface PowerView s'avère une alternative valable aux interfaces actuelles des PDAs.

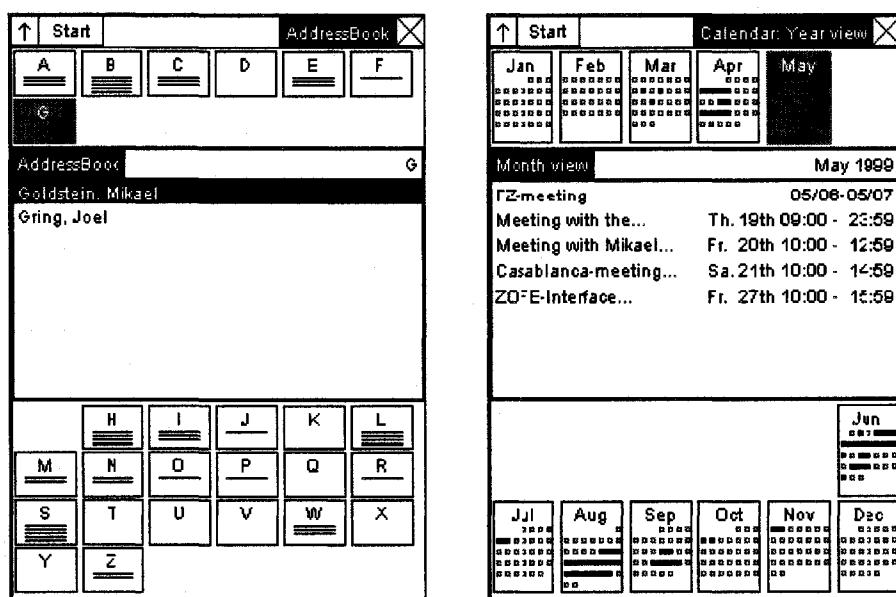


Figure 4.12 : Interfaces de PowerView

(Björk et al.,2000)

4.3.1.2 Vue en œil de poisson

La technique de distorsion *œil de poisson* (*fisheye*), introduite par (Spence & Apperley, 1982), portait au début le nom d'affichage bi-focus. Le principe est de distordre l'espace d'information de telle sorte que les objets sous focus soient agrandis alors que les objets périphériques sont rétrécis (Robertson & Mackinlay, 1993). (Furnas, 1986) a généralisé cette technique en proposant une fonction de degré d'intérêt, qui permet de calculer la pertinence de chaque objet dans l'espace d'informations. Cette technique d'affichage a été utilisée pour plusieurs types d'objets tels que les graphiques (Sarkar & Brown, 1992), les représentations arborescentes (Lamping, Rao & Pirolli, 1995), les menus (Bederson, Meyer & Good, 2000) mais son efficacité reste mitigée.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à cette technique et ont développé des produits pour les ordinateurs de bureau comme «*City Lights*» (Zellweger, Mackinlay, Good, Stefi & Baudisch, 2003). Celui-ci fournit des vues contextuelles le long des bordures des fenêtres et des sous-fenêtres en montrant des barres qui permettent de localiser des objets situés au-delà de la frontière de l'écran (figure 4.13-a). Les barres indiquent à l'utilisateur qu'il existe une autre fenêtre que celle vue à l'écran, et la dimension de la barre indique l'éloignement de la fenêtre par rapport à l'écran. Un autre produit utilisant la vue en *œil de poisson* est un navigateur Web pour ordinateur de bureau : le Fishnet (Baudisch, Lee & Hanna, 2004b) (figure 4.13-b). Ce produit permet d'afficher des pages Web dans leur intégralité en montrant la région sous focus à une

échelle lisible tout en comprimant le contenu des pages situées au-dessus et au-dessous de cette région. Il permet aux utilisateurs de balayer visuellement les résultats d'une recherche sur toute la page de l'écran sans avoir recours au défilement.

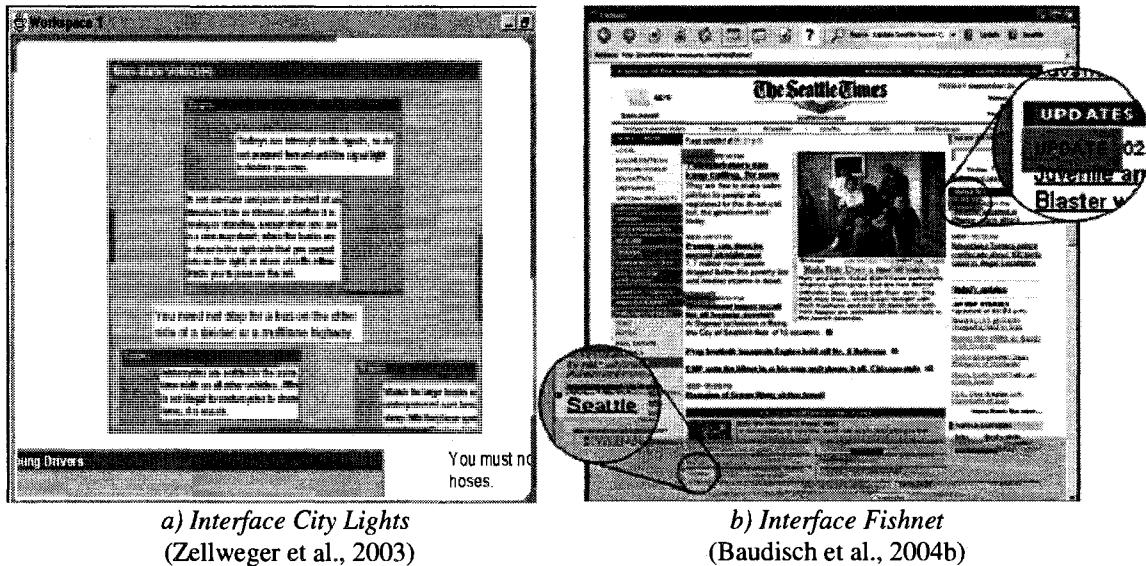


Figure 4.13 : Exemples d'interfaces sur PC utilisant la technique œil de poisson

La technique *œil de poisson* a été utilisée sur les interfaces de PDA. Un des produits les plus connus l'utilisant est le *DateLens* (Bederson & Clamage, 2004). La figure 4.14 montre une application utilisant la technique œil de poisson pour un calendrier. Une étude d'évaluation (Bederson & Clamage, 2004) a montré que les tâches complexes¹⁰ (ex. : navigation, comptage et planification) sont effectuées 17% plus rapidement avec le calendrier de *DateLens* qu'avec celui de Microsoft Pocket PC 2002. Par contre, le calendrier standard du PocketPC 2002 était meilleur que celui de *DateLens* dans les tâches simples (ex. : recherche).

¹⁰ Les tâches de navigation, de comptage et de planification sont les plus complexes car elles nécessitent de la part de l'utilisateur de garder de l'information dans la mémoire à court-terme lors de la navigation ou du défilement à travers le calendrier (Bederson & Clamage, 2004).

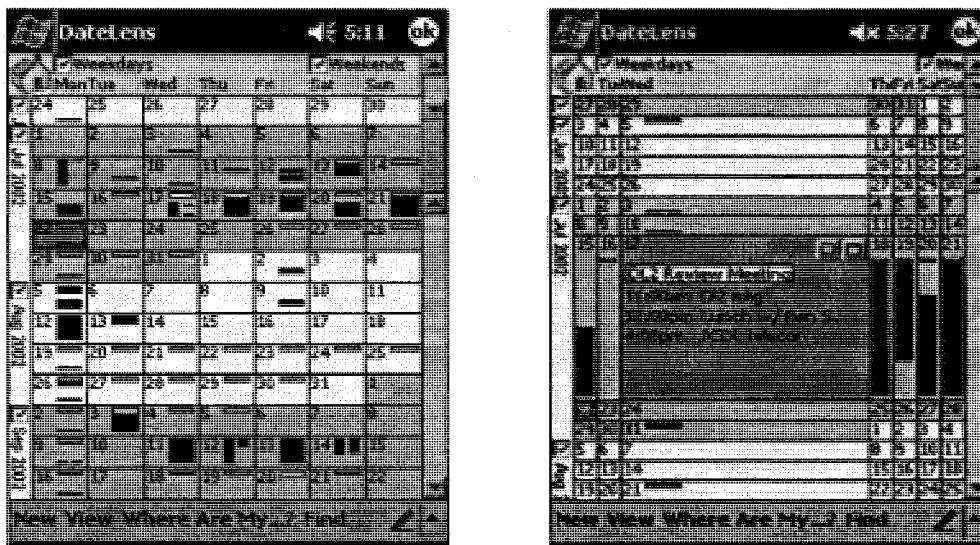


Figure 4.14 : Exemples d'interfaces de *DateLens*

(Bederson & Clamage, 2004)

4.3.2 Le concept de zoom

Les problèmes liés à l'utilisation des barres de défilement et des interfaces de type WIMP (Window, Icon, Menu, Pointer) (Ziat & Gapenne, 2005) sur des écrans de petite taille ont amené des chercheurs à développer d'autres techniques basées sur le zoom. Cette technique donne l'impression à l'utilisateur de ne plus être limité aux frontières physiques de l'écran du terminal. Le but est d'accélérer la vitesse de navigation et de fournir des perspectives multiples sur les données affichées à l'écran.

Des études (Gutwin & Fedak, 2004) ont montré que l'utilisation du zoom dans les interfaces des ordinateurs de bureau donne une meilleure performance de navigation que la barre de défilement. Parmi les produits qui utilisent la technique du zoom, on trouve PAD développé par (Perlin & Fox, 1993), puis PAD++ développé par (Bederson &

Hollan, 1994) et le système Jazz de (Bederson, Meyer, & Good, 2000). Pour ce qui est de l'utilisation du concept de zoom sur les interfaces des écrans de PDAs, on trouve le système *Collapse-to-zoom* (figure 4.15) développé par (Baudisch, Xie, Wang & Ma, 2004a).

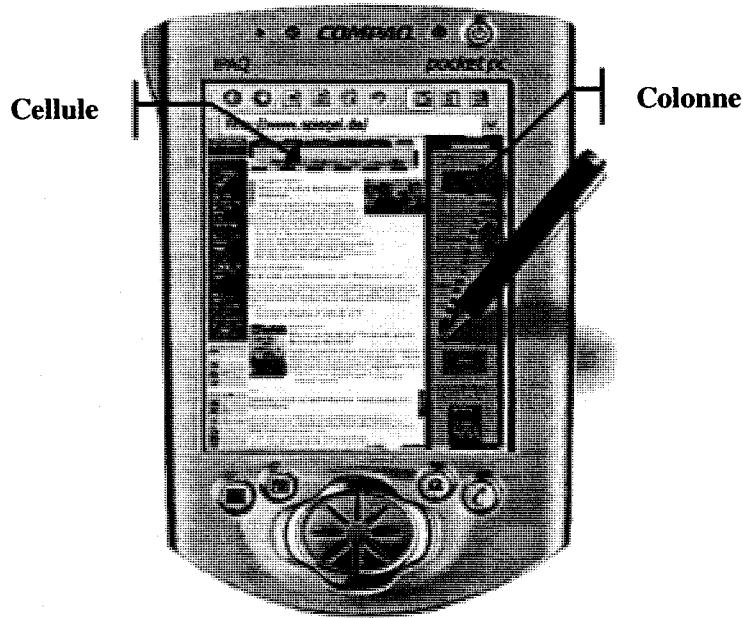


Figure 4.15 : Exemple de l'interface Collapse-to-zoom
(Baudisch et al., 2004a)

Visualiser des pages Web sur des petits écrans représente un défi de taille pour les utilisateurs parce qu'ils ont de la difficulté à localiser rapidement et efficacement le contenu dont ils ont besoin. Le système *Collapse-to-zoom* (Baudisch et al., 2004a) offre une nouvelle stratégie d'exploration en montrant le contexte visuel d'une page Web tout en permettant de faire des zooms sur les parties pertinentes. Il permet aussi aux utilisateurs d'éliminer les parties non pertinentes comme des colonnes de publicité, des

menus ou même des archives. Ainsi, ce qui reste comme information pourra s'agrandir, permettant à l'utilisateur de se concentrer sur le contenu pertinent. Cela permet de trouver plus facilement l'information recherchée. L'interaction avec le système *Collapse-to-zoom* se fait au moyen du stylet. La sélection se fait de la même manière que pour les cellules dans un fichier Excel (figure 4.16).

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					
101					
102					
103					
104					
105					
106					
107					
108					
109					
110					
111					
112					
113					
114					
115					
116					
117					
118					
119					
120					
121					
122					
123					
124					
125					
126					
127					
128					
129					
130					
131					
132					
133					
134					
135					
136					
137					
138					
139					
140					
141					
142					
143					
144					
145					
146					
147					
148					
149					
150					
151					
152					
153					
154					
155					
156					
157					
158					
159					
160					
161					
162					
163					
164					
165					
166					
167					
168					
169					
170					
171					
172					
173					
174					
175					
176					
177					
178					
179					
180					
181					
182					
183					
184					
185					
186					
187					
188					
189					
190					
191					
192					
193					
194					
195					
196					
197					
198					
199					
200					
201					
202					
203					
204					
205					
206					
207					
208					
209					
210					
211					
212					
213					
214					
215					
216					
217					
218					
219					
220					
221					
222					
223					
224					
225					
226					
227					
228					
229					
230					
231					
232					
233					
234					
235					
236					
237					
238					
239					
240					
241					
242					
243					
244					
245					
246					
247					
248					
249					
250					
251					
252					
253					
254					
255					
256					
257					
258					
259					
260					
261					
262					
263					
264					
265					
266					
267					
268					
269					
270					
271					
272					
273					
274					
275					
276					
277					
278					
279					
280					
281					
282					
283					
284					
285					
286					
287					
288					
289					
290					
291					
292					
293					
294					
295					
296					
297					
298					
299					
300					
301					
302					
303					
304					
305					
306					
307					
308					
309					
310					
311					
312					
313					
314					
315					
316					
317					
318					
319					
320					
321					
322					
323					
324					
325					
326					
327					
328					
329					
330					
331					
332					
333					
334					
335					
336					
337					
338					
339					
340					

- *Diriger le stylet vers la gauche et vers le bas* permet d'enlever la cellule sélectionnée et d'étendre ce qui reste de l'interface sur toute la page-écran (figure 4.17-d).

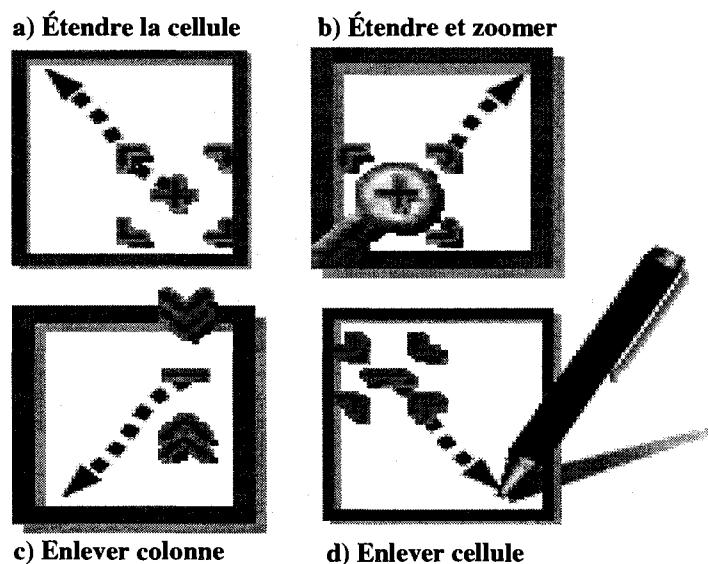


Figure 4.17 : Les quatre gestes pour interagir avec le système *Collapse-to-zoom*
(Baudisch et al., 2004a)

Les gestes sont basés sur l'idée de sélection « Mark-key » utilisée dans des programmes d'édition d'images ou de feuilles de calcul. Cependant, *Collapse-to-zoom* tient aussi compte de la direction du geste de sélection de sorte que chaque « mark-key » spécifie non seulement une surface mais aussi une commande (Baudisch et al., 2004a). *Collapse-to-zoom* offre des boutons additionnels situés en haut de la page qui permettent de passer d'un mode de visualisation à l'autre ou d'annuler la dernière commande de navigation. De plus, les utilisateurs peuvent restaurer les cellules et les colonnes qu'ils ont enlevées en cliquant sur les surfaces grises qui les représentent. Même si le zoom

peut être dynamiquement contrôlé par l'utilisateur, il permet d'avoir un seul type de vue à la fois. Cette limitation a mené au développement de la technique de *vue multiple*. Celle-ci permet d'avoir à la fois une vue d'ensemble de l'espace présenté de façon miniature et une vue détaillée d'une partie des informations présentées à la taille normale.

Il a été prouvé dans certains cas que la technique de vue multiple pouvait surclasser celle de l'œil de poisson et même les techniques de visualisation panoramique¹¹. (Gutwin & Fedak, 2004) ont comparé ces trois techniques pour des écrans de PDAs. Les trois tâches expérimentales consistaient à éditer, naviguer et contrôler. La variable dépendante mesurée était le temps de réalisation. Pour la tâche d'édition, les résultats ont montré que la technique œil de poisson et la vue multiple étaient significativement plus rapides que la visualisation panoramique ; par contre il n'y avait pas de différence significative entre l'œil de poisson et la vue multiple.

Pour la tâche de navigation, la technique œil de poisson est significativement plus rapide que la vue multiple et la visualisation panoramique. Pour la tâche de contrôle, la vue multiple s'avère meilleure que la technique œil de poisson qui est elle-même plus rapide que la visualisation panoramique. Avec la technique de vue multiple, les utilisateurs étaient capables de recommencer la tâche, suite à un premier échec, trois secondes plus rapidement qu'avec la technique œil de poisson, et presque 14 secondes

¹¹ Les techniques de visualisation panoramique permettent de naviguer dans des grands espaces en se déplaçant au moyen des barres de défilement (Gutwin & Fedak, 2004).

plus rapidement qu'avec la technique de visualisation panoramique. Malgré les avantages de la technique du zoom, son utilisation comporte un risque de désorientation pour l'utilisateur. (Jul & Elson, 1998) ont donné à ce phénomène le nom de « *brouillard de désert* » (*desertfog*).

Cette désorientation fait en sorte que l'utilisateur ne sait plus dans quelle section de l'interface il se trouve. Des solutions ont été proposées pour remédier à ce problème. D'abord (Pook, Lecolinet, Vaysseix & Barillot, 2000) ont eu l'idée de rendre la page du contexte transparente. Ils proposent deux aides temporaires et transparentes qui montrent à l'utilisateur sa position dans l'espace d'informations à tout instant. Le problème que cela provoque toutefois a trait aux interférences qui se créent entre le premier plan et l'arrière-plan et qui peuvent perturber l'utilisateur. Puis (Ziat & Gapenne, 2005) ont ajouté à la technique du zoom un retour tactile et proprioceptif (*zoom haptique*) comme modalité de sortie. À la lumière d'une seule étude préliminaire sur le sujet, il est impossible de se prononcer sur les avantages qui pourraient en découler.

4.3.3 Dépassement des limites de l'écran

Cette section décrit trois techniques de présentation d'information sur PDAs : Halo, Wedge et Judas (*Peephole*). L'idée à la base de ces techniques est d'exploiter l'espace virtuel qui existe autour de l'écran afin de remédier au problème de manque d'espace sur l'écran.

4.3.3.1 Halo

Pour planifier un voyage, on consulte souvent une carte géographique sur un écran d'ordinateur de bureau pour chercher l'emplacement de différents endroits comme des musées, des hôtels, des gares, des monuments, etc. Il arrive souvent, lorsqu'on fait le zoom sur différents points de la carte, que nos repères soient perdus pour retracer l'itinéraire entre un point de départ (ex. : notre lieu d'hébergement) et un lieu d'intérêt sur la carte, comme le montre la figure 4.18.

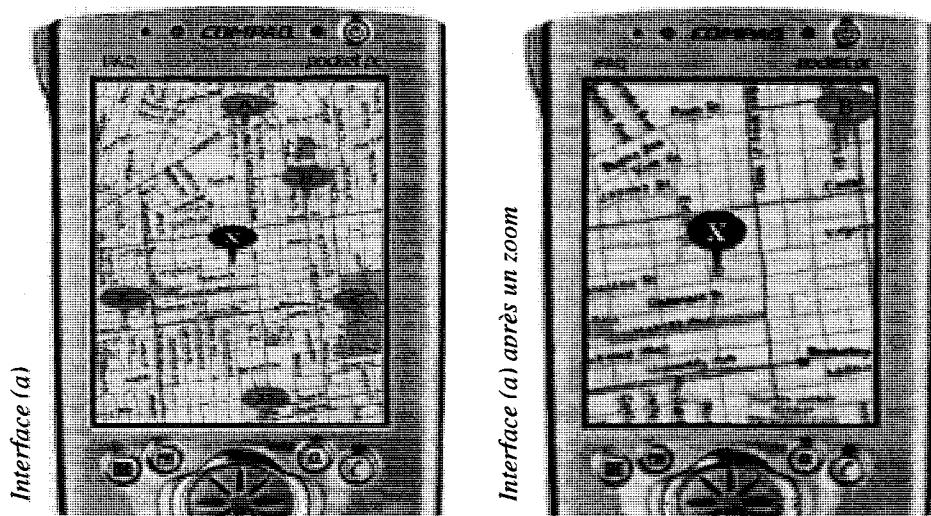


Figure 4.18 : En zoomant sur le point « X » de l'interface (a), l'utilisateur peut perdre l'emplacement exact des points A, C, D et E. Il doit alors revenir à une plus petite échelle pour les situer par rapport à son point d'origine X
 (Baudisch & Rosenthalz, 2003)

Pour remédier à ce problème, on est souvent obligé de revenir à une échelle plus petite pour connaître l'emplacement des autres points trouvés sur la carte. Le problème est très marqué lorsqu'on veut utiliser des cartes géographiques sur des écrans de PDAs

à cause de la taille réduite des écrans. La solution à ce problème est d'exploiter l'espace disponible au-delà des frontières de l'écran du PDA. (Baudisch & Rosenthalz, 2003) ont développé une technique de visualisation, appelée « *Halo* », qui soutient la perception spatiale des utilisateurs en indiquant l'endroit où se trouve l'objet d'intérêt en-dehors des frontières de l'écran.

La figure 4.19 montre l'espace virtuel utilisé par le système Halo pour remédier au manque d'espace à l'écran lorsqu'on affiche par exemple, une carte géographique sur un écran de PDA.

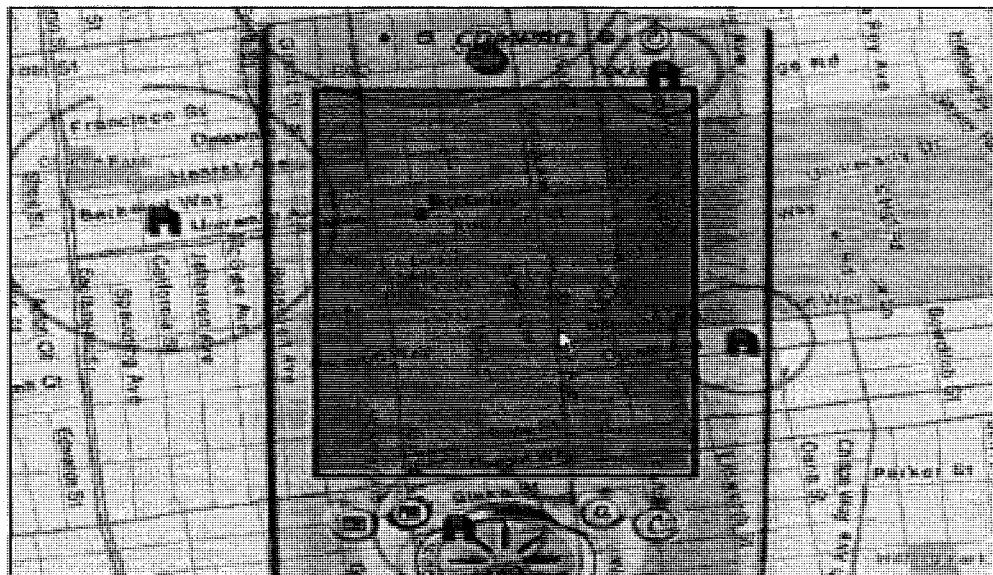


Figure 4.19 : L'espace virtuel exploité par le système Halo autour de l'écran du PDA
(Baudisch & Rosenthalz, 2003)

Le principe de Halo consiste à encercler les objets hors écran auxquels on s'intéresse avec des anneaux ; le centre de ces anneaux correspond aux objets en question, l'arc de cercle que l'on voit à la frontière de l'écran montre dans quelle

direction se trouve l'objet, et la grandeur de l'arc indique à quelle distance approximative l'objet se trouve de l'écran. Ces objets doivent être définis au début. La technique, qui a surtout été utilisée pour visualiser des cartes géographiques, permet de toujours garder contact avec les objets. (Baudisch & Rosenholtz, 2003) ont comparé deux versions de l'interface Halo, l'une utilisant des arcs (figure 4.20-a) et l'autre, des flèches (figure 4.20-b).

La technique avec flèches a donné de meilleurs résultats que la technique avec arcs. On remarquera que la technique avec flèches affiche sur chaque flèche la distance qui existe entre le point d'origine (la voiture) et le point cible. Le problème avec les arcs se pose quand il y a chevauchement.

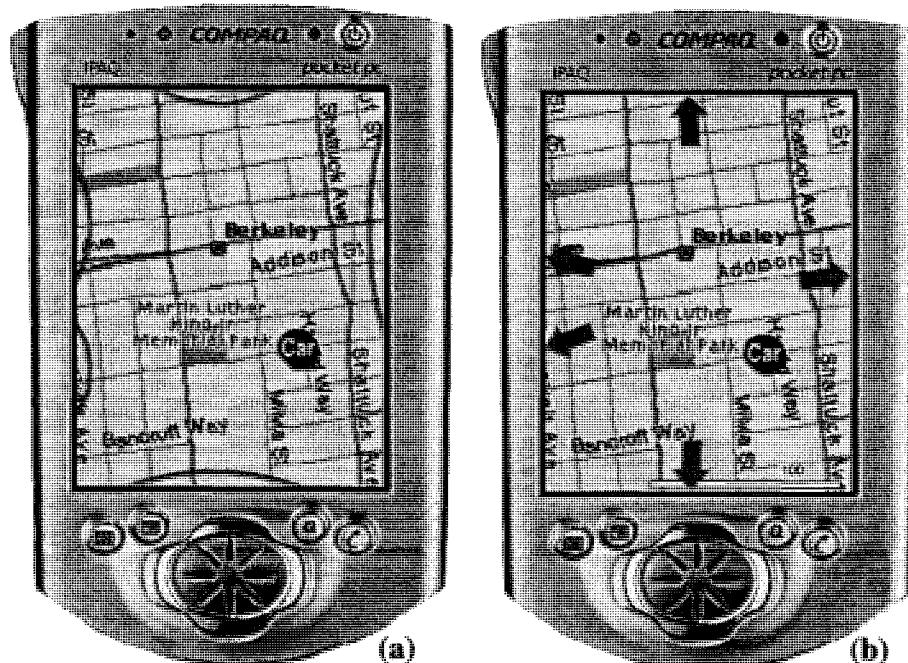


Figure 4.20 : *Halo* utilisant le concept des arcs (a) ou le concept des flèches (b)
(Baudisch & Rosenholtz, 2003)

4.3.3.2 Wedge

Nonobstant les avantages de la technique Halo, il reste que cette dernière présente certains inconvénients lorsque les points de localisation sont assez proches, ce qui cause un encombrement et un chevauchement des arcs, empêchant et gênant la détection de la direction et de la distance de chaque cible (figure 4.21).

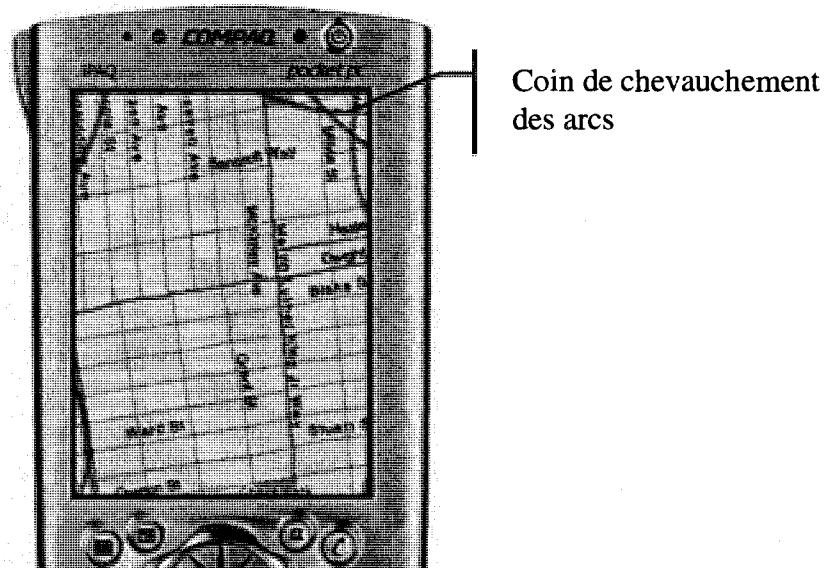


Figure 4.21 : Exemple de problème avec la technique Halo
(Baudisch & Rosenthalz, 2003)

(Gustafson, Baudisch, Gutwin & Irani, 2008) ont amélioré la technique Halo en développant l'outil Wedge. Cette technique combine les avantages des deux méthodes (arcs et flèches) de Halo. Au lieu de représenter sous forme d'arcs, les points qui sont en dehors de la frontière du cadre de l'écran du PDA, Wedge utilise la représentation sous forme de secteurs. Les deux branches du secteur pointent vers la cible qui se trouve en dehors du cadre de l'écran (figure 4.22).

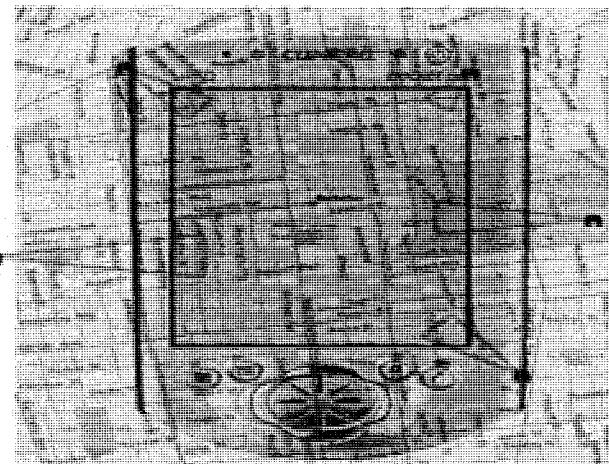


Figure 4.22 : L'espace virtuel exploité par le système Wedge autour de l'écran du PDA
(Gustafson et al., 2008)

Dans le cas où il y a chevauchement des secteurs (figure 4.23-a), le système Wedge s'ajuste automatiquement (figure 4.23-b et 4.23-c) afin d'éviter ce chevauchement et garantir à la même occasion une bonne lecture de la cible. Une étude comparative a été faite pour comparer Wedge et Halo (Gustafson et al., 2008), et les résultats ont montré que Wedge était plus rapide que Halo et que son taux d'erreur était plus faible que celui de Halo. De plus 65% des utilisateurs ont préféré Wedge à Halo.

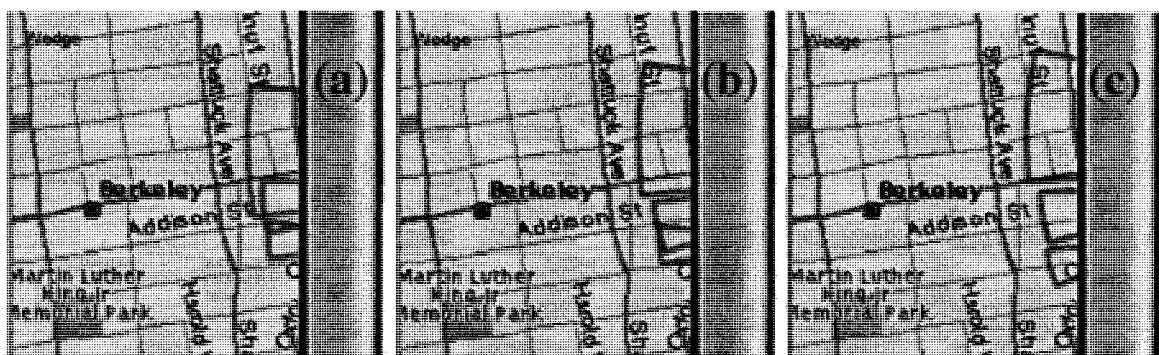


Figure 4.23 : Ajustement automatique des secteurs par Wedge
(Gustafson et al., 2008)

4.3.3.3 Judas (*Peephole*)

La technique du Judas, développée par (Yee, 2003), offre la possibilité d'interagir avec un espace virtuel plus grand que celui de l'écran du PDA. Pour se déplacer horizontalement dans l'espace virtuel, il suffit de déplacer le PDA horizontalement (figure 4.24) d'où l'aspect 2D de la technique. Pour agrandir le contenu affiché à l'écran, il suffit de déplacer le PDA vers le haut ou vers le bas. L'ensemble de ces mouvements donne à la technique du Judas son aspect 3D. La technique a été utilisée avec les différents types d'objets suivants :

- *carte* : par exemple, une carte géographique, routière ou du métro (figure 4.24).

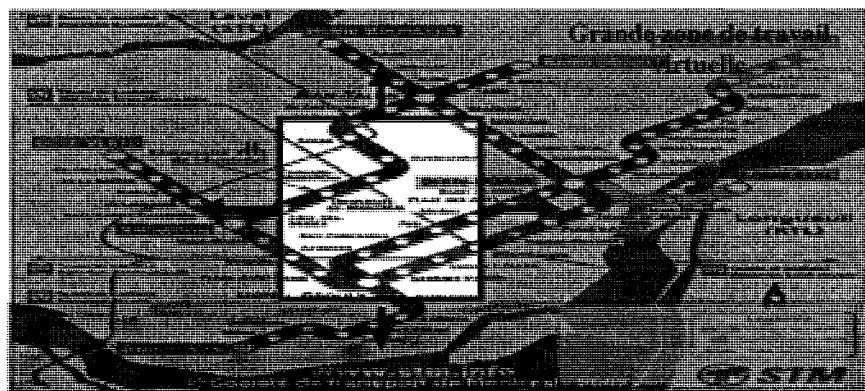


Figure 4.24 : Utilisation de la technique du Judas sur une carte de métro de Montréal

- *liste* : il est possible de faire défiler une liste en positionnant le PDA verticalement et en le déplaçant vers le haut ou vers le bas d'une seule main comme le montre la figure 4.25 (Yee, 2003).

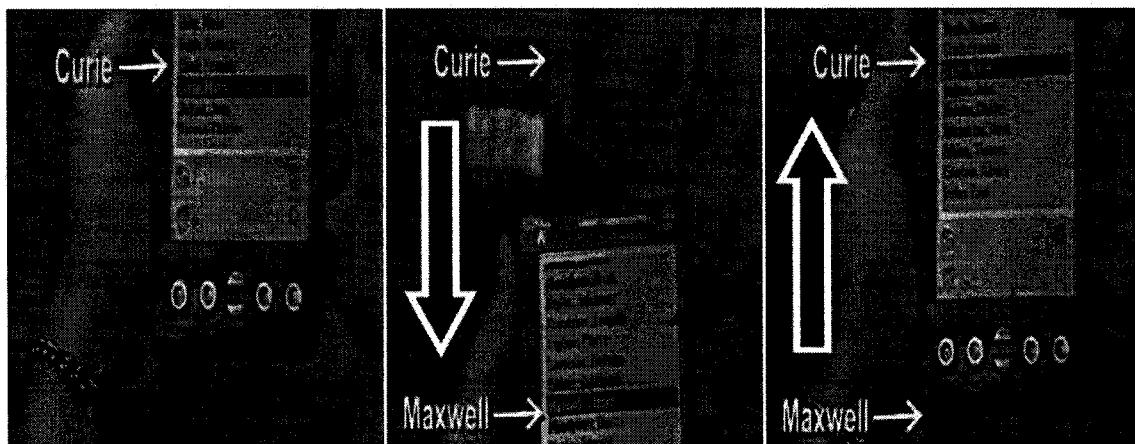


Figure 4.25 : Utilisation du concept de Judas pour présenter une liste défilante
(Yee, 2003)

- **dessin** : il est possible de faire un dessin plus grand que la taille de l'écran et de naviguer dans l'espace virtuel.
- **texte** : l'utilisateur peut écrire du texte à main levée, sans interruption, sur une ligne qui va bien au-delà des limites de l'écran du PDA, comme le montre la figure 4.26 (Yee, 2003).

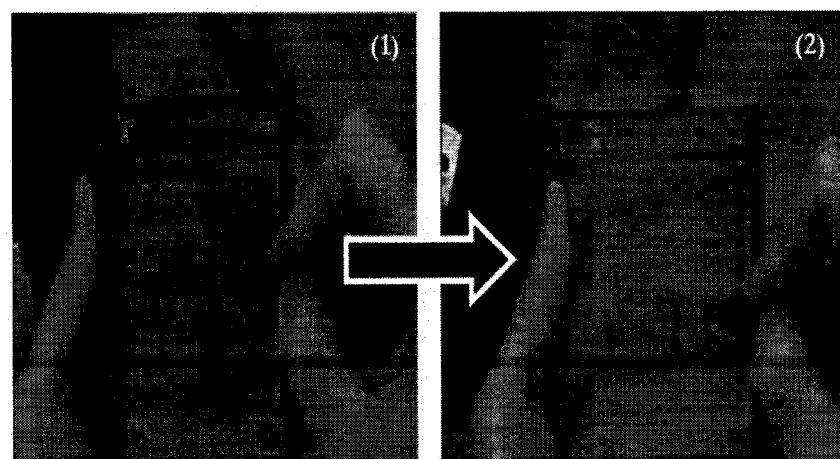


Figure 4.26 : Ecriture d'une ligne de texte qui va bien au-delà de l'écran du PDA
(Yee, 2003)

Une étude d'utilisabilité a été menée par (Yee, 2003) pour comparer l'interface Judas avec l'interface conventionnelle qui est la plus souvent utilisée pour réaliser les deux tâches suivantes : la visualisation de cartes et le dessin. Pour chacune des deux tâches, l'auteur a testé la sélection à une main et la sélection à deux mains. Il a mesuré la vitesse d'exécution et le degré de préférence des sujets. Les résultats montrent que pour la tâche de sélection à une main, l'interface Judas était 15% plus rapide que l'interface conventionnelle alors que pour la tâche de sélection à deux mains, l'interface conventionnelle était 21% plus rapide que l'interface Judas. Pour la tâche de visualisation de cartes, il n'y avait pas de différence significative de performance entre les deux interfaces, que ce soit pour trouver un endroit ou pour planifier un chemin. A noter que l'interface Judas requiert l'utilisation d'une seule main alors que l'interface conventionnelle requiert l'utilisation de deux mains. Pour la tâche de dessin, l'interface Judas était 32% plus rapide que l'interface conventionnelle et cette différence était fortement significative. L'interface Judas a été préférée pour la sélection à une main et la tâche de visualisation de cartes, et elle a été fortement préférée pour la tâche de dessin (Yee, 2003).

Un des inconvénients de la technique du Judas est qu'elle risque d'engendrer confusion et erreurs lorsque le sujet se déplace en même temps qu'il utilise son PDA, car le système pourrait ne pas pouvoir discerner le mouvement du PDA de celui de l'utilisateur en mouvement.

4.4 Fonctionnalités liées aux caractéristiques physiques du PDA

Nous regroupons ici trois techniques de présentation d'informations qui dépendent des caractéristiques physiques du PDA. Leur objectif est de minimiser l'encombrement de l'écran et d'améliorer la présentation de l'information sur celui-ci.

4.4.1 Orientation et mouvements de l'écran

Sur certains modèles de PDA, il est possible de choisir le sens de l'affichage à l'écran, en mode portrait (vertical) ou en mode paysage (horizontal), selon les exigences de la tâche ou nos préférences personnelles. Par ailleurs, grâce à un détecteur de mouvements intégré au PDA, nous pouvons faire défiler l'affichage à l'écran en faisant pivoter le PDA autour d'un axe horizontal invisible. Ce type d'interface est connu sous le nom d'interface incorporée (*Embodied user interface*) (Fishkin, Moran & Harrison, 1998). Ce qui différencie ce type d'interface de l'interface Judas est qu'avec ce dernier, le PDA doit être déplacé vers l'avant, vers l'arrière, vers le haut ou vers le bas, alors qu'avec l'interface incorporée, il suffit d'incliner le PDA pour faire défiler le contenu à l'écran. Cette technique a été utilisée récemment pour les nouveaux SmartPhone, « *iPhone Touch* ». Plusieurs jeux se pratiquent en pivotant le terminal soit en avant soit en arrière ou en l'inclinant à droite ou à gauche pour faire déplacer les objets sur l'interface.

4.4.2 Luminosité de l'écran et vibration

Avec l'augmentation de la puissance des batteries, on peut avertir ou informer l'utilisateur en faisant varier la luminosité de l'écran du PDA (ex. : par clignotement ou surbrillance de l'affichage) ou en activant un vibreur.

4.4.3 Son

Le son peut également être utilisé pour avertir ou informer l'utilisateur du PDA. Cela va du simple bip sonore à la reconnaissance et à la synthèse de la parole. On évite ainsi d'encombrer l'espace-écran avec des boutons de commandes, des menus ou des messages. Comme l'utilisateur de PDA est souvent en mouvement et travaille d'une seule main, cette modalité d'interaction semble particulièrement intéressante. Se pose toutefois le problème de reconnaissance et de synthèse de la parole sur des appareils ayant une faible puissance de calcul comparativement aux PCs conventionnels, de même que le problème de confidentialité des données qui seront saisies ou entendues à haute voix.

4.5 Synthèse

Les tableaux 4.1, 4.2 et 4.3 présentent une synthèse des principaux avantages et inconvénients des techniques de présentation 2D et 3D et de celles liées aux fonctionnalités du PDA. Des tâches ou des objets pour lesquels les techniques semblent les mieux adaptées sont aussi identifiés.

Tableau 4.1 : Synthèse des techniques de présentation des informations 2 D sur PDA

Techniques	Avantages	Inconvénients	Tâches
<i>Barre de défilement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technique bien connue des utilisateurs ▪ Donne une vue d'ensemble en un seul coup de stylet ▪ La performance augmente avec la taille de l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduit l'efficacité de lecture de 50% ▪ Augmente la charge de travail ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lecture de textes courts
<i>Menu</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Structure l'interface ▪ Donne un accès rapide aux différentes parties de l'interface 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encombre l'écran ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulaire ▪ Carte
<i>Mouvement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évite d'encombrer l'espace-écran ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmente la charge visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tableau de bord
<i>Transparence</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Affiche plus d'information à l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmente la charge visuelle ▪ Risque de confusion ▪ Inadapté lorsqu'il y a plus de deux composantes ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte ▪ Dessin ▪ Formulaire
<i>Textes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Guide l'utilisateur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Non contrôlable par l'utilisateur. ▪ Augmenter la charge visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Texte court
<i>Affichages des libellés</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évite d'encombrer l'espace-écran ▪ Donne une vue d'ensemble 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besoin d'une barre de défilement lorsque le nombre de libellés est trop grand ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulaire

Tableau 4.2 : Synthèse des techniques de présentation des informations 3D sur PDA

Techniques	Avantages	Inconvénients	Tâches
<i>Zoom et basculement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Donne une vue d'ensemble ▪ Permet l'accès rapide au contenu de l'interface 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nécessite un certain temps d'apprentissage ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulaire ▪ Page Web
<i>Œil de poisson</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Donner une vue d'ensemble et une vue détaillée sur une partie ▪ Permet de visualiser rapidement l'information à l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rend des tâches simples très lentes à effectuer ▪ Augmente la charge visuelle ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calendrier ▪ Formulaire ▪ Page Web
<i>Halo</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montre l'information au-delà de l'écran ▪ Plus rapide que les interfaces conventionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de confusion lorsqu'il y a plusieurs objets à localiser à l'écran ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte ▪ Tableau ▪ Outil de gestion
<i>Judas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accélère la navigation ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lent pour la sélection à deux mains ▪ Risque de défilement involontaire si utilisé en mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tâche de sélection à une main ▪ Carte, dessin, liste
<i>Zoom</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accélère la navigation ▪ Permet d'accéder rapidement à différents niveaux de détails 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un seul type de vue à la fois ▪ Possibilité de désorientation ▪ Devoir utiliser les deux mains 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte ▪ Base de données
<i>Wedge</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remédie aux problèmes de chevauchement des arcs dans le cas de Halo ▪ Accélère la navigation et la recherche des cibles sur l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Devoir utiliser les deux mains ▪ Risque de chevauchement toujours présent lorsque le nombre de cibles est grand 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte ▪ Tableau ▪ Outil de gestion

Tableau 4.3 : Synthèse des techniques de présentation des informations liées aux fonctionnalités sur PDA

Techniques	Avantages	Inconvénients	Tâches
<i>Vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évite d'encombrer l'écran ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consomme l'énergie de la batterie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toute tâche
<i>Son</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évite d'encombrer l'écran ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problème de confidentialité 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toute tâche non confidentielle
<i>Mouvement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque de défilement involontaire si l'écran est bougé par erreur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longue liste ▪ Petit formulaire
<i>Luminosité</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évite d'encombrer l'écran ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consomme l'énergie de la batterie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toutes les tâches
<i>Orientation</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permet de choisir entre les modes portrait et paysage ▪ Naviguer d'une seule main 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucun 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tableau ▪ Formulaire ▪ Image

Dans cette section, nous avons examiné plusieurs techniques de présentation d'informations sur des écrans de PDAs. La recherche sur ces techniques est en pleine effervescence et a engendré des innovations technologiques très intéressantes. De façon générale, on dispose encore de peu de données d'évaluation de la performance et la satisfaction humaines avec ces techniques, notamment dans des situations réelles de travail. De plus, il reste difficile de comparer ces techniques entre elles à cause du

manque de références communes. En effet, les évaluations ont porté sur différentes applications (ex. : navigateurs Web, tableaux, calendriers, cartes géographiques), différentes tâches expérimentales, différentes techniques de saisie de données et différents contextes de mobilité des utilisateurs (ex. : dans une salle vs à l'extérieur). De telles différences s'expliquent par le fait que les techniques ont été développées par différents auteurs et qu'elles répondent à des besoins différents. L'inconvénient est qu'il est alors difficile de choisir une ou des techniques d'affichage de façon éclairée. Pour développer un corpus de connaissances solides sur les techniques de présentation d'informations sur PDAs, non seulement il faut mener plus de recherches sur l'évaluation de la performance et de la satisfaction humaines avec celles-ci, mais il faudrait aussi définir un protocole d'évaluation commun qui permette de comparer les résultats les uns aux autres.

Par ailleurs, on assiste actuellement au développement de plusieurs nouvelles applications sur PDAs pour réaliser différentes tâches (ex. : inspection, contrôle) mais sans retour d'informations sur leur pertinence et leur succès. Il est certain qu'il y a des tâches qui conviennent mieux que d'autres aux PDAs mais celles-ci restent à découvrir et à tester. Pour cela, nous avons effectué une étude empirique dans le but de comprendre les besoins des inspecteurs, leur environnement de travail, le contexte dans lequel ils opèrent, leurs attentes par rapport aux terminaux mobiles et plus particulièrement le contexte d'utilisation des PDAs. Le détail de cette étude est présenté dans le chapitre suivant.

Partie II : Problématique – Objectifs et hypothèses

- *Chapitre 5 : Étude empirique de la tâche d'inspection dans cinq domaines d'application*
- *Chapitre 6 : Étude empirique de formulaires papier*
- *Chapitre 7 : Problématique – objectifs et hypothèses*
- *Chapitre 8 : Conception et développement des prototypes d'interface des quatre modèles de présentation pour trois types de formulaires sur PDA*

CHAPITRE 5 : ÉTUDE EMPIRIQUE DE LA TÂCHE D'INSPECTION DANS CINQ DOMAINES D'APPLICATIONS

Ce chapitre présente l'étude empirique que nous avons réalisée sur la tâche d'inspection dans cinq domaines d'applications.

5.1 Motivation

L'inspection est une tâche qui peut directement bénéficier des avantages de l'informatique mobile (Baffoun & Robert, 2008). En effet, elle exige souvent de se déplacer sur le terrain (ex. : bâtiment, chantier de construction, site d'un accident, clients, etc.), de manipuler beaucoup d'informations et de recueillir des données.

De plus en plus d'organisations tendent à équiper leurs inspecteurs de terminaux mobiles tels que les PDAs afin d'utiliser les formulaires électroniques à la place des formulaires papier et ce faisant de faciliter la saisie de données et d'augmenter la performance de leurs employés. C'est dans ce cadre que nous avons pris la peine de faire cette étude afin de comprendre encore mieux le besoin des utilisateurs nomades et comme l'analyse des besoins est le point de départ du cycle de vie de développement de

n'importe quel produit, il nous est apparu logique de faire une étude empirique sur le terrain auprès des inspecteurs. L'étude a été réalisée à l'automne 2005 en collaboration avec la compagnie TELUS. Le but était de comprendre les tâches des inspecteurs, leur environnement de travail, le contexte dans lequel ils opèrent, leurs modes d'utilisation des formulaires papiers, leurs besoins et leurs attentes par rapport aux terminaux mobiles et plus particulièrement le contexte d'utilisation des PDAs.

5.2 Méthodologie

L'analyse des différents domaines d'inspection nous a permis de mieux comprendre la diversité des besoins et des contraintes des inspecteurs. En fait, chaque domaine est unique et a ses propres exigences sur le plan du recueil de données à cause des différents règlements, lois, normes, directives, etc. Nous avons rencontré des inspecteurs et des inspectrices travaillant dans les cinq domaines suivants :

- ***Tourisme (To)*** :

Nous avons rencontré deux inspecteurs de la corporation de l'industrie touristique du Québec (CITQ) responsable de la classification des établissements d'hébergement touristiques. Les inspecteurs examinent selon un calendrier bien déterminé l'ensemble des lieux d'hébergement des touristes et des voyageurs (ex. : hôtel, gîte, résidence de tourisme, centre de vacances, village d'accueil, auberge de jeunesse, établissement d'enseignement). Ces inspecteurs sont déjà équipés d'une ardoise électronique pour faire la collecte de données.

- ***Transport (Tr) :***

Nous avons suivi quatre inspecteurs de la société de transport de la communauté urbaine de Québec (STCUQ) dont la mission est d'inspecter et d'améliorer les services qui sont offerts aux usagers, de contrôler le trafic de leur flotte de bus et de gérer les retards dus à des travaux ou des accidents dans la ville.

- ***Alimentation (Al) :***

Nous avons suivi cinq inspecteurs du ministère de l'agriculture, de la pêcherie et de l'alimentation de Québec (MAPAQ) qui contribue à la protection de la santé publique et à l'amélioration de la santé animale en exerçant une surveillance de toute la chaîne bio-alimentaire. Les inspecteurs utilisent des formulaires papier pour faire la saisie de données.

- ***Bâtiment (Bâ) :***

Nous avons accompagné cinq inspecteurs de la régie du bâtiment du Québec (RBQ). Leur fonction est d'assurer la qualité des travaux de construction et la sécurité des personnes qui accèdent à un bâtiment ou à un équipement destiné à l'usage du public ou qui utilisent une installation non rattachée à un bâtiment.

- ***Restauration (Re) :***

Nous avons accompagné une inspectrice qui travaille au sein de la compagnie Dunkin Donuts® spécialisée dans la vente de café et de gâteaux. L'inspectrice avait le rôle d'inspecter l'état sanitaire ainsi que la qualité des services offerts

aux clients dans les succursales de la compagnie sur l'île de Montréal.

L'inspectrice est équipée d'un PDA ainsi que d'une imprimante.

Le tableau 5.1 présente les principaux paramètres de l'étude et récapitule les caractéristiques des cinq domaines.

Tableau 5.1 : Principaux paramètres de l'étude empirique sur le travail d'inspection

Dom.	Nb. Inspect.	Format du formulaire	Support utilisé	Nb. formulaires	Autres appareils utilisés
To	2	Électronique	Ardoise électronique	1	Unité de mesure (télémètre infrarouge)
Tr	4	Papier	Papier	14	Appareil photo
Al	5	Papier	Papier	8	Thermomètre, Appareil photo
Bâ	5	Papier, Électronique	Papier, Ordinateur portable	13	Micromètre, Télémètre infrarouge
Re	1	Électronique	PDA	1	Imprimante portable

En trois mois, il y a eu deux rencontres avec chacun des 17 inspecteurs. Lors de la première rencontre, nous avons présenté le but de notre étude et la démarche que nous allions suivre pour la collecte des données, et en contrepartie, l'inspecteur nous a décrit son travail de façon verbale. Lors de la seconde rencontre, nous avons accompagné l'inspecteur pendant une journée de travail. Pour être à l'affût de tous les détails des tâches de l'inspecteur, nous utilisions un magnétophone pour enregistrer nos observations. Les inspecteurs se divisent en deux catégories : ceux qui utilisent encore des formulaires papier (13 inspecteurs) pour saisir des données, et ceux qui manipulent un outil informatique (4 inspecteurs).

5.3 Résultats¹²

5.3.1 Environnement de travail

La tâche d'inspection se fait dans divers milieux : chantier de construction, restaurant, immeuble, cage d'ascenseur, boucherie, ferme, chambre froide, etc. Elle peut se faire à l'intérieur comme à l'extérieur d'un édifice. Les inspecteurs sont confrontés à plusieurs facteurs qui peuvent nuire à leur efficacité : chaleur, froid, pluie, neige, humidité, bruit, plancher glissant, etc. De plus, l'opération d'inspection se fait généralement en présence de l'intéressé, c'est-à-dire du propriétaire de l'établissement à inspecter. Ce dernier passe tout le temps de l'inspection avec l'inspecteur soit pour répondre à des questions, soit pour justifier certaines actions qu'il a effectuées.

Par nature, l'être humain, est souvent hostile au fait d'être inspecté. Il a souvent un sentiment de méfiance et de crainte. C'est pourquoi l'inspecteur essaie de réaliser sa tâche d'inspection le plus vite possible tout en ne révélant, qu'à la fin, le résultat de l'inspection. Si l'intéressé soupçonne que l'inspecteur a découvert une anomalie, il va essayer, par tous les moyens, de justifier cette faille et des tensions peuvent se créer aussitôt.

Les inspecteurs retournent au bureau une fois par semaine pour remettre les formulaires d'inspection au département responsable du suivi, récupérer les nouvelles

¹² Cette étude a été publiée à la conférence IHM 2008 (Baffoun & Robert, 2008).

directives ainsi que les nouvelles tâches d'inspection, compléter leurs feuilles de temps, planifier leurs semaines, et le cas échéant, prendre les dossiers des anciens clients en cas d'inspection de suivi. Ceci les oblige à porter les anciens dossiers avec eux, pour vérifier si les anciennes recommandations ont été respectées, ce qui alourdit leurs déplacements et augmente le risque de perte des dossiers confidentiels.

5.3.2 Tâche d'inspection

Qu'il utilise des formulaires papier ou électroniques, l'inspecteur ne suit pas nécessairement l'ordre des sections du formulaire. Il peut commencer à faire la saisie de données à un endroit ou à un autre : là où il arrive sur les lieux d'inspection, là où il rencontre le propriétaire ou son représentant, là où ce dernier l'amène en premier, là où il y avait des corrections à faire lors de la dernière inspection, etc. Il doit donc être flexible et pouvoir s'adapter rapidement au contexte de chaque site d'inspection. La tâche d'inspection nécessite parfois l'utilisation des deux mains pour déplacer certains objets ou utiliser des appareils de mesures (ex. : ruban à mesure, thermomètre, etc.).

Les inspecteurs préfèrent souvent utiliser un bloc-notes pour noter rapidement les observations plutôt qu'utiliser le formulaire papier. Cette méthode leur permet de gagner du temps, d'éviter de se tromper, de corriger certaines données plus facilement en cas de besoin, de prendre des notes plus facilement, tout en s'acquittant de leur tâche et en réduisant le temps de maniement du formulaire surtout si ce dernier est assez volumineux. En outre, il est plus facile de libérer les deux mains en utilisant le bloc-

notes plutôt qu'un formulaire papier, car il est facile de poser le bloc-notes sans crainte de l'abîmer contrairement au formulaire papier. Les deux inspecteurs du domaine du tourisme et l'inspectrice du domaine de la restauration utilisent un bloc-notes pour saisir leurs observations au lieu d'utiliser respectivement leur ardoise électronique ou le PDA. En effet, les modèles de présentation de formulaires utilisés (la barre de défilement pour l'ardoise électronique et le menu pour le PDA) ne leur permettent pas de naviguer rapidement à travers le formulaire. À la fin de l'inspection, les inspecteurs transcrivent les notes qu'ils ont déjà prises sur le formulaire papier ou le formulaire électronique. Cette tâche se fait généralement sur une table ou une surface plane.

5.3.3 Importance du terminal mobile

Malgré les problèmes de saisie de données, plusieurs avantages peuvent découler de l'utilisation d'un formulaire électronique sur un terminal mobile, plus particulièrement un PDA, aussi bien pour l'employé nomade que pour son employeur. Le premier n'a plus besoin de transporter les dossiers des clients. Il peut faire un meilleur suivi des inspections et n'a plus besoin de se rendre à l'entreprise pour remettre les dossiers d'inspection, y prendre de nouveaux dossiers, ou même prendre les nouvelles directives. Pour l'entreprise, l'utilisation de PDAs par leurs employés nomades, leur permet de gagner du temps pour la saisie et le traitement des données, et par conséquent, de gagner de l'argent car tout le travail administratif qui se faisait pour les formulaires papier peut se faire directement sur le PDA.

5.3.4 Les techniques de saisie

Comme la saisie de données est assez incommoder lorsqu'on se déplace, l'idéal est de minimiser l'utilisation du clavier physique ou virtuel et de privilégier l'utilisation du stylet pour manipuler des listes. Cela convient ici à la tâche d'inspection puisque la majorité des inspecteurs que nous avons observés ont confirmé que les commentaires qu'ils rédigent sont récurrents et peuvent être regroupés et identifiés par un nom. Il faut cependant de l'assistance pour les retrouver rapidement. Par ailleurs, les capacités du PDA peuvent être exploitées pour saisir automatiquement des données qui reviennent souvent comme la date et l'heure, pour importer des données d'autres formulaires (ex. : nom, adresse, téléphone, etc.), pour naviguer rapidement à travers le système en fonction des données précédemment fournies par le répondant ou grâce aux hyperliens en place, pour faire des diagnostics automatiques sur la base des données saisies, pour bloquer la saisie de données erronées, pour afficher des informations sur demande (ex. : un règlement), pour contrôler l'accès aux informations en fonction du type de répondants, etc. Enfin, plusieurs PDAs offrent un système de reconnaissance vocale pour accélérer la saisie d'informations ; cette option est pertinente si la confidentialité des données n'est pas en jeu en présence d'autres personnes, si la saisie de certaines données à voix haute n'est pas gênante pour l'inspecteur devant le propriétaire ou le représentant de l'entreprise inspectée, ou si le bruit du milieu ambiant n'affecte pas la performance de reconnaissance du système.

5.3.5 Nouvelles fonctionnalités pour améliorer la tâche d'inspection avec un PDA

Suite à l'analyse de tâche des inspecteurs et aux discussions que nous avons eues avec ces derniers, nous avons dressé une liste de fonctionnalités qui s'appliquent en priorité aux PDAs. Ces fonctionnalités sont les suivantes :

- Un outil permettant la prise de croquis puisque, dans certains cas, l'inspecteur peut avoir besoin de dessiner à main levée sur le formulaire ;
- Un outil permettant d'entrer les données recueillies au moyen d'appareils (ex. : appareil photo numérique, appareil de mesure, lecteur de code-barres, etc.) dans les champs spécifiques du formulaire en utilisant la technologie sans fil ;
- Un outil d'aide à la prise de décision (Baffoun, 2001) lors d'une inspection. Pour le moment, l'inspecteur doit effectuer des opérations de calcul après avoir rempli le formulaire afin de prendre une décision par rapport à l'inspection. L'outil de décision va permettre à l'inspecteur de gagner du temps et de minimiser le risque d'erreur ;
- Une fonctionnalité qui donne la liste des destinataires qui doivent recevoir une copie du formulaire ;
- Une aide à la gestion et la planification du travail de l'inspecteur et un outil de rappel pour les inspections de suivi ;

- Une imprimante portable afin de fournir une copie du rapport d'inspection au responsable de l'établissement. En cas d'absence d'imprimante, le système peut envoyer automatiquement une copie du rapport par courriel au responsable, ou encore envoyer une commande au département responsable des suivis d'inspection afin d'envoyer un courrier contenant une copie du rapport ;
- Un modèle de présentation fournit une vue d'ensemble à la fois de la structure de l'interface du formulaire et de son contenu. Le but est d'accélérer la recherche d'informations et la navigation ;
- Un système de géolocalisation qui, à partir de l'adresse de l'établissement, donne automatiquement l'itinéraire pour s'y rendre ;
- Un système de tableau de bord (Baffoun, 2001) qui montre le pourcentage de remplissage du formulaire, le nombre de composantes obligatoires qui restent à saisir, l'état d'avancement dans le processus d'inspection, les liens de dépendance qui existent entre les sections ou entre les composantes d'un même formulaire ou plusieurs formulaires ;
- Une fonction d'historique qui fournit à l'inspecteur toutes les composantes qu'il a manipulées et toutes les données qu'il a saisies. Ceci lui permettra de clarifier ou de corriger rapidement des données en cas de besoin. Il lui suffira de cliquer dessus pour se positionner dans la page contenant l'information qu'il veut modifier ;

- Afin de faciliter la recherche des sections ou des sous-sections, il est préférable d'utiliser soit des noms courts pour améliorer la lecture, soit de les représenter par des images ou des symboles.

5.4 Conclusion

L'étude nous a permis de connaître la tâche et le contexte de travail des inspecteurs et à fait ressortir la pertinence d'avoir un outil informatique pour utiliser des formulaires électroniques. Le choix du PDA nous semble pertinent, à cause de sa taille, sa légèreté et la possibilité d'échanger des informations instantanément via le réseau Internet ou les réseaux de télécommunication. Mais le problème avec ce genre de terminal, c'est de savoir comment convertir des formulaires papier de toutes tailles en formulaires électroniques.

Un des soucis des inspecteurs est d'avoir un formulaire électronique qui leur permet de faire plus rapidement leur travail (recherche d'informations et saisie de données). Les modèles de présentation de formulaires électroniques que les inspecteurs du domaine du tourisme (modèle barre de défilement) et du domaine de l'alimentation (modèle menu) utilisent, n'offrent pas une vue d'ensemble du contenu du formulaire et ne permettent pas toujours de se rendre rapidement aux différentes sections du formulaire. C'est pourquoi ils utilisent des bloc-notes lors de leurs tâches d'inspection. À la lumière de ces résultats, nous nous sommes posés la question suivante : quels modèles de présentation des formulaires sur un écran de PDA donnent les meilleurs

résultats de performance selon les différentes tailles de formulaires rencontrés ? Pour cela, nous avons effectué une étude sur de nombreux formulaires papier afin d'identifier leurs structures, leurs composantes, leurs points communs et leurs différences, et leurs différents niveaux de longueur. Cette étude est présentée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 6 : ÉTUDE EMPIRIQUE DE FORMULAIRES PAPIER

Ce chapitre présente une étude sur les formulaires papier utilisés par les inspecteurs et ceux utilisés par les étudiants de l'École Polytechnique de Montréal. Les résultats nous ont permis d'identifier deux nouveaux modèles de présentation de formulaire sur PDA et de choisir les trois types de formulaires papier correspondant à trois niveaux de longueur qui seront utilisés pour le développement des quatre modèles de présentations de formulaires sur PDA que nous allons comparer dans cette thèse.

6.1 Motivation

Suite à l'étude réalisée sur le terrain pour analyser les besoins des inspecteurs et comprendre leurs environnements de travail ainsi que leurs attentes par rapport à l'utilisation des formulaires sur PDA, il nous a semblé important de faire une analyse des formulaires papier qu'ils utilisent. Le but est de connaître leurs structures, leurs composantes, leurs points communs et leurs différences, et leurs différents niveaux de longueur. Le résultat de cette étude va nous permettre d'identifier de nouveaux modèles de présentation de formulaire sur PDA qui seront le plus adapté aux besoins des inspecteurs ainsi qu'aux spécificités du formulaire. Par ailleurs, les résultats de ces deux

études empiriques, nous ont permis de soulever une problématique qui porte sur la performance des modèles de présentation de formulaires électronique par rapport aux niveaux de longueur des formulaires. Comme nous prévoyions évaluer et comparer quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA et qu'il était impossible d'avoir accès à un nombre suffisant d'inspecteurs pour faire les tests, nous nous sommes tournés vers les formulaires papier que l'École Polytechnique de Montréal met à la disposition de ses étudiants, ce qui nous permet alors de recruter des sujets beaucoup plus facilement.

6.2 Méthodologie

Nous avons analysé 35 formulaires papier fournis par les 17 inspecteurs que nous avons suivis lors de l'étude précédente. La liste des noms de ces formulaires est présentée dans le tableau A.1 de l'annexe A. Pour des raisons de confidentialité, nous n'avons pas pu analyser les formulaires électroniques sur l'ardoise électronique des deux inspecteurs du domaine du tourisme ni sur le PDA de l'inspectrice du domaine de la restauration rapide. Pour ce qui est de l'ordinateur portable, l'inspectrice du bâtiment ne fait que contrôler les licences des entrepreneurs en interrogeant une base de données. Nous avons aussi analysé 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal. La liste des noms de ces formulaires est présentée dans le tableau B.1 de l'annexe B.

6.3 Résultats

6.3.1 Formulaires des inspecteurs

Les caractéristiques des formulaires papier des inspecteurs sont représentées dans le tableau 6.1 :

Tableau 6.1 : Caractéristiques des formulaires papier des inspecteurs

Caractéristiques		Pourcentage (%) des formulaires
Titre		92
Sigle ou logo		74
Code référence		47.4
Signature par l'inspecteur ou le responsable de l'établissement inspecté		68.4
Partie réservée (ex. : pour un superviseur)		7.8
Nombre de pages	1	60.5
	2	31.6
	4	5.3
	8	2.6
Format du papier	Légal (21.59*35.56 cm)	26.3
	A4 (21*29.5 cm)	63.1
	½ A4 (10.5*14.75 cm)	10.6
Papier carbone pour faire des copies		39.5
Composantes	Champ de texte	79
	Case à cocher	16
	Bouton radio	0.5
	Champ date	3
	Image	1
	Espace pour croquis à la main	0.5

Tableau 6.1 : Caractéristiques des formulaires papier des inspecteurs (suite et fin)

Caractéristiques	Pourcentage (%) des formulaires	
Aide pour informer (ex. : rappel d'un règlement) ou guider lors de la saisie (ex. : « si vous avez rempli la case 3, alors passez à la case 7 ») ou montrer comment remplir une section (ex. : comment saisir une date)		60.5
Nombre de sections	1	15.8
	2	2.6
	3	18.4
	4	15.8
	5	7.9
	6	10.5
	7	10.5
	8	10.5
	10	8
Tableaux	1	28.95
	2	13.16
	4	2.63
	6	2.63

6.3.2 Formulaires de l'École Polytechnique de Montréal

Le tableau 6.2 présente les caractéristiques des 72 formulaires que l'École Polytechnique de Montréal met à la disposition de ses étudiants.

Tableau 6.2 : Caractéristiques des formulaires papier de l'École Polytechnique de Montréal

Caractéristiques	Pourcentage (%) des formulaires
Titre	100
Sigle ou logo	81.4
Code référence	77.77

Tableau 6.2 : Caractéristiques des formulaires papier de l'École Polytechnique de Montréal (suite et fin)

Caractéristiques		Pourcentage (%) des formulaires
Signature par l'étudiant ou autres		88.88
Partie réservée (ex.: responsable du département)		46.29
Papier carbone pour faire des copies		0
Aide pour informer ou guider lors de la saisie		74.07
Nombre de pages	1	77.78
	2	14.82
	3	3.7
	5	3.7
Format du papier	Légal (21.59*35.56 cm)	9.26
	A4 (21*29.5 cm)	90.74
Nombre de sections	1	25.93
	2	24.07
	3	14.81
	4	18.52
	5	5.57
	6	3.7
	7	1.85
	9	3.7
	19	1.85
Composantes	Champ de texte	64.91
	Case à cocher	21.85
	Bouton radio	0.24
	Champ date	12.98
	Image	0.06
	Espace pour croquis à la main	0
Tableaux	0	63.89
	1	15.28
	2	18.06
	3	1.39
	4	1.39

On retrouve les mêmes éléments dans les formulaires des deux études mais selon des fréquences différentes. La combinaison de ces éléments avec la longueur du formulaire vont déterminer la complexité du formulaire sur le PDA. Nos observations et les résultats d'études antérieurs nous amènent à penser que cette complexité doit être prise en compte lors du choix du modèle de présentation d'informations sur un PDA.

6.3.3 Structure du formulaire

Le but de l'analyse des formulaires est de dépeindre leur structure en précisant les différents éléments qui les composent tels que les sections et les composantes. Les formulaires fournissent un contexte qui permet d'expliquer la signification de chacune des composantes. Ces composantes (libellés et objets correspondants) vont permettre de guider la saisie d'informations. Ils font partie de l'ensemble des éléments formant l'interface du formulaire électronique (Schneiderman, 1998). La compilation des données de l'analyse des formulaires, nous permet de présenter la structure d'un formulaire, comme le montre la figure 6.1.

Un formulaire peut comprendre une ou plusieurs sections qui sont décrites par un titre et peuvent contenir une ou plusieurs composantes. Une composante est formée par un libellé, un objet ainsi qu'une consigne (son utilisation est facultative). Contrairement à l'aide qui sert à donner plus d'informations à l'utilisateur relativement à la section et au formulaire, la consigne sert à guider l'utilisateur lors de la saisie des données. La

figure 6.1 montre les 12 types d'objets différents qui peuvent faire partie d'un formulaire (électronique ou papier).

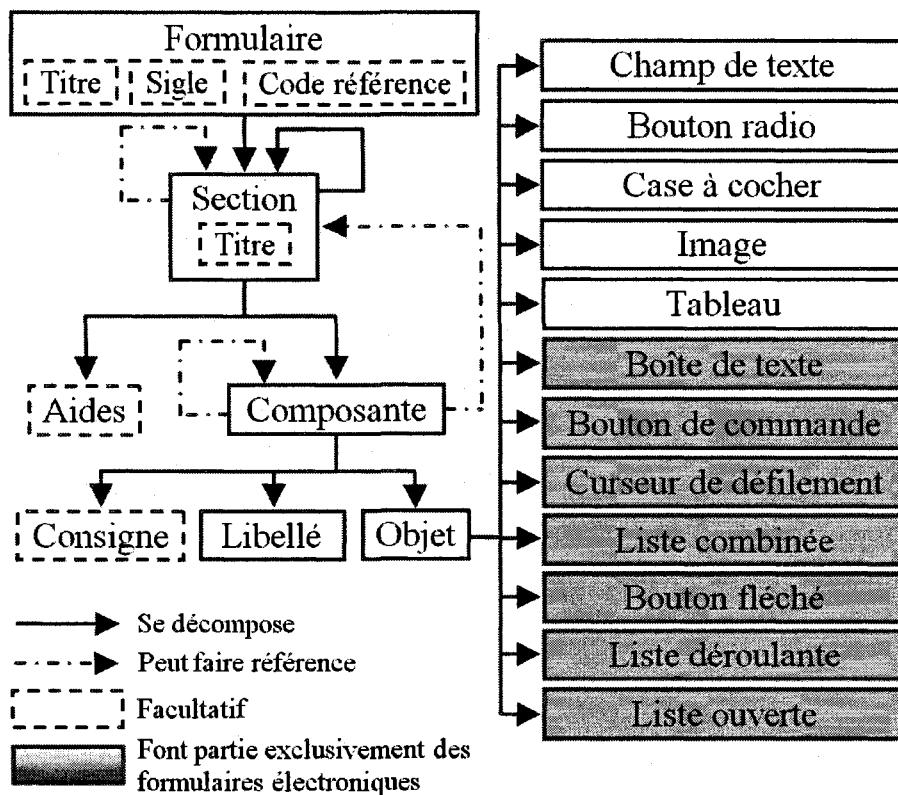


Figure 6.1 : Structure d'un formulaire

À noter que plusieurs objets (ex. : bouton de commande, curseur de défilement, liste déroulante, etc.) sont propres aux formulaires électroniques. Lors de la conception d'un formulaire électronique, nous devons d'abord nous assurer avec précision de l'utilité de ce formulaire, de ce à quoi il doit servir, et des informations qu'il doit permettre de recueillir. Suite à cela, nous devons trouver la manière optimale de demander les informations à recueillir à l'utilisateur. Pour cela, il faut utiliser le bon modèle de présentation. Ce dernier n'est autre que la combinaison des techniques de

présentation, des règles ergonomiques utilisées et l'emplacement et les choix des composantes qui forment le formulaire. La figure 6.1 montre qu'un formulaire peut être représenté sous forme hiérarchique. À la lumière de la revue de littérature sur les techniques de présentation (voir chapitre 4), deux techniques de présentation (flip zooming et arborescence) se prêtent bien aux formulaires. La structure de ces deux techniques est la même que celle du formulaire papier. C'est pourquoi, nous avons choisi d'adapter ces deux techniques de présentation afin de concevoir et de développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires électroniques et de les comparer avec deux modèles de présentation déjà connus (barre de défilement et menu).

La question que nous nous sommes posés était : quel formulaire utiliser pour le développement ? Comme l'hypothèse de notre projet de thèse va porter sur la relation entre la performance des modèles de présentation et le niveau de longueur du formulaire, il fallait définir différents niveaux de longueur. Nous avons établi trois types de formulaires : court, intermédiaire et long. La section qui suit présente la méthodologie que nous avons utilisée pour identifier ces trois types de formulaires parmi les 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal.

6.4 Identification des trois types de formulaires

À notre connaissance, il n'existe pas de recherches qui ont porté sur le calcul de la longueur d'un formulaire. Comme le montre la figure 6.2, celle-ci, dépend de deux

catégories de facteurs : ceux qui sont liés au fond et ceux qui sont liés à la forme. De plus, cette longueur a un impact à la fois sur les utilisateurs et les concepteurs.

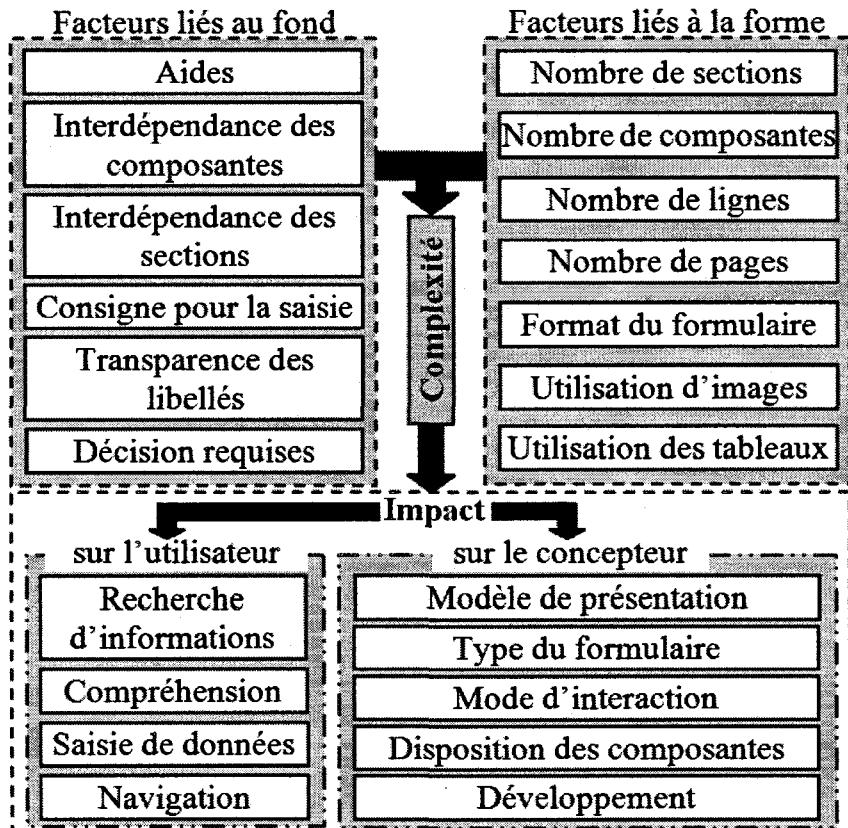


Figure 6.2 : Les facteurs et les impacts de la complexité d'un formulaire

Comme il n'existe pas de formule ou de modèle permettant de calculer la complexité d'un formulaire, nous avons alors estimé celle-ci en fonction de deux facteurs : le nombre de composantes et le nombre de sections. En d'autres termes, nous nous sommes basés sur la longueur du formulaire. Même si cette estimation ne correspond pas exactement à la complexité puisque nous n'avons pas pris en compte les autres facteurs (figure 6.2), nous allons l'exploiter pour identifier trois types de formulaires. Tout au long de cette thèse, la longueur du formulaire se définit par le

nombre de sections et de composantes de celui-ci. Ainsi, nous avons calculé la longueur de chacun des 72 formulaires en faisant la somme du nombre de composantes et du nombre de sections. Le résultat du calcul se trouve dans le tableau C.1 de l'annexe C. En utilisant le résultat de ce tableau, nous pouvons montrer la répartition des formulaires selon leur niveau de longueur (figure 6.3).

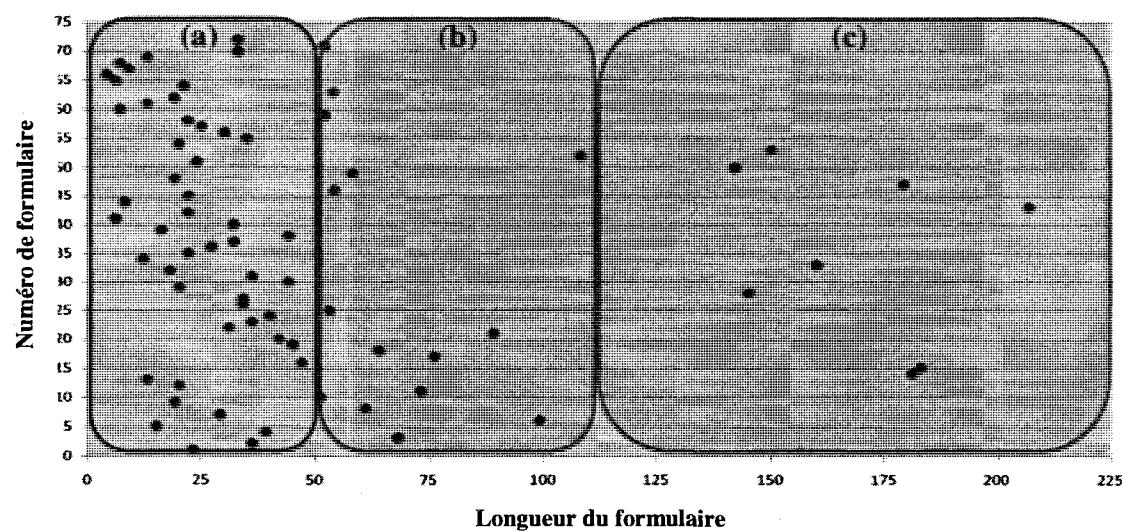


Figure 6.3 : Répartition des formulaires par rapport à la longueur

En fonction de la répartition des points, nous avons formé trois groupes et calculé la moyenne de longueur (ML) pour chacun de ces groupes :

- **Groupe 1 :** Formulaire court (figure 6.3-a) :
 - **longueur < 51 et ML = 25**
- **Groupe 2 :** Formulaire intermédiaire (figure 6.3-b) :
 - **51 ≤ longueur < 109 et ML = 67**
- **Groupe 3 :** Formulaire long (figure 6.3-c) :
 - **longueur ≥ 109 et ML = 168**

Dans chaque groupe, nous avons identifié le formulaire ayant le niveau de longueur le plus proche de la moyenne. Ce sont ces trois formulaires que nous allons utiliser lors de l'étude expérimentale qui va servir à comparer la performance des quatre modèles de présentation.

Le tableau 6.3 présente le choix des trois formulaires. Un exemple de chacun de ces trois formulaires papier se trouve dans l'annexe D.

Tableau 6.3 : Les trois formulaires que nous avons utilisés pour le développement

Niveau de longueur	Numéro formulaire	Titre du formulaire	Score de longueur
Formulaire court	57	Candidature d'inscription concentration génie biomédical	25
Formulaire intermédiaire	3	Dépanneur en programmation	68
Formulaire long	33	Formulaire d'admission	160

Le tableau 6.4 représente les caractéristiques des trois formulaires papier que nous avons utilisés dans l'expérimentation présentée plus loin.

Tableau 6.4 : Caractéristiques des trois formulaires papier retenus pour l'étude expérimentale

Caractéristiques	Formulaire court	Formulaire intermédiaire	Formulaire long
Titre	oui	oui	oui
Sigle	oui	non	oui
Nombre de pages	1	1	4
Papier carbone	non	non	oui (2)
Format	A4	A4	A4

Tableau 6.4 : Caractéristiques des trois formulaires papier retenus pour l'étude expérimentale (suite et fin)

Caractéristiques	Formulaire court	Formulaire intermédiaire	Formulaire long
Signature demandée	oui	non	oui
Référence	oui	oui	non
Aide (générale)	oui	oui	oui
Partie réservée	oui	non	oui
Section	oui	oui	oui
Nombre de sections	4	4	19
Champs texte	11	18	68
Case à cocher	7	11	50
Bouton Radio	0	0	0
Champs date	3	1	7
Info-Labels (aide pour la saisie)	non	non	oui
Nombre de tableaux	0	2	2
Nombre de lignes	0	<i>Tableau 1</i>	<i>Tableau 2</i>
		2	6
Nombre de colonnes	0	9	6
Nombre de champs du tableau	0	9	25
Nombre total de composantes	21	64	141

Les résultats de deux études empiriques ainsi que l'analyse de la revue de littérature ont permis de définir la problématique qui est présenté au chapitre suivant.

CHAPITRE 7 : PROBLÉMATIQUE – OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

Ce chapitre présente la problématique de la thèse au sujet de la performance des modèles de présentation de formulaires sur PDA, il décrit les limites des modèles de présentation existants, il explique les raisons qui nous ont poussés à concevoir et développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur PDA et finalement il décrit les objectifs de recherche poursuivis et l'hypothèse que nous allons tester.

7.1 Du formulaire papier au formulaire sur PDA

Depuis les années 90, certains chercheurs se penchent sur les besoins des utilisateurs nomades et réalisent l'ampleur de l'évolution technologique et de ses répercussions sur les terminaux mobiles. Parmi ces chercheurs, on trouve Mark Weiser (Weiser, 1993) qui a introduit l'informatique ubiquitaire¹³ et qui a su imposer sa vision sur le rôle que joueront les ressources informatiques futures en vue de fournir des informations et des services aux utilisateurs en tout lieu et en tout temps. Il a pu prédire que d'ici quelques années, il y aura une prolifération des dispositifs électroniques de

¹³ Informatique ubiquitaire vient de l'anglais Ubicomp. Elle est aussi connue sous le nom d'informatique mobile.

toutes sortes. Sa vision était d'aider les utilisateurs dans leur vie de tous les jours sans pour autant leur imposer un environnement accablant (Weiser, 1991). Le phénomène de plus en plus présent de mobilité a fait en sorte que les employés ont maintenant continuellement besoin de consulter et de recueillir des données en dehors du cadre traditionnel de leur bureau.

Parmi ces employés, nous nous intéressons plus particulièrement aux inspecteurs qui remplissent des formulaires papier et emmènent avec eux les dossiers de suivi. En effet, actuellement, la saisie des données en mobilité se fait en grande partie au moyen de formulaires papier qui sont par la suite transformés en formulaires électroniques pour stocker les données dans les bases de données de l'entreprise.

Dans une entreprise, 83% des documents qui circulent sont basés sur des formulaires papier (voire électroniques), et constituent son flux vital (Castonguay, 2002). Or, la gestion administrative des formulaires papier nécessite beaucoup de temps et d'efforts pour traiter et stocker toute cette documentation aussi bien par les employés nomades que par les employés de bureau.

Pour améliorer le travail des inspecteurs, les entreprises pensent à les équiper d'un terminal mobile tel que le PDA qui pourra contenir des formulaires électroniques. Or, comme le montre la figure 7.1, plusieurs facteurs sont à prendre en compte lors de la conception d'interfaces pour des applications ou des formulaires sur PDAs.

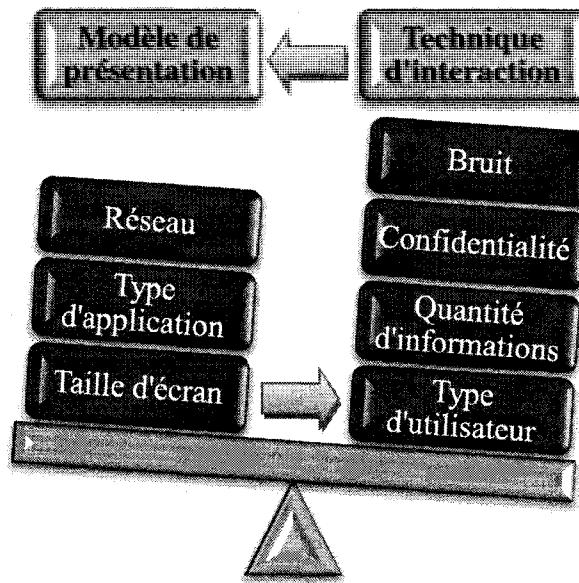


Figure 7.1 : Facteurs influençant la conception d'interfaces sur PDA

La taille de l'écran du PDA et le type d'application qu'on vise à développer (ex. : formulaire, etc.) sont deux facteurs qui influencent de façon considérable le choix du modèle de présentation d'informations qu'on va utiliser. Optimiser la présentation d'informations est depuis longtemps une préoccupation de premier plan dans la conception ergonomique des interfaces. Cela s'explique par le fait que le canal visuel est de loin la principale source d'informations chez l'humain. Selon (Heilig, 1992), 70% de l'information qui parvient à nos sens passe par le canal visuel. De plus, la qualité de l'affichage à l'écran a un impact majeur sur l'utilisabilité du système et la performance humaine, à la fois pour la recherche d'informations, la saisie, la navigation, etc.

Les formulaires électroniques constituent un moyen de collecte et d'affichage de données indispensable pour de nombreux utilisateurs nomades; leur longueur et la

quantité importante d'informations à afficher sur certains formulaires constituent un défi majeur lorsqu'on utilise des petits écrans. D'où l'importance d'avoir de bons modèles de présentation de formulaires sur PDA afin de maximiser la performance et la satisfaction des utilisateurs. De nos jours, les concepteurs de formulaires sur PDA peuvent utiliser l'un des trois modèles de présentation suivants (figure 7.2) :

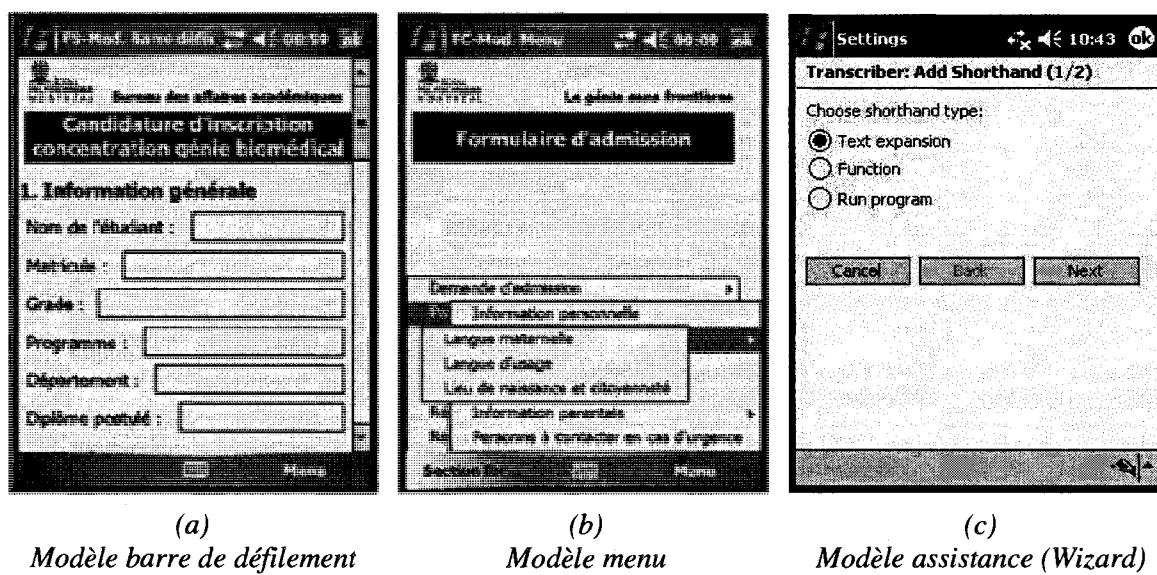


Figure 7.2 : Les trois modèles de présentation de formulaires sur PDA

Le premier, connu sous le nom de modèle barre de défilement (figure 7.2-a), consiste à placer tout le contenu du formulaire papier sur une seule page d'écran en utilisant les barres de défilement (horizontal ou vertical) pour permettre la navigation à travers l'interface du formulaire. Le second, modèle menu (figure 7.2-b), repose sur l'utilisation des menus pour naviguer à travers les différentes sections et pages d'écran qui forment l'interface du formulaire. Le troisième modèle, le modèle assistance (Wizard) (figure 7.2-c), consiste à guider l'utilisateur lors du remplissage du formulaire.

L'utilisateur n'a qu'à cliquer sur les boutons de navigation (« suivant » ou « précédent ») pour passer à une autre étape du remplissage du formulaire. Chacun de ces trois modèles comporte des lacunes pour la navigation et la recherche d'informations à travers l'interface.

Le premier modèle, barre de défilement, a été utilisé dès l'apparition du PDA. Le concept de ce modèle a été copié sur celui déjà utilisé sur les ordinateurs de bureau, où le contenu du formulaire est présenté sur plusieurs pages d'écran et où la navigation d'une page à une autre se fait via les barres de défilement. Or, l'étude réalisée par (Laarni, 2002) a montré que les barres de défilement sont mal adaptées aux écrans de petite taille (figure 4.3 et 4.4), et que la performance des utilisateurs avec ces barres diminue avec la réduction de la taille de l'écran. Certains auteurs (Jones, Marsden, Mohd-Nasir, Boone & Buchanan, 1999) ont montré que la barre de défilement (horizontal et vertical) peut réduire de 50% l'efficacité des utilisateurs sur des écrans de petite taille comparativement à des écrans de bureau.

Dans le cas du modèle menu, l'utilisateur n'a pas une vue globale du contenu du formulaire et est obligé de passer d'un écran à l'autre pour accéder aux informations dont il a besoin. Ceci peut créer des pertes de temps ainsi qu'une augmentation de la charge cognitive des utilisateurs (Laarni, 2002). De plus, étant donné la taille réduite de l'écran, l'affichage des menus et des sous-menus se fait en se chevauchant, comme le montre la figure 7.3, ce qui rend la tâche de navigation difficile.

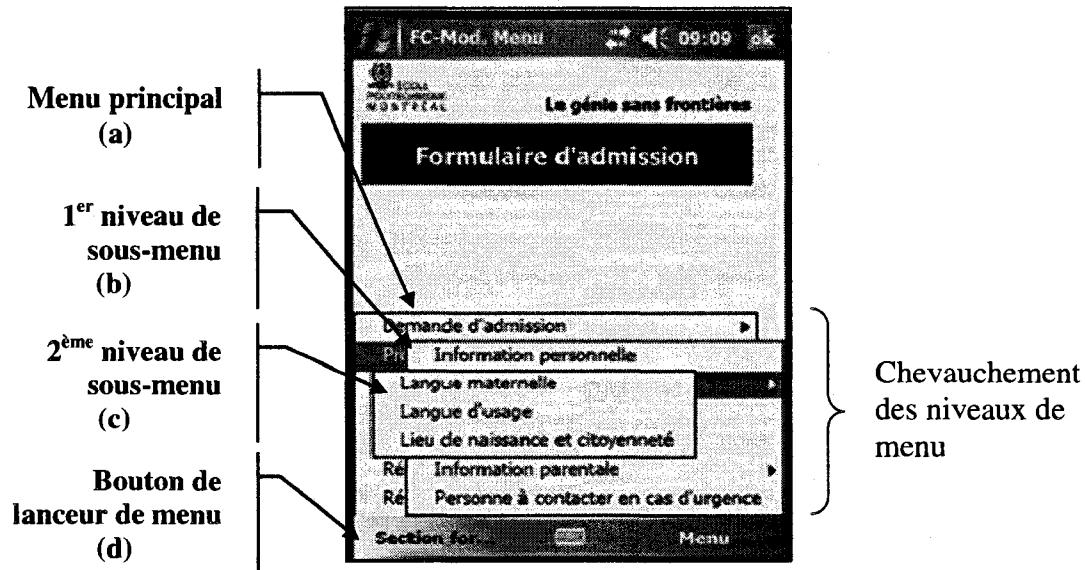


Figure 7.3 : Le problème de chevauchement avec le modèle menu

En étant sur le deuxième niveau de sous-menu (figure 7.3-c), le retour aux niveaux précédents (figure 7.3-a et 7.3-b) ne se fait pas de façon automatique, puisque le niveau qui se trouve en avant-plan peut cacher les niveaux qui le précédent, ce qui rend la tâche difficile et oblige l'utilisateur à cliquer de nouveau sur le bouton de lanceur de menu (figure 7.3-d). De plus lors de chevauchement, les premiers niveaux sont non seulement peu visibles, ils sont aussi difficiles à sélectionner puisqu'en cliquant dessus, on peut déclencher l'affichage d'une section par erreur. Dans ce cas, l'utilisateur est obligé de lancer de nouveau le menu principal, ce qui va entraîner une perte de temps.

Avec le modèle assistance (Wizard), la navigation à travers les différentes parties du formulaire se fait au moyen des boutons de commandes. Il est toujours possible de retourner en arrière pour corriger certaines données qui ont déjà été saisies, par contre, le système ne donne pas l'accès aux sections suivantes tant que l'utilisateur n'a pas saisie

les données en cours. Ce modèle est recommandé seulement lorsque la saisie des données se fait de manière structurée, soit selon un ordre prédéfini ou un ordre qui dépend des réponses fournies aux questions précédentes. Or, ce n'est pas toujours le cas pour les inspecteurs pour qui la saisie ne suit pas nécessairement un ordre bien précis, mais dépend du contexte.

Ces trois modèles comportent de sérieuses lacunes pour la recherche d'informations et la navigation et n'offrent pas une vue d'ensemble du contenu du formulaire. Ce sont les critères les plus importants pour un utilisateur nomade tel qu'un inspecteur qui veut utiliser un formulaire électronique sur un terminal mobile. Dans le cadre de notre thèse, nous nous sommes intéressés aux modèles barre de défilement et menu. Nous n'avons pas retenu le modèle assistance parce qu'il ne convient pas aux formulaires pour lesquels la saisie de données ne se fait pas de manière structurée, comme c'est souvent le cas dans les tâches d'inspections, où on ne suit pas nécessairement un ordre précis dans la collecte de données.

Étant donné qu'un formulaire électronique est constitué d'un certain nombre de composantes (champs de texte, cases à cocher, boutons radio, boutons de commande, boîtes de texte, listes combinées, listes ouvertes) et que la taille de l'écran est réduite, il est nécessaire de trouver une façon d'afficher et d'ordonner les composantes de l'interface du formulaire afin d'optimiser l'utilisation de l'espace-écran. Le but est de fournir à l'utilisateur nomade à la fois une vue d'ensemble des informations présentées à l'écran et de lui faciliter la navigation entre les différentes sections du formulaire.

Les questions de lisibilité, d'organisation visuelle, de navigation et de gestion des erreurs sont centrales dans les spécifications ergonomiques d'un formulaire (Mayhew, 1992). Les normes et des règles ont été développées par plusieurs auteurs pour rendre les interfaces de formulaires claires et lisibles aux utilisateurs (Millerand & Martial, 2001; Mayhew, 1992; Schneiderman, 1998; ISO, 1998). Cependant, ces règles ont été développées et testées pour des utilisateurs sédentaires qui travaillent avec des écrans d'ordinateurs de bureau et ne prennent pas en compte les contraintes de l'espace écran et du contexte de mobilité.

Malgré les différentes techniques de présentation d'informations qui ont été développées pour les PDAs, par exemple pour la présentation des pages Web et des cartes géographiques, aucune n'a été adaptée pour créer de nouveaux modèles de présentation de formulaires sur PDA. Comme nous avons vu dans le chapitre 4, plusieurs recherches ont été menées pour minimiser le problème de manque d'espace sur les écrans des terminaux mobiles.

Parmi les travaux de recherche les plus connus, on trouve ceux réalisés par Baudisch, Lee, & Hanna (2004b), Baudisch, & Rosenholtz (2003), Björk, Bretan, Danielsson, & Karlsgren (1999b), Bederson, Meyer, & Good (2000). À notre connaissance, aucune recherche n'a porté sur les modèles de présentation de formulaires sur PDA afin de remédier au problème de manque d'espace, d'offrir une meilleure façon de naviguer à travers le formulaire pour accélérer la recherche d'informations et d'offrir une meilleure vue d'ensemble. Par ailleurs, compte tenu de la diversité des formulaires,

il n'existe aucune étude ayant comparé la performance des modèles de présentation de formulaire en fonction de la longueur du formulaire (c.-à-d. du nombre de sections et de composantes). Pour remédier aux lacunes mentionnées ci-dessus, nous allons adapter deux techniques, le flip zooming et l'arborescence, qui ont été utilisées dans le développement de pages Web sur PDA (Björk, Bretan, Danielsson & Karlsgren, 1999b) et la représentation des structures d'un disque afin d'en faire deux modèles de présentation de formulaire sur PDA. Le choix de ces deux techniques est basé sur le fait que leurs structures de présentation offrent une très bonne vue d'ensemble, et que la technique arborescence nous est très familière et semble très efficace pour présenter une masse d'informations.

7.2 Objectifs de recherche

Dans cette thèse, nous visons deux objectifs :

- **1^{er} objectif :** concevoir et développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur un PDA, en adaptant deux techniques de navigation, à savoir le flip zooming et l'arborescence.
- **2^{ème} objectif :** tester et comparer les quatre modèles de présentation d'informations de formulaire sur PDA (barre de défilement, menu, flip zooming et arborescence) en fonction du niveau de longueur de formulaires. La comparaison va porter sur le temps de recherche d'informations et la satisfaction des utilisateurs.

Pour atteindre ces objectifs, nous allons tester l'hypothèse suivante :

(H1) : La performance des modèles de présentation de formulaires sur PDA dépend de la longueur du formulaire.

- a. *La performance des modèles barre de défilement et menu diminue avec l'augmentation de la longueur du formulaire.*

Fondements :

- Laarni (Laarni, 2002) a montré que la performance des utilisateurs avec les barres de défilement diminue avec la réduction de la taille;
- L'étude empirique sur le terrain a montré que le modèle menu ne satisfait pas les inspecteurs et qu'il est mal adapté pour la recherche rapide d'informations.

- b. *La performance des modèles flip zooming et arborescence croît avec l'augmentation de la longueur du formulaire.*

Fondements :

- la structure de l'arborescence et du flip zooming correspond à la structure du formulaire

À la fin de cette thèse, nous allons nous servir des résultats obtenus pour formuler certains nombre de lignes directrices pour la conception ergonomiques de formulaires sur PDA.

CHAPITRE 8 : CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT DES PROTOTYPES D'INTERFACE DES QUATRE MODÈLES DE PRÉSENTATION POUR TROIS TYPES DE FORMULAIRES SUR PDA

Ce chapitre présente en premier lieu le langage utilisé pour le développement de nos quatre modèles de présentation. Par la suite, nous présentons l'architecture des quatre modèles de présentation (barre de défilement, menu, flip zooming et arborescence) et les règles que nous avons utilisées pour concevoir nos quatre modèles pour les trois formulaires.

8.1 Description du langage de programmation

8.1.1 Vers une plate-forme unifiée

Pour satisfaire le besoin des utilisateurs, beaucoup d'améliorations ont dû être apportées aux premiers PDAs. Les efforts des constructeurs ont porté sur plusieurs facettes telles que : l'autonomie, la taille, la puissance et surtout les moyens de communication (Leblanc, 2002). Outre l'aspect matériel, des efforts ont été portés sur

l'aspect logiciel, plus précisément au niveau des systèmes d'exploitation et de la programmation d'applications. Le fait que chaque terminal mobile (PDA, ardoise électronique, ordinateur de poche, téléphone intelligent) possède son propre système d'exploitation rend l'unification des applications et leur adaptation en fonction du terminal assez ardues.

Au début, les développeurs étaient obligés de concevoir plusieurs versions de la même application afin qu'elle puisse être exécutée sur plusieurs terminaux mobiles. Par ailleurs, pour accéder à des informations en ligne, à son courriel électronique, à ses fichiers hors ligne ou à d'autres données, l'utilisateur nomade se heurte à autant d'interfaces différentes et souvent incompatibles qu'il y a de systèmes et de plates-formes (Leblanc, 2002). Plusieurs compagnies, telles que Microsoft ®, se sont intéressées au langage de programmation pour faciliter la tâche de développement d'applications.

Avec son système d'exploitation Windows XP (ou même Vista) pour les ordinateurs portables, ou le Pocket PC pour les PDAs, ou même Windows XP Edition Tablet PC pour les tablettes PC, Microsoft propose aux développeurs une vision unifiée de la programmation pour ses systèmes d'exploitation : la plate-forme « *.Net* » connue sous le nom de ***Microsoft .Net Framework***. Il s'agit d'un environnement de développement hautement versatile, qui permet au développeur de réaliser tous types de projets, avec des efforts d'apprentissage moindres (Bakmezdjian & Mauclerc, 2004). L'objectif de Microsoft .Net Framework est de faciliter la conception d'applications et

surtout de services web¹⁴ véritablement distribués, capables de s'intégrer et de collaborer avec des services complémentaires. L'idée est de faire d'Internet une véritable plate-forme de programmation distribuée, permettant aux terminaux mobiles, systèmes et services de communiquer et de collaborer entre eux de façon optimale et sous une même forme (Bakmezdjian & Mauclerc, 2004).

Microsoft .Net Framework permet aux développeurs indépendants de passer moins de temps à réfléchir à la manière dont un programme doit s'exécuter et à son secteur d'application. Ils peuvent se concentrer davantage sur les opérations qu'il doit effectuer. La programmation d'applications spécifiques pour les tablettes PC, les PDAs, ou même les téléphones intelligents procède du même langage, des mêmes bibliothèques de classes, de la même syntaxe, etc. (Leblanc, 2002). Par contre, les spécificités de chaque type de terminal devront être prises en compte lors de la programmation.

8.1.2 Le langage C Sharp (C#)

Depuis près de 20 ans, les langages C et le C++ sont les plus utilisés pour le développement de logiciels. Leurs potentialités proches de la machine et le contrôle puissant et précis que le programmeur détient sur son code ont fait leur succès (Leblanc, 2002). Malheureusement, cette souplesse est obtenue au détriment de la vitesse de développement, en raison de la complexité et des délais liés à ces langages. Beaucoup de

¹⁴ Un service web est un programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes dans des environnements distribués. Il s'agit donc d'un ensemble de fonctionnalités exposées sur Internet ou sur un intranet, par et pour des applications ou machines, sans intervention humaine et en temps réel (Bakmezdjian & Mauclerc, 2004).

développeurs se sont alors tournés en 1994 vers le langage Java (Leblanc, 2002). D'une très grande simplicité, il proposait des innovations majeures, notamment une extensibilité à l'infini et des programmes portables. Le code créé peut s'exécuter sur n'importe quel terminal, il suffit de le recompiler pour qu'il puisse être interprété par tout système d'exploitation possédant un interpréteur Java (machine virtuelle Java). Malgré les avantages qu'offre Java, à cause de son mode de compilation, il se révèle plus lent que d'autres langages objets comme le C++. Il lui est aussi reproché de ne pas permettre l'héritage multiple et de ne pas avoir un accès à l'adressage mémoire.

Beaucoup de programmeurs attendaient un langage offrant un meilleur équilibre entre puissance et souplesse. L'idéal serait de combiner la rapidité de développement, la simplicité, la conception objet et la sécurité du langage Java, à la puissance et au contrôle du C et du C++ (Bakmezdjian & Mauclerc, 2004). Le tout avec un accès à toutes les fonctionnalités de la plate-forme pour laquelle le programme est développé. Il faudrait enfin un environnement de programmation en synchronisation totale avec les normes web émergentes, permettant une intégration aisée avec les applications existantes. C'est la définition du langage C# (prononcer *See Sharp*), le tout nouveau langage développé par Microsoft et destiné au Microsoft .Net Framework. Il permet de convertir des composantes en services Web qui pourront être appelées sur Internet à partir de n'importe quel langage s'exécutant sur n'importe quel système d'exploitation. Il a été conçu pour apporter la rapidité de développement au programmeur C++, sans toutefois diminuer la puissance et le contrôle qui caractérisent depuis toujours le C et le

C++. Avec cet héritage, C# reste très fidèle au C et au C++ sans pour autant s'éloigner de Java.

8.2 Développement des quatre modèles

Comme nous avons quatre modèles de présentation et trois niveaux de longueur de formulaire (court, intermédiaire et long)¹⁵ et, nous devons développer 12 prototypes d'interfaces de PDA. Pour cela, nous avons utilisé le langage C# de la plate-forme Visual Studio .Net 2005. Lors du développement, nous étions confrontés à deux défis : optimiser le temps de développement, et garantir une cohérence entre le contenu des quatre modèles et entre les trois types de formulaires.

Nous avons adopté le concept de réutilisation du code, sous forme de contrôle réutilisable (en anglais « *user Control* »). Il existe deux types de contrôles réutilisables : le premier comprend le titre de section ou de sous-section et le second comprend les composantes (champs de texte, case à cocher, etc.) qui forment les contenus des sections ou des sous-sections. Les figures 8.1, 8.2 et 8.3 présentent respectivement la structure des formulaires court, intermédiaire et long. Pour certains formulaires, nous avons abrégé des noms de sections ou de sous-sections pour qu'ils puissent être faciles à lire dans le modèle menu (il y a une taille limite de menu) et arborescence.

¹⁵ Comme nous voulons comparer la performance des quatre modèles en fonction de la longueur du formulaire, nous avons opté pour trois niveaux de longueur : court, intermédiaire et long. Le chapitre 7 (*Étude empirique sur des formulaires papier*) détaille la méthodologie que nous avons utilisés pour identifier ces trois types de formulaires.

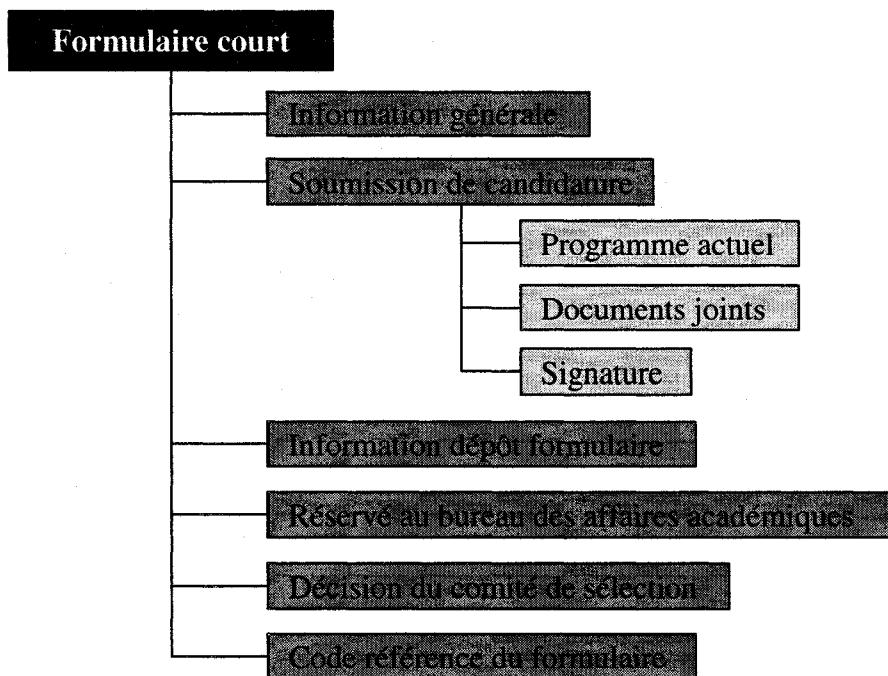


Figure 8.1 : Structure du formulaire court

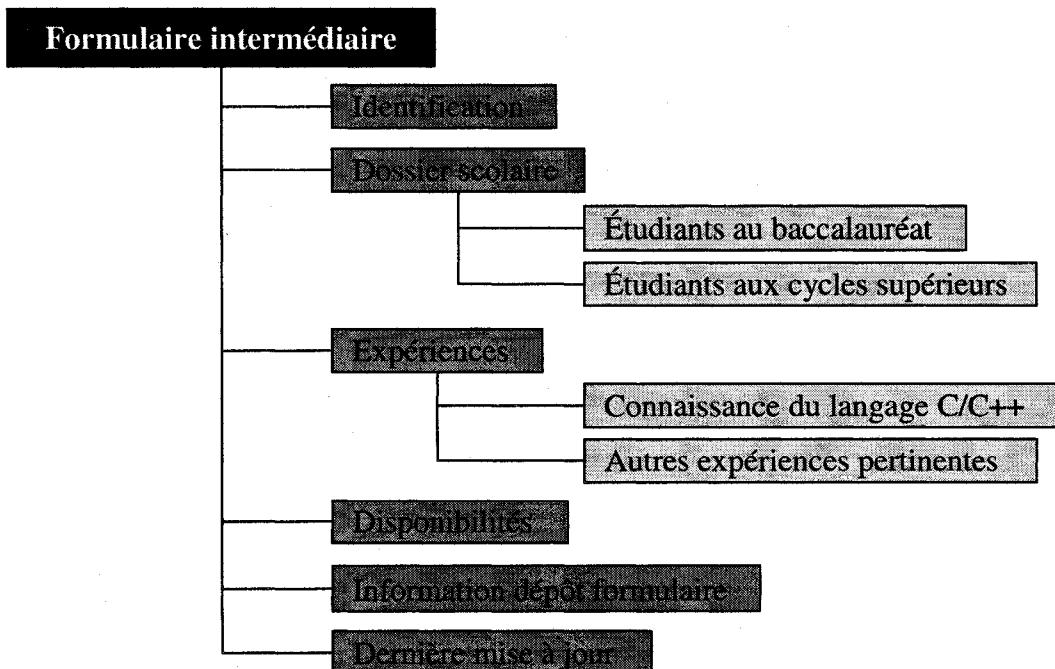
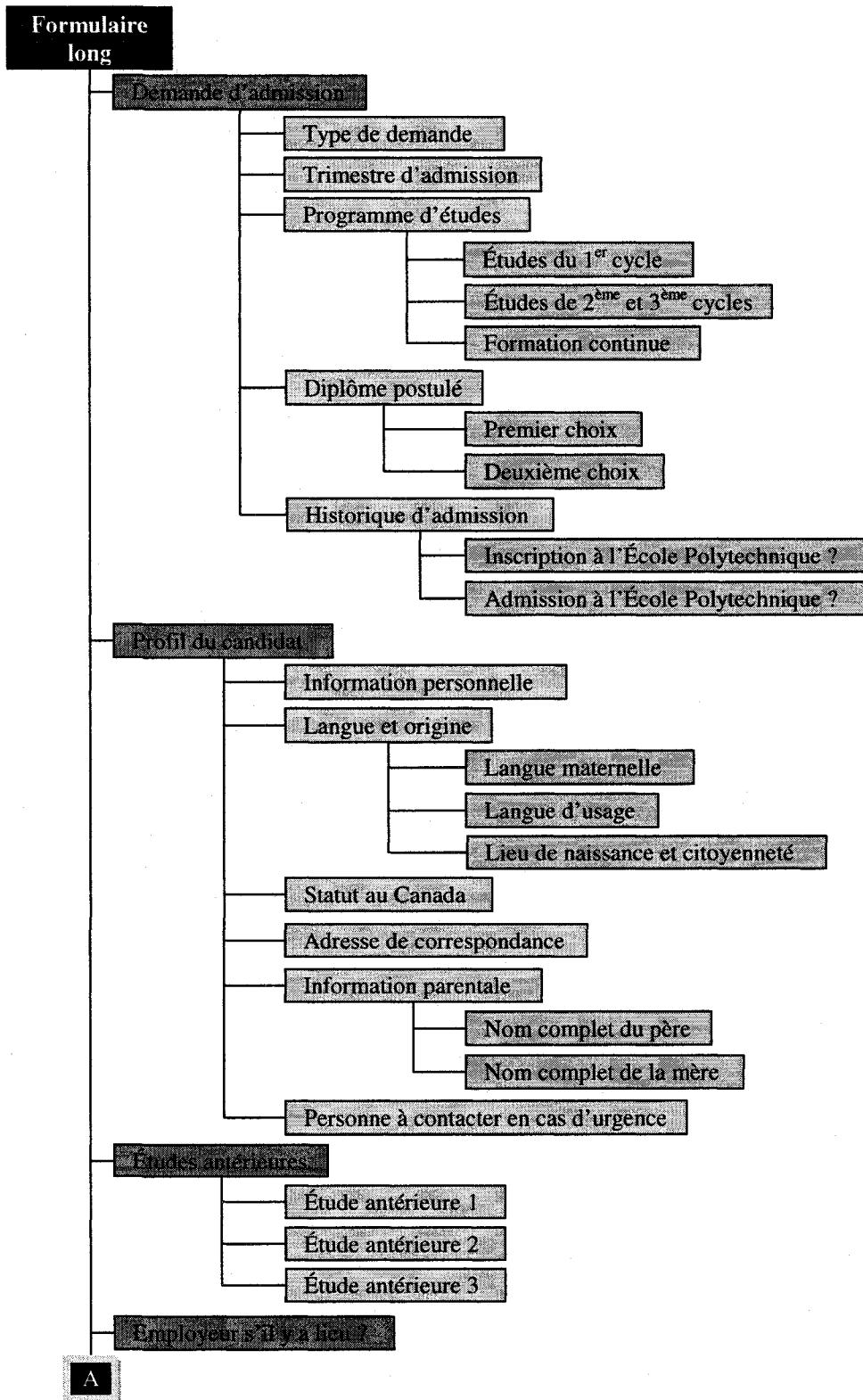


Figure 8.2 : Structure du formulaire intermédiaire



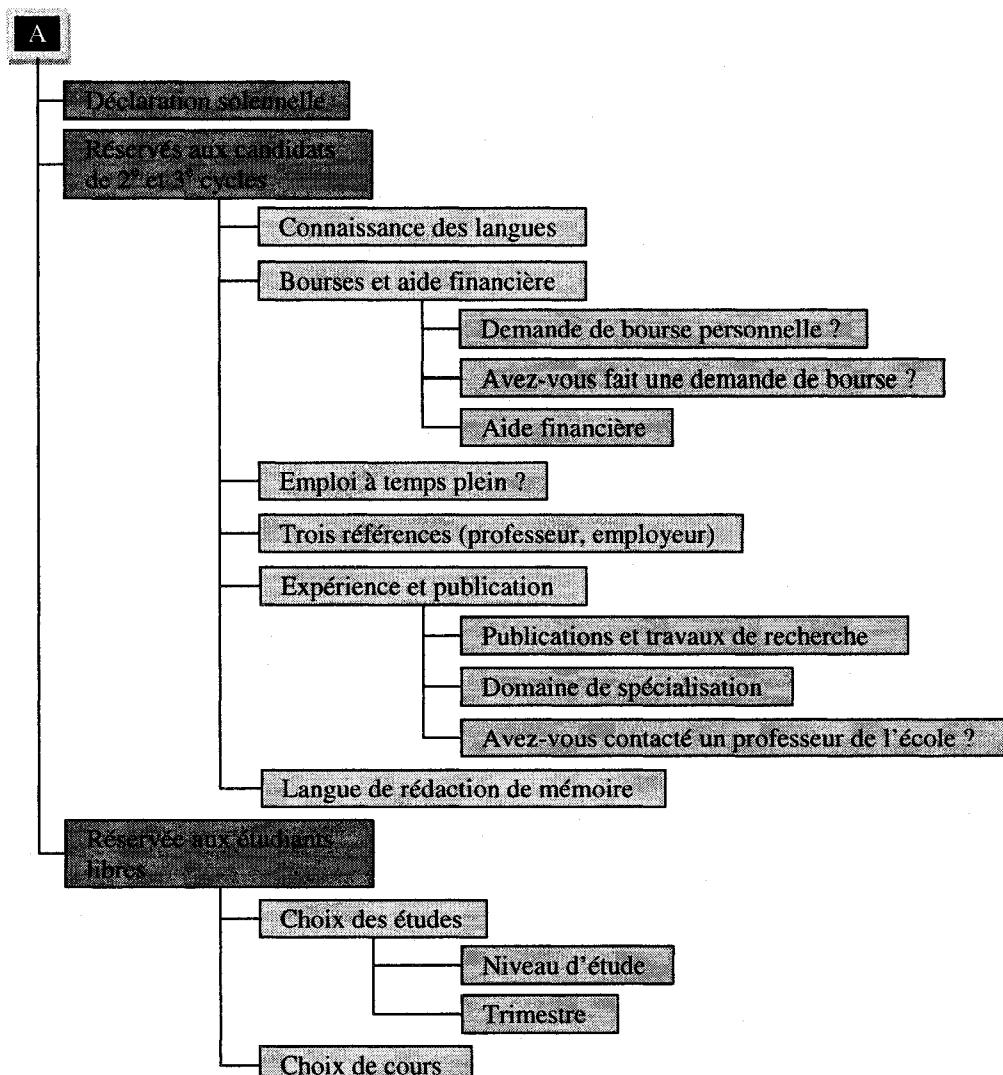


Figure 8.3 : Structure du formulaire long

Nous remarquons que la structure des formulaires court et intermédiaire a deux niveaux de profondeur tandis que celle du formulaire long en a trois niveaux. À la fin de ces niveaux, les contrôles réutilisables renferment le contenu du formulaire (les composantes). Pour les modèles barre de défilement, menu et flip zooming, le contenu est toujours le même pour un formulaire, c'est juste la façon d'y accéder qui diffère d'un

modèle à un autre. Par contre, compte tenu de la structure du modèle arborescence, l'affichage du contenu et la navigation sont différents des autres modèles, compte tenu de sa structure. Pour cette raison, nous avons dû développer individuellement le contenu de chaque formulaire pour le modèle arborescence, alors que pour les autres modèles, nous avons réutilisé le même contenu d'un modèle à un autre en exploitant les contrôles réutilisables. La figure 8.4 présente un exemple de contrôles réutilisables.

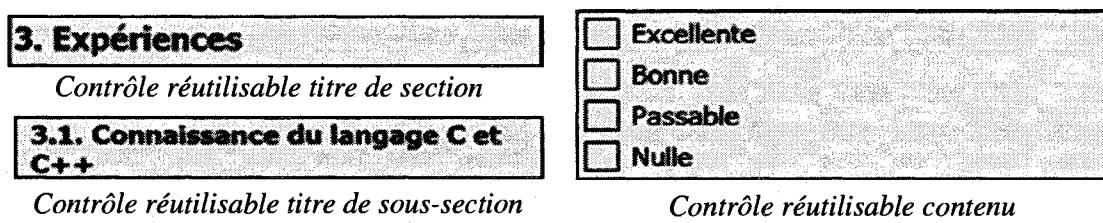


Figure 8.4 : Exemple de contrôles réutilisables

Outre l'utilisation de ces derniers, nous avons mis en place des règles de présentation d'informations afin de garantir l'homogénéité des affichages dans les quatre modèles et les trois types de formulaires. Les règles de mise en forme portent sur la taille, la police, la couleur des textes (tableau 8.1), tandis que les règles d'ajustement et d'alignement des composantes et des contrôles réutilisables portent sur les distances de l'espacement.

Tableau 8.1 : Les règles de mise en forme des informations des interfaces

Type de texte	Police	Taille
Aide	Tahoma	8
Texte des labels	Tahoma	9
Titre des sections et des sous-sections	Tahoma	10
Titre des formulaires	Tahoma	11

La couleur du texte dans le formulaire est le noir. Par contre, la couleur du texte dans les menus est le bleu. Pour chaque type de formulaires, la taille et l'emplacement du contrôle réutilisable, composé du titre et du sigle du formulaire, sont les mêmes pour les modèles menu et barre de défilement. Par contre, à cause du manque d'espace, nous avons été contraints de réduire la taille du contrôle réutilisable pour les modèles arborescence et flip zooming. Le tableau 8.2 présente les règles d'alignement et d'ajustement que nous avons utilisées pour aligner les composantes du formulaire.

Tableau 8.2 : Les règles d'ajustement et d'alignement des composantes du formulaire dans les prototypes d'interfaces de PDA

Paramètres	Mesure (p :pixel)
Distance entre la bordure gauche de l'écran et le contrôle réutilisable	2p
Distance entre la bordure (droite, supérieure et inférieure) de l'écran et le contrôle réutilisable	5p
Distance entre la bordure gauche du contrôle réutilisable et la case à cocher	1p
Distance entre la bordure gauche du contrôle réutilisable et le label	3p
Distance horizontale entre un label et une composante	5p
Distance verticale et horizontale entre deux composantes	10p
Distance verticale entre deux labels	10p
Distance verticale entre deux contrôles réutilisables	20p
Distance verticale entre un titre de section ou de sous-section et les composantes	6p

Nous n'avons pas appliqué la règle de la norme ISO 9241-17 (dialogues de type remplissage de formulaires) concernant l'alignement vertical des libellés par rapport aux objets qui forment la composante (champs textuels, listes déroulantes). La règle s'énonce comme suit :

« Pour les champs textuels ou alphanumériques alignés verticalement en colonnes, si la longueur des labels peut varier notablement et si l'exécution de la tâche implique l'entrée séquentielle des données, il convient que les labels soient justifiés à droite et que les champs soient justifiés à gauche. Par contre, si la longueur des labels ne varie pas notablement, les labels de champs et les champs peuvent être justifiés à gauche. » (ISO, 1998)

Il est difficile d'exploiter au maximum l'espace-écran du PDA avec cette règle, puisqu'avec l'alignement proposé, plusieurs espaces seraient perdus. Pour y remédier, nous avons fait en sorte que les libellés (label) soient alignés à gauche et que la distance entre la fin du libellé et le début de l'objet (champ de texte, liste déroulante, etc.) soit toujours de 5 pixels (figure 8.5). L'objet est toujours aligné à gauche.

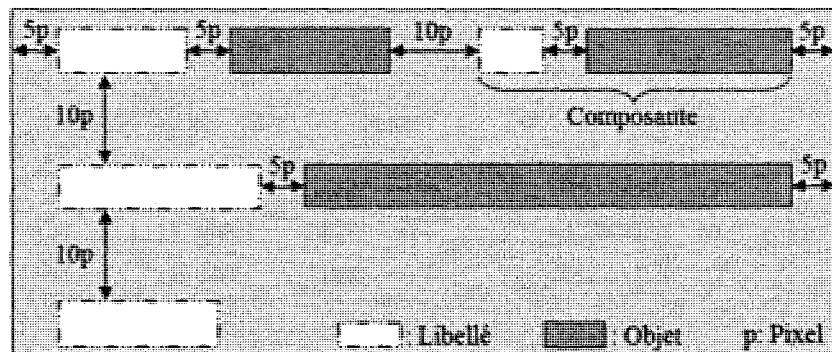


Figure 8.5 : Règles d'alignement des libellés et des objets

La distance entre le début de la composante et la bordure gauche de l'écran est toujours de 5 pixels. Il en est de même pour la fin de la composante et la bordure droite de l'écran, dans le cas où la composante occupe tout l'espace de la ligne. Dans le cas contraire, un autre libellé avec son objet correspondant sera affiché à la suite du premier sur la même ligne si leur taille le permet. La distance entre les deux composantes est de

10 pixels. En respectant ces règles et en divisant l'interface du formulaire en un ensemble de contrôles réutilisables, nous avons développé quatre modèles de présentation pour chacun des trois formulaires. La description du développement de chaque modèle est présentée dans les sections qui suivent.

8.2.1 Modèle barre de défilement

Le modèle barre de défilement est le premier à avoir été utilisé pour présenter le contenu d'un formulaire sur un PDA. Le principe de ce modèle a été emprunté aux formulaires sur ordinateur de bureau. Comme le montre la figure 8.6, l'idée est de présenter tout le contenu du formulaire papier sur une ou plusieurs pages d'écran et d'exploiter l'utilisation de la technique de la barre de



Figure 8.6 : Le modèle barre de défilement pour les trois types de formulaires

défilement horizontal ou vertical, pour naviguer à travers ces pages et afficher le contenu du formulaire. La figure 8.6 présente les interfaces des trois formulaires (formulaires court, intermédiaire et long) en utilisant le modèle barre de défilement. Nous pouvons voir qu'il y a une différence dans la taille de l'ascenseur de la barre de défilement des trois interfaces (figure 8.6-b). Cette différence est due principalement à la différence de taille des formulaires et au nombre de contrôles réutilisables utilisés. Le tableau 8.3 présente les caractéristiques de chacun des formulaires par rapport à la taille.

Tableau 8.3 : Caractéristiques de trois formulaires qui ont été développés

	Formulaire		
	court	intermédiaire	long
Nombre de contrôles réutilisables	10	11	50
Hauteur en pixels	1220	1420	5641
Nombre de pages écran	4.55	5.30	21.05
Nombre de clics pour naviguer verticalement avec la barre de défilement tout au long du formulaire	190	231	1125

8.2.2 Modèle menu

Le principe du modèle menu est de décomposer le formulaire en niveaux. Chaque niveau correspond à une section ou une sous-section du formulaire. L'accès à ces niveaux se fait via le menu principal qui renferme les noms des sections du premier niveau. Si la section en question est le dernier niveau, alors en cliquant sur l'item du menu, le contenu de cette section sera affiché à l'écran. Par contre, si la section est divisée en sous-sections, un menu imbriqué sera affiché contenant les noms de ces sous-

sections. Généralement, la section qui possède des sous-sections est identifiable par le symbole « ► » (indicateur de sous-menus) qui est placé après le nom de la section. La figure 8.7 donne un exemple de l'interface du modèle menu. L'accès au contenu du formulaire se fait par un simple clic sur le menu. Il arrive parfois que l'on soit obligé d'utiliser la barre de défilement lorsque le contenu de la section affichée à l'écran dépasse la taille de l'écran.



Figure 8.7 : Le modèle menu pour le formulaire intermédiaire

8.2.3 Modèle flip zooming

Le concept du flip zooming a été utilisé au début pour afficher des pages Web (Björk et al., 1999b). Depuis la page principale, il offre aux utilisateurs une vue d'ensemble du contenu de la page. Le principe de base du concept de flip zooming est de

pouvoir structurer le contenu de l'interface de façon hiérarchique. Or, un formulaire électronique n'est autre qu'un ensemble de sections et de sous-sections qui peut être modélisé par une structure hiérarchique. En se basant sur ce fait, nous avons adapté l'idée aux formulaires, ce qui nous donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire. Le principe du modèle est le suivant : la page principale du modèle, qui correspond au premier niveau, est divisée en cadres. Chaque cadre correspond à une section. Le premier niveau du formulaire court et du formulaire intermédiaire est formé de six cadres, alors que le formulaire long est divisé en sept cadres (figure 8.8).



Figure 8.8 : La page principale du modèle flip zooming de chaque formulaire

L'interface du modèle flip zooming est divisée en quatre zones (figure 8.9). La zone 1 est réservée au titre du formulaire au sigle, ou à toutes autres informations qui portent sur le formulaire. La zone 2 sert à afficher les cadres formant les sections du premier niveau. Les cadres se lisent de gauche à droite et de haut en bas.

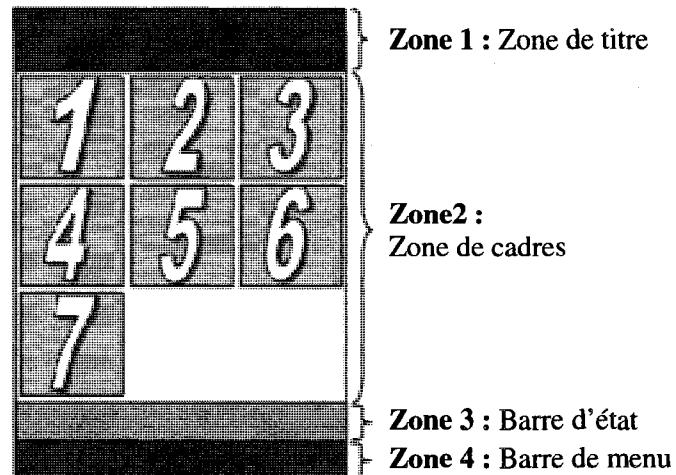


Figure 8.9 : Les parties du modèle flip zooming

La zone 3 sert à afficher le nom de la section quand l'utilisateur clique pour la première fois sur le cadre. Avec le clic, le cadre subit un zoom et le système ajuste les autres cadres en conséquence. La figure 8.10 présente l'ajustement dans le cas de sept cadres.

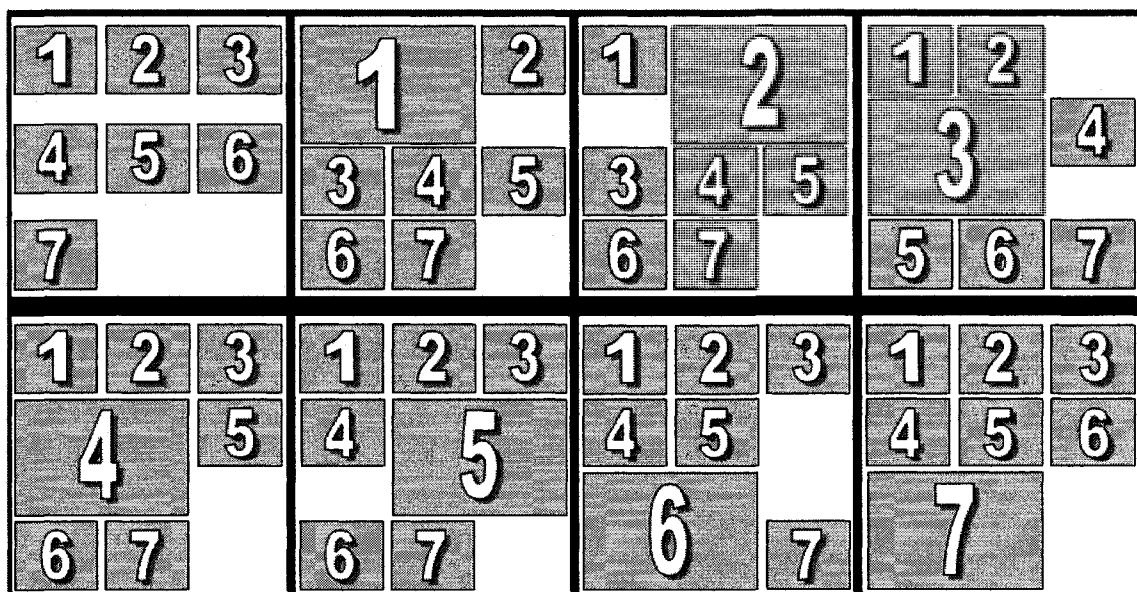


Figure 8.10 : Illustration des ajustements des cadres pour un formulaire de sept sections utilisant le modèle flip zooming

Il existe deux sortes de contenus du cadre. Si la section possède des sous-sections, le nom des sous-sections est affiché dans le cadre correspondant à la section (en texte bleu) sinon c'est l'image du contenu de la section qui s'affiche. L'image renferme les composantes formant le contenu du dernier niveau de la section. Un clic sert à zoomer sur le cadre et à afficher le nom de la section correspondante dans la barre d'état. Le deuxième clic sert à afficher soit le contenu dans le cas du dernier niveau, soit d'autres cadres correspondant aux sous-sections de la section (figure 8.11).

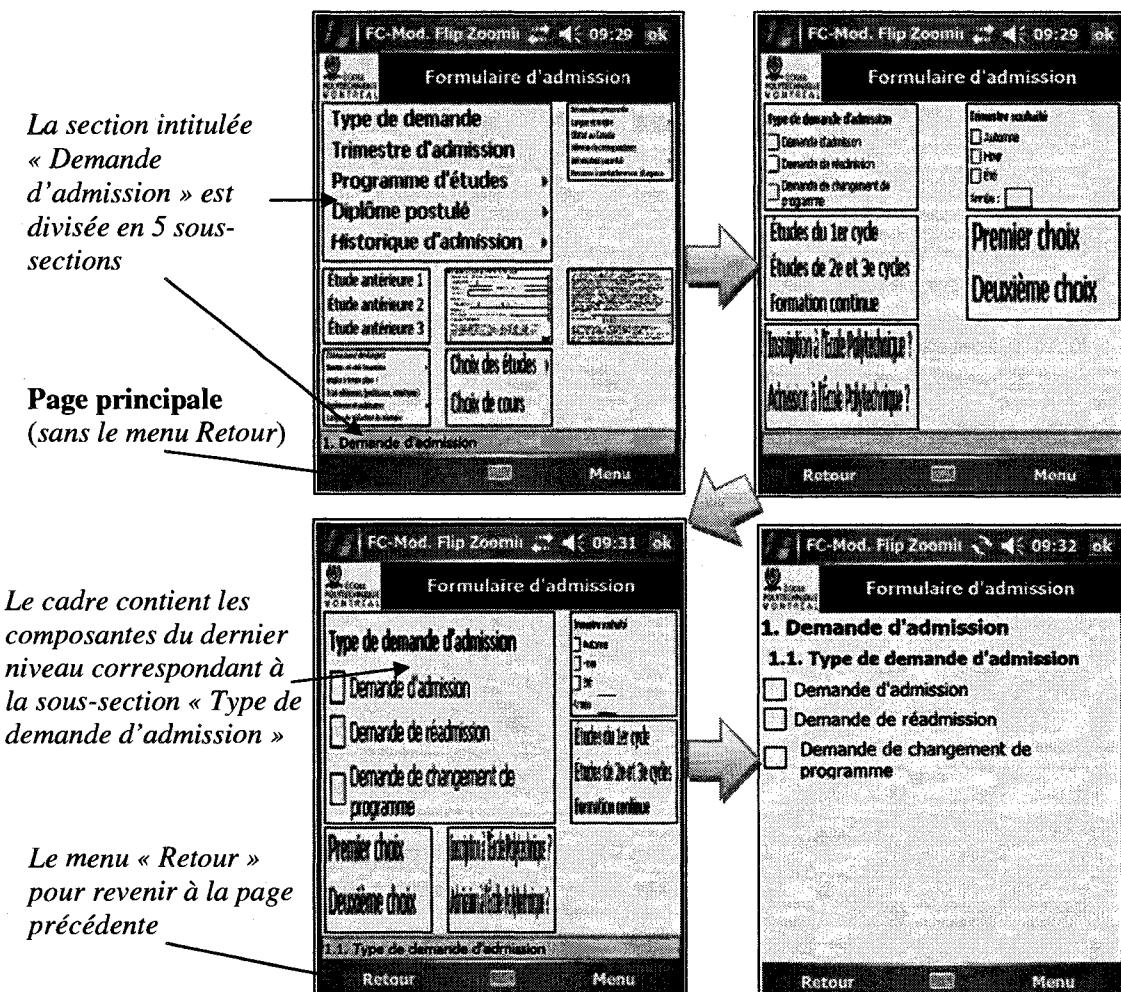


Figure 8.11 : Présentation des interfaces des différents niveaux

La zone 4 contient le bouton de menu qui permet de revenir à la page précédente. Ce bouton n'existe pas pour la page principale, puisqu'elle correspond au premier niveau. En cliquant sur le menu « Retour », le système affiche la page précédente, tout en laissant le cadre sur lequel nous avons cliqué auparavant en situation de zoom. Ceci va permettre à l'utilisateur de savoir où il est et sur quel cadre il avait cliqué.

8.2.4 Modèle arborescence

Comme son nom l'indique et à l'instar du modèle flip zooming, le modèle arborescence utilise une structure hiérarchique. Nous nous sommes basés sur le principe de l'explorateur de Windows tout en l'adaptant aux formulaires électroniques. La figure 8.12 présente l'interface de l'explorateur Windows (du système d'exploitation XP) et l'adaptation que nous avons faite pour le formulaire sur PDA.

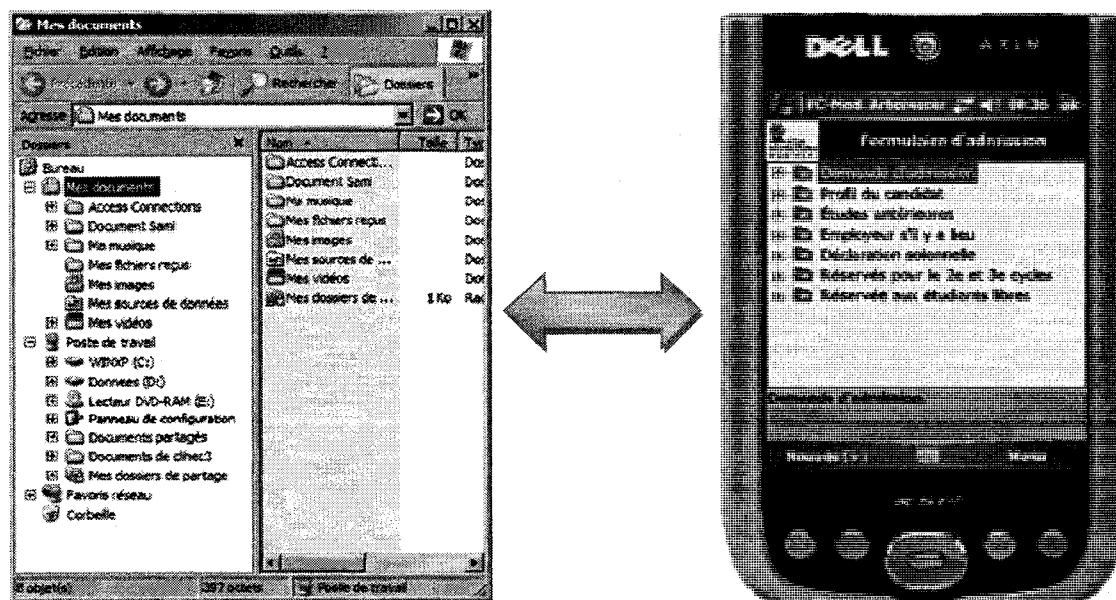


Figure 8.12 : De l'explorateur Windows au modèle arborescence pour PDA

Le modèle arborescence est formé de quatre zones (figure 8.13). La zone 1 peut contenir les informations sur le formulaire telles que le nom, le sigle, le code. La zone 2 contient l'arborescence. Cette dernière est formée d'un ensemble de niveaux. Chaque niveau est représenté par un ensemble de nœuds. Le dernier niveau d'un nœud est formé de feuilles. Dans le cas d'un formulaire, les nœuds représentent les sections et les sous-sections, alors que les feuilles représentent les libellés (items) des composantes qui forment le formulaire. Le nœud parent de l'arborescence est le formulaire en question. Nous avons représenté les nœuds sous forme de dossiers. Il existe quatre types de représentation du dossier (nœud) comme le montre la figure 8.13.

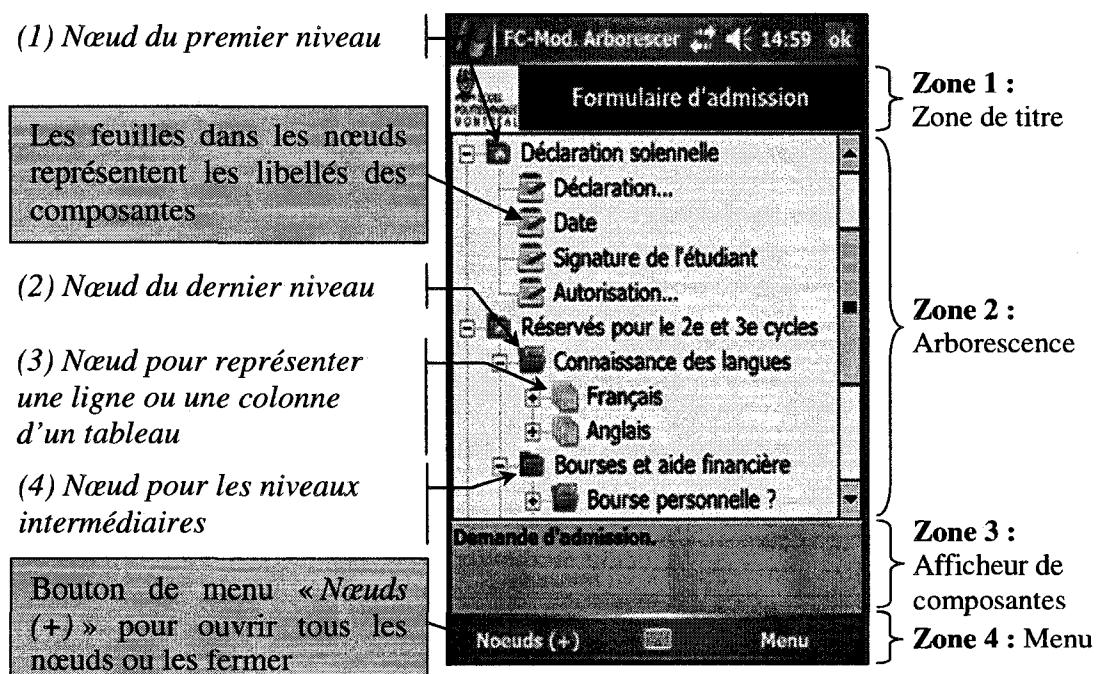


Figure 8.13 : Structure du modèle arborescence pour le formulaire sur PDA

Pour afficher le contenu d'un nœud, il suffit de faire un double clic sur le nœud en question ou de cliquer sur le symbole [+] ou [-] respectivement pour afficher le

contenu d'un nœud ou le masquer. Étant donné la largeur réduite de l'écran du PDA et pour éviter d'utiliser la barre de défilement horizontal, nous avons abrégé certains noms de sections ou même des sous-sections qui dépassaient la largeur de l'écran. Pour faciliter la compréhension des abréviations, lorsque l'utilisateur clique une fois sur un nœud ou sur une feuille, le détail de ce dernier est affiché dans la zone 3 (*afficheur de composantes*). S'il clique sur un nœud, l'afficheur de composantes va présenter le texte décrivant le nœud, par contre, s'il clique sur une feuille, la zone va afficher la composante correspondant au libellé. La figure 8.14 présente les différents types de composantes qui peuvent être affichés dans la zone 3.

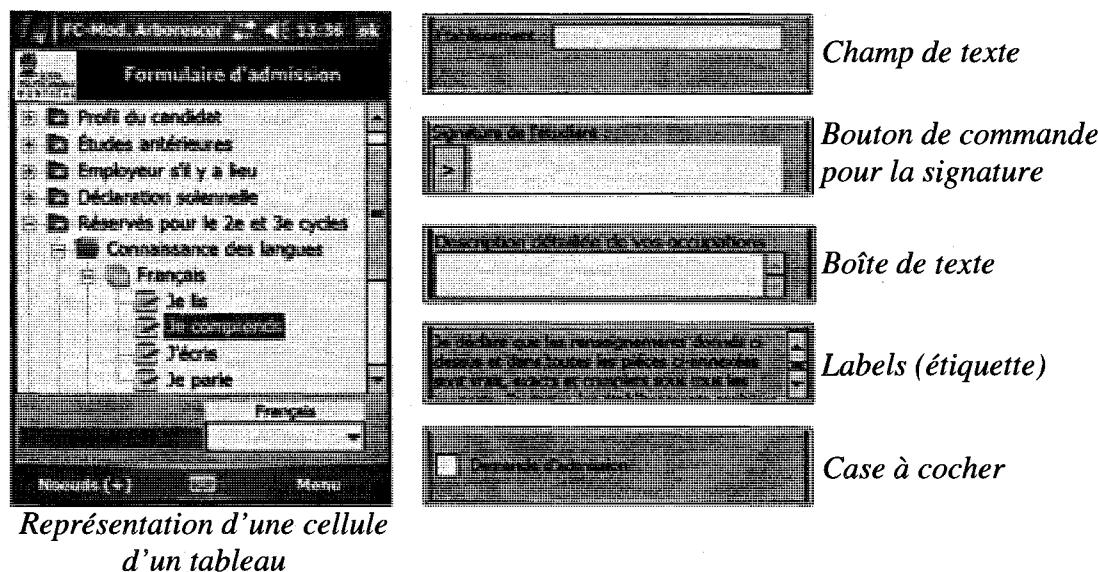


Figure 8.14 : Différentes sortes d'affichage dans la zone d'afficheur de composantes

La zone d'arborescence sert à afficher le contenu des sections. La zone d'afficheur de composantes sert à afficher le type de la composante et permet de faire la saisie des données. A tout moment, l'utilisateur peut passer d'un libellé à un autre par un

simple clic dans la zone d'arborescence. La zone 4, qui contient le bouton de menu « Nœuds (+) » sert à ouvrir tous les nœuds ou à les fermer en tout temps. Évidemment, en ouvrant tous les nœuds, l'utilisateur est obligé de se servir de la barre de défilement pour naviguer dans la zone d'arborescence.

Après avoir développé nos quatre modèles de présentation de formulaires sur PDAs et pour répondre à notre objectif de recherche, nous avons testé ces modèles auprès des sujets. La partie 3 présente le détail de cette étude expérimentale.

Partie III : Études expérimentales

- *Chapitre 9 : Étude expérimentale – mesure du temps de déplacement du stylet sur un PDA*
- *Chapitre 10 : Étude expérimentale sur la performance des quatre modèles de présentation de formulaires*

CHAPITRE 9 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE –

MESURE DU TEMPS DE DÉPLACEMENT DU

STYLET SUR UN PDA

Dans ce chapitre nous présentons l'étude portant sur la mesure du temps de déplacement d'un stylet, les raisons qui nous ont poussés à la réaliser, la méthodologie utilisée et les résultats obtenus.

9.1 Motivation

L'objectif de notre thèse est de comparer la performance en terme de rapidité d'exécution de tâches par des humains de quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA en fonction de trois types de formulaires (court, intermédiaire et long). Pour cela, nous allons faire appel à des sujets pour effectuer les tests et à un expert qui sait exactement quoi faire de façon à pouvoir comparer. De plus, nous allons comparer les temps des sujets et de l'expert au temps brut. Ce dernier correspond au nombre de clics nécessaires pour trouver la réponse multiplié par le temps de déplacement moyen du stylet sur l'écran. Or, il nous manque ce temps pour calculer le temps brut. Pour cela, nous allons utiliser la formule de la loi de Fitts (Fitts, 1954), qui permet de calculer le

temps de déplacement entre deux cibles en tenant compte de la distance entre les cibles et de la grosseur de la cible.

$$T_m = a + b \times \log_2 \left(1 + \frac{D}{W} \right)$$

où T_m est le temps de déplacement (mouvement), « a » et « b » sont deux constantes qui peuvent être calculées empiriquement et qui dépendent de facteurs comme les caractéristiques du dispositif d'entrée utilisé et le contexte d'utilisation, D et W sont respectivement la distance séparant le point de départ au centre de la cible et la largeur de la cible mesurée selon l'axe du mouvement. Nous sommes contraints de déterminer « a » et « b » pour pouvoir utiliser la loi de Fitts. Dans cette étude, nous avons utilisé deux méthodes pour estimer les coefficients « a » et « b » de la fonction affine proposée par Fitts, et nous en avons profité pour évaluer une relation entre la taille de l'écran, l'orientation de l'écran (mode portrait ou paysage) et le temps de déplacement.

La première méthode comporte deux étapes : d'abord, nous régressons tous les temps d'exécution (pour 24 sujets \times 4 tailles \times 2 orientations d'affichage, soient 196 données) sur les variables explicatives suivantes : taille d'écran, orientation de l'affichage et ordre de visualisation ; puis nous utilisons les estimateurs issus de cette régression, calculons les temps de déplacement ajustés pour chaque taille et chaque orientation (8 données) et les régressons sur la variable proposée par la loi de Fitts. La deuxième méthode comporte également deux étapes : nous calculons les moyennes des

temps observés, puis régressons les temps de déplacement moyens pour chaque taille et chaque orientation (8 données) sur la variable proposée par la loi de Fitts.

La première méthode utilise le calcul des temps ajustés pour minimiser l'impact des erreurs d'observation dues à l'environnement de l'utilisateur ou aux capacités idiosyncrasiques de chaque sujet à exécuter la tâche. En d'autres mots, le but est d'éliminer la composante du temps d'exécution spécifique à chaque sujet. Cependant, dans ce cas de figure, la seconde étape de l'estimation se base sur des prédictions inévitablement entachées d'erreurs d'estimation (appelées « *errors-in-variables* »). C'est pourquoi nous avons décidé d'utiliser la deuxième méthode qui se base simplement sur les observations. Elle constituera un outil de référence pour les estimateurs des coefficients de l'équation de Fitts et un test de robustesse.

9.2 Description de l'étude

9.2.1 Plan d'expérience

Le tableau 9.1 montre les différentes variables de l'expérience servant à mesurer. Nous avons une variable indépendante primaire (taille de l'écran), une variable indépendante secondaire (mode d'orientation de l'écran : portrait et paysage), et une variable dépendante (temps de déplacement du stylet par l'utilisateur).

Tableau 9.1 : Les variables indépendante et dépendante de l'expérience servant à mesurer les coefficients « a » et « b » de la loi de Fitts

Variable indépendante primaire	Variable indépendante secondaire	Variable dépendante
<i>Taille de l'écran</i>	<i>Orientation de l'écran</i>	
<i>(188*268pixels)</i> <i>(E₁)</i>	<i>Portrait</i>	Temps de déplacement du stylet
	<i>Paysage</i>	
<i>(188*134pixels)</i> <i>(E₂)</i>	<i>Portrait</i>	Temps de déplacement du stylet
	<i>Paysage</i>	
<i>(188*89pixels)</i> <i>(E₃)</i>	<i>Portrait</i>	Temps de déplacement du stylet
	<i>Paysage</i>	
<i>(94*134pixels)</i> <i>(E₄)</i>	<i>Portrait</i>	Temps de déplacement du stylet
	<i>Paysage</i>	

9.2.2 Choix du design

Pour éviter les biais causés par l'effet d'apprentissage d'une interface à l'autre, nous devons contrôler minutieusement l'ordre dans lequel les sujets utiliseront les différentes interfaces. Chaque sujet va manipuler les quatre grandeurs écrans et les deux modes d'orientation, c'est-à-dire huit conditions. Le design expérimental que nous avons élaboré garantit le même nombre d'utilisations de chaque grandeur d'écran et de chaque orientation (mode paysage ou portrait) et le contrôle de l'ordre d'utilisation des interfaces. Le tableau 9.2 présente l'ordre suivant lequel chaque sujet a utilisé les huit interfaces de PDA. Ce nombre est estimé à 24. Pour fixer la taille de l'échantillon, nous avons pris en considération toutes les combinaisons possibles qui permettent de donner la même chance d'ordre d'apparition à chaque taille d'écran. Comme nous en avons 4,

nous avons eu à solliciter les services de factorielle 4 utilisateurs, c'est-à-dire 24. Nous n'avons pas pris en compte l'orientation de l'écran comme critère additionnel pour calculer le nombre de sujets requis. Dans ce cas de figure, les sujets vont tester les mêmes tailles d'écran mais sous deux orientations (portrait et paysage) et nous avons fait en sorte que l'ordre d'apparition des quatre tailles d'écran ne soit pas le même d'un mode d'orientation à un autre. Par contre, pour assurer le même nombre d'utilisations du mode portrait et du mode paysage, 12 sujets vont entamer les 4 premiers tests en mode portrait et les 4 derniers en mode paysage et les 12 autres sujets vont faire l'inverse (tableau 9.2).

Tableau 9.2 : Ordre suivant lequel chaque sujet a utilisé les huit interfaces du PDA

Ordre Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8
1	EP ₁	EP ₂	EP ₃	EP ₄	EL ₂	EL ₁	EL ₃	EL ₄
2	EL ₂	EL ₁	EL ₄	EL ₃	EP ₁	EP ₂	EP ₄	EP ₃
3	EP ₁	EP ₃	EP ₂	EP ₄	EL ₂	EL ₃	EL ₁	EL ₄
4	EL ₂	EL ₃	EL ₄	EL ₁	EP ₁	EP ₃	EP ₄	EP ₂
5	EP ₁	EP ₄	EP ₂	EP ₃	EL ₂	EL ₄	EL ₁	EL ₃
6	EL ₂	EL ₄	EL ₃	EL ₁	EP ₁	EP ₄	EP ₃	EP ₂
7	EP ₂	EP ₁	EP ₃	EP ₄	EL ₃	EL ₁	EL ₂	EL ₄
8	EL ₃	EL ₁	EL ₄	EL ₂	EP ₂	EP ₁	EP ₄	EP ₃
9	EP ₂	EP ₃	EP ₁	EP ₄	EL ₃	EL ₂	EL ₁	EL ₄
10	EL ₃	EL ₂	EL ₄	EL ₁	EP ₂	EP ₃	EP ₄	EP ₁
11	EP ₂	EP ₄	EP ₁	EP ₃	EL ₃	EL ₄	EL ₁	EL ₂
12	EL ₃	EL ₄	EL ₂	EL ₁	EP ₂	EP ₄	EP ₃	EP ₁
13	EP ₃	EP ₁	EP ₂	EP ₄	EL ₄	EL ₁	EL ₂	EL ₃
15	EP ₃	EP ₂	EP ₁	EP ₄	EL ₄	EL ₂	EL ₁	EL ₃
16	EL ₄	EL ₂	EL ₃	EL ₁	EP ₃	EP ₂	EP ₄	EP ₁
17	EP ₃	EP ₄	EP ₁	EP ₂	EL ₄	EL ₃	EL ₁	EL ₂
14	EL ₄	EL ₁	EL ₃	EL ₂	EP ₃	EP ₁	EP ₄	EP ₂

Tableau 9.2 : Ordre suivant lequel chaque sujet a utilisé les huit interfaces du PDA

(suite et fin)

Ordre Sujet	1	2	3	4	5	6	7	8
18	EL₄	EL₃	EL₂	EL₁	EP₃	EP₄	EP₂	EP₁
19	EP₄	EP₁	EP₂	EP₃	EL₁	EL₂	EL₃	EL₄
20	EL₁	EL₂	EL₄	EL₃	EP₄	EP₁	EP₃	EP₂
21	EP₄	EP₂	EP₁	EP₃	EL₁	EL₃	EL₂	EL₄
22	EL₁	EL₃	EL₄	EL₂	EP₄	EP₂	EP₃	EP₁
23	EP₄	EP₃	EP₁	EP₂	EL₁	EL₄	EL₂	EL₃
24	EL₁	EL₄	EL₃	EL₂	EP₄	EP₃	EP₂	EP₁

EP_i désigne la taille de l'écran i en mode portrait ; EL_i désigne la taille de l'écran i en mode paysage

9.2.3 Tâche expérimentale

Pour faciliter le test auprès des sujets, pour utiliser un seul terminal, pour gagner du temps de développement et pour éviter l'achat de quatre terminaux de tailles différentes, nous avons simulé quatre tailles d'écran différentes sur un seul écran de PDA en les représentants sous forme de cadres. Dans ce qui suit, les termes cadres et écrans sont interchangeables. Pour chaque taille d'écran, un bouton de commande est placé à un endroit fixe dans le coin inférieur droit ou gauche du cadre. Chaque fois que le sujet clique sur le bouton de commande, un carré noir apparaît à l'écran. Le choix de quatre tailles de cadres va servir essentiellement à tester différents emplacements du carré noir. Le sujet doit alors placer la pointe de son stylet sur une partie de la surface de ce carré afin que le système puisse mesurer le temps (en millisecondes) mis pour passer du bouton de commande au carré noir. Les figures 9.1 et 9.2 représentent les quatre tailles de cadre pour les deux modes d'orientation : portrait et paysage.

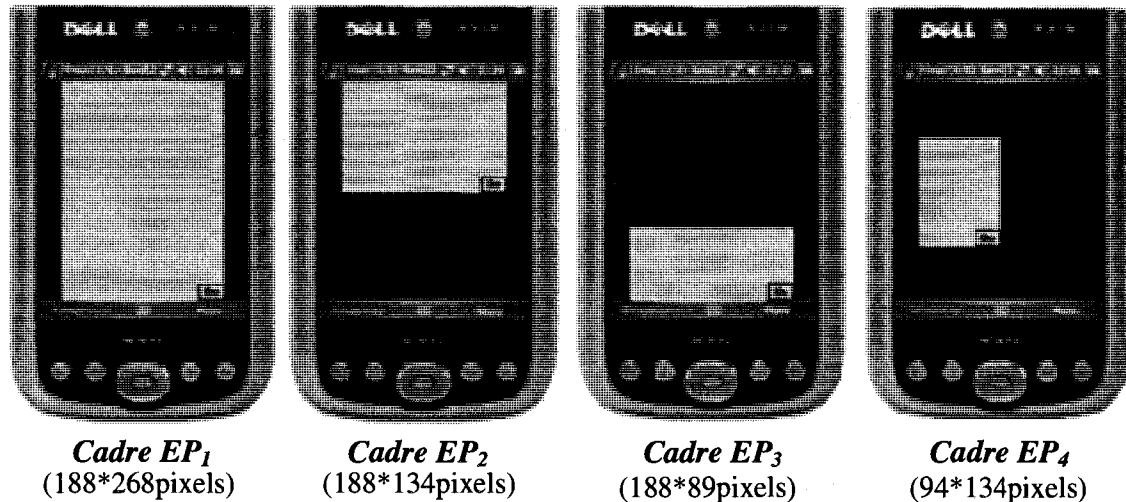


Figure 9.1 : Les quatre tailles de cadre pour l'orientation portrait

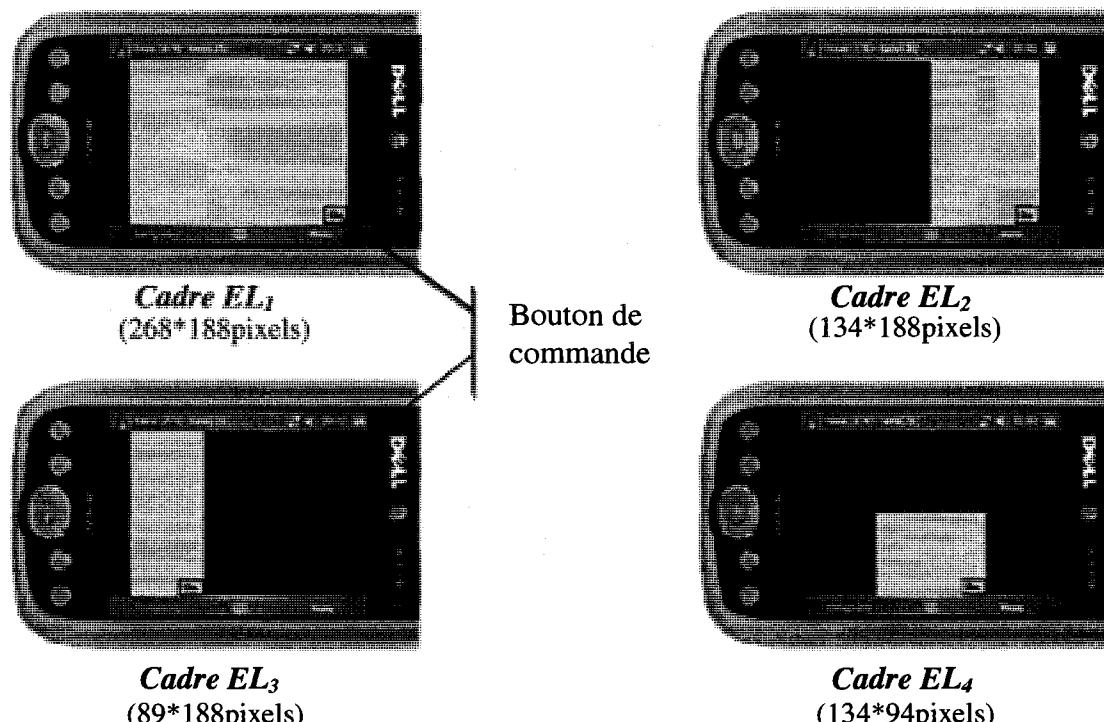


Figure 9.2 : Les quatre tailles de cadre pour l'orientation paysage

Le but du test est de mesurer le temps moyen de déplacement du stylet par sujet, par taille d'écran et par mode d'orientation de l'écran. Comme nous sommes limités par

le nombre de tests, nous avons appliqué la loi des grands nombres. Cette loi énonce que si le nombre de simulations augmente à l'infini, la probabilité empirique converge vers la probabilité théorique. Cela veut dire que si le carré noir est affiché aléatoirement partout sur l'écran et que si l'expérience est répétée des milliers de fois, le temps moyen de déplacement du stylet sera le temps que mettra un sujet pour déplacer son stylet du bouton de commande vers le carré noir situé au centre de l'écran. C'est pourquoi nous avons choisi de toujours afficher le carré noir au centre du cadre.

9.2.4 Sujets

Parmi les 24 sujets que nous avons recrutés pour l'expérience qui ne durait pas plus d'une minute, il y avait 17 étudiants et 7 amis(es). Le tableau 9.3 présente les caractéristiques de notre échantillon de sujets.

Tableau 9.3 : Caractéristiques de 24 sujets ayant participé à l'étude sur le temps de déplacement du stylet à l'écran

Caractéristiques	Statistiques
Homme	12
Femme	12
Droitier	21
Gaucher	3
Âge maximal	56
Âge minimum	17
Moyenne d'âge	24.62
Écart-type d'âge	10.56
Sujets ayant déjà manipulé un PDA	8

9.2.5 Choix de l'assistant numérique personnel

Comme nous cherchons à identifier les deux constantes « a » et « b » de la loi de Fitts qui dépendent du type d'appareil, afin de calculer le temps de déplacement moyen, nous avons utilisé le même appareil que celui qui sera utilisé pour comparer la performance des quatre modèles de présentation de formulaire en fonction de la longueur du formulaire. En effet, avec ce temps moyen de déplacement, nous allons pouvoir calculer les temps bruts et comparer ces temps avec ceux des sujets et de l'expert.

9.2.6 Positionnement du bouton de commande

Pour que la mesure du temps de déplacement du stylet pour les différentes tailles d'écran soit cohérente entre les sujets droitiers et gauchers et pour que le point de départ du mouvement soit identique pour tous les tests, nous avons décidé de positionner le bouton de commande dans le coin inférieur gauche du cadre pour les sujets gauchers ou droit pour les sujets droitiers afin que la main ne cache pas une partie de l'écran. En cliquant sur le bouton de commande, le système déclenche le chronométrage et le carré noir apparaît au centre du cadre.

9.2.7 Positionnement des cadres par rapport au mode d'orientation du PDA

Selon le même raisonnement utilisé pour le positionnement du bouton de commande, nous avons opté pour deux choix d'emplacement de cadre. Comme le montre la figure 9.3, nous avons choisi de placer le cadre à droite de l'écran pour un sujet droitier et à gauche de l'écran pour un sujet gaucher. Le but étant de garantir la même distance de déplacement de la main sur le PDA d'un sujet à un autre.

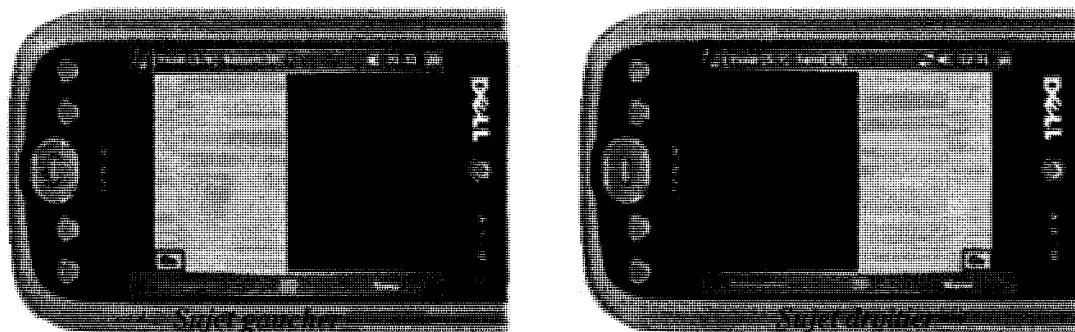


Figure 9.3 : Position du cadre sur l'écran du PDA selon la latéralité du sujet

9.2.8 Mesures recueillies

Au cours de l'expérience, nous avons mesuré le temps de déplacement du stylet entre le bouton de commande et le carré noir pour les huit interfaces. Chaque sujet tient le PDA dans une main et utilise le stylet avec l'autre main pour interagir avec l'interface. Le sujet n'a pas le droit de déposer le PDA ou sa main sur une table ou une surface plane. Nous avons développé un système qui affiche les différentes interfaces dans un ordre défini et enregistre les mesures chronométrées automatiquement. La figure 9.4 présente trois pages écran du système.



Figure 9.4 : Interface du système de gestion de l'expérience avec la loi de Fitts

La page principale du système offre plusieurs fonctionnalités : créer un nouveau sujet, modifier une information, supprimer une information liée au sujet (figure 9.4-a). Après avoir créé un compte pour un sujet, il faut sélectionner le sujet dans la liste déroulante pour afficher toutes les informations qui lui sont liées. Pour commencer l'expérience, il suffit de cliquer sur le bouton de menu « *Expérience* ». Le système affiche alors une boîte de dialogue pour indiquer au sujet par quel mode d'affichage (portrait ou paysage) il va commencer (figure 9.4-b). Le système démarre le chronométrage aussitôt que le sujet clique sur le bouton de commande situé au bas du cadre. L'enregistrement du temps de déplacement dans la base de données se fait dès que le sujet clique sur le carré noir. À la fin du test, il est possible de consulter les huit temps que le système a enregistrés (figure 9.4-c).

9.3 Résultats

Nous visons deux objectifs avec notre étude : (1) tester la relation entre le temps d'exécution et des variables explicatives présumées pertinentes dans la prédiction de la performance de l'utilisateur, à savoir la taille et l'orientation de l'écran, et (2) estimer les coefficients « *a* » et « *b* » de la loi de Fitts, en puisant dans des méthodes statistiques.

9.3.1 Distribution des données de l'étude

La figure 9.5 montre les temps de déplacement moyen du stylet par les sujets selon l'orientation de l'écran. La moyenne des temps de déplacement est de 709.01 ms (écart-type = 178.75) en mode portrait et de 792.77 ms (écart-type = 286.96) en mode paysage, avec une différence significative au seuil de 10% ($t=-1.99$).

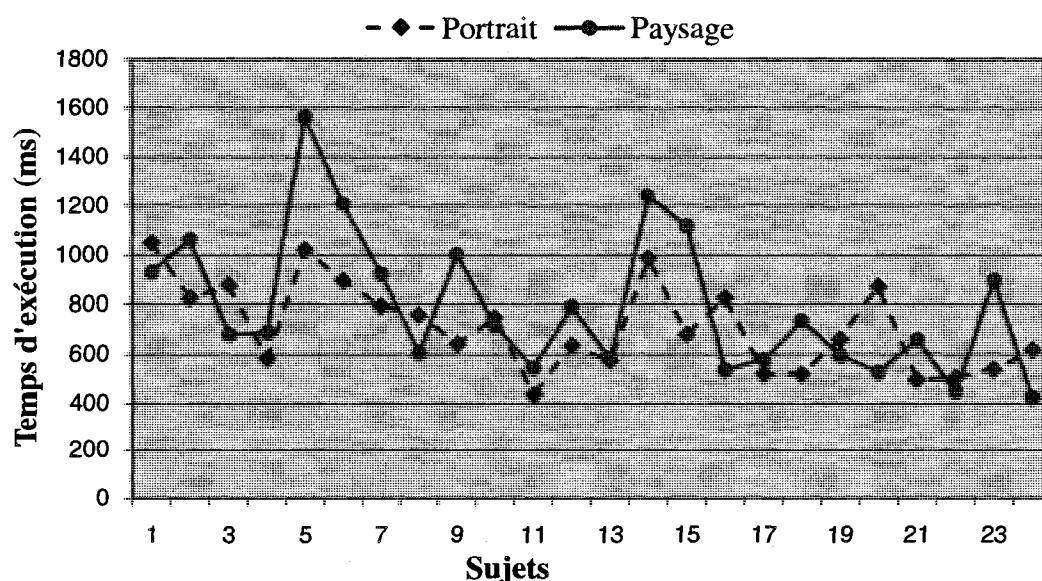


Figure 9.5 : Temps de déplacement moyen du stylet par les sujets selon l'orientation de l'écran

On remarque que les temps de déplacement en mode portrait sont plus constants que les temps de déplacements en mode paysage, avec des coefficients de variation respectifs de 0.37 et 0.50. Ce résultat révèle que la charge motrice en mode portrait est inférieure à celle qui est causée par le mode paysage. Une explication possible est le fait que les sujets sont habitués d'utiliser des terminaux mobiles (ex. : téléphone cellulaire) en mode portrait plutôt que paysage. La figure 9.6 montre les temps de déplacement du stylet par les sujets selon l'orientation et la taille de l'écran.

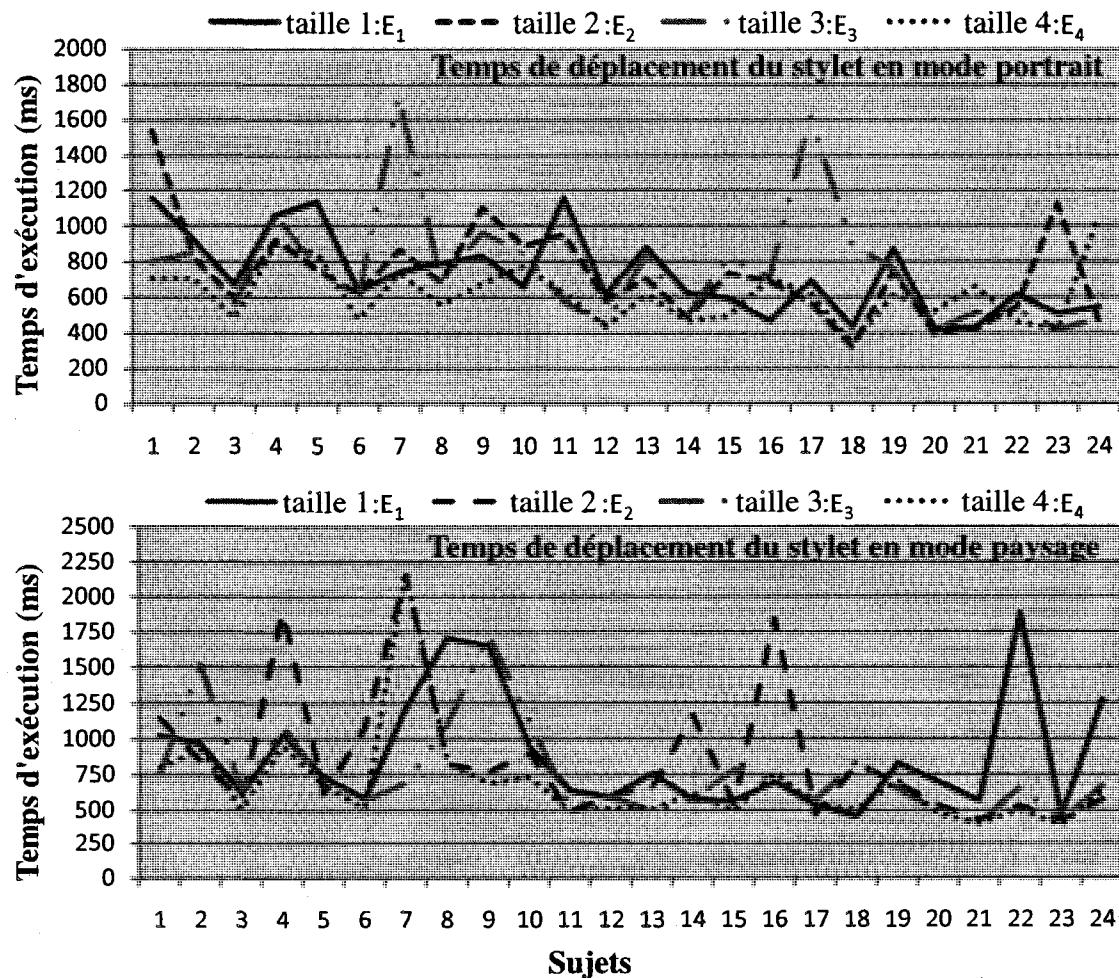


Figure 9.6 : Temps de déplacement du stylet par les sujets selon l'orientation et la taille de l'écran

Selon la figure 9.6, dans le mode portrait, les courbes sont assez lisses pour toutes les tailles, sauf pour la taille 3. Alors que dans le mode paysage, il y a des différences notoires entre les sujets et entre les tailles. La volatilité observée connote un inconfort dans l'utilisation, qui transcende même les dimensions de l'écran employé. Ce constat est étayé par les moyennes des temps de déplacement rapportées au tableau 9.4.

Tableau 9.4 : Temps de déplacement moyens (en ms) du stylet selon l'orientation et la taille du PDA résultat des tests statistiques de comparaison

	Portrait	Paysage	t	p-value
Taille 1 : 100% de l'écran (E_1)	725	873	-1.68	0.11
Taille 2 : 50% de l'écran (E_2)	728	855	-1.24	0.23
Taille 3 : 33,33% de l'écran (E_3)	765	763	0.02	0.98
Taille 4 : 25% de l'écran (E_4)	619	680	-0.88	0.39

La différence de performances selon les sexes a aussi été examinée. Le temps de déplacement moyen du stylet est de 671 ms pour les hommes et de 831 ms pour les femmes. La différence est statistiquement significative au seuil de 10% ($t=3.36$). De même, nous avons étudié la différence de performances entre gauchers (3 sujets) et droitiers (21 sujets). Le temps de déplacement moyen du stylet est de 757 ms pour les droitiers et de 711 ms pour les gauchers. Nous ne pouvons rejeter l'hypothèse selon laquelle les deux types d'utilisateurs performent leur tâche dans des temps moyens semblables ($t=0.65$). Enfin, les temps d'exécution ont été également comparés selon la taille des cadres. Les résultats montrent que la performance moyenne obtenue avec le quart de l'écran du PDA (taille 4) est significativement supérieure à celle enregistrée

avec les autres tailles, avec des valeurs t significatives au seuil de 10%¹⁶. Aucune différence statistiquement significative n'a été décelée pour les tailles 1, 2 et 3.

9.3.2 Relation entre le temps et les variables explicatives

Nous allons répondre au premier objectif de cette analyse, en l'occurrence tester la relation entre le temps de déplacement et trois variables explicatives que sont la taille de l'écran, l'orientation de l'affichage et l'ordre de visualisation (rang) de l'écran. Pour ce faire, nous effectuons une régression des temps d'exécution des 24 sujets, tous modes d'orientation et toutes tailles d'écran confondus¹⁷, sur les trois variables explicatives susmentionnées. L'équation résultante est la suivante :

$$T = \alpha + \beta\delta_1 + \gamma\delta_2 + \lambda\delta_3 + \varepsilon$$

Où

$\delta_1 = 0$ si portrait

1 si paysage

$\delta_2 = \frac{1}{2} \times D_i - \frac{1}{2} \times w_i$

avec D_i = diagonale de l'écran de taille i

et w_i = diagonale de la cible (carré au centre) = 22.63 pixels et $i = 1$ à 4

$\delta_3 = 1$ à 8 valeurs prises par la variable ordre de visualisation (rang).

Tout d'abord, nous considérons une variable binaire pour représenter l'orientation de l'écran δ_1 : elle prend la valeur de zéro (0) si le test est exécuté sur le mode portrait, et de un (1) si c'est le mode paysage. Ensuite, nous calculons la variable

¹⁶ Les statistiques de comparaison des temps obtenus avec la taille 4 (25% de l'écran de PDA) sont respectivement de 2.38 ; 2.05 et 1.85 pour les tailles 1 (100% de l'écran de PDA), taille 2 (50% de l'écran de PDA), taille 3 (33.33% de l'écran de PDA).

¹⁷ Nous disposons de 192 observations, soit 24 sujets x 2 modes d'affichage x 4 tailles d'écran.

représentant la taille δ_2 comment étant la distance à parcourir de l'origine vers le centre de la cible. Aussi, notre deuxième variable prend quatre valeurs possibles puisque nous effectuons nos tests empiriques sur quatre tailles différentes d'écran. Enfin, nous introduisons l'ordre de visualisation δ_3 comme troisième variable indépendante. L'hypothèse nulle, à la régression décrite ci-dessus, stipule qu'un effet d'apprentissage ne devrait pas se refléter sur le temps d'exécution. En d'autres mots, l'hypothèse alternative présume qu'un effet significatif sur la performance de l'utilisateur se ferait sentir au bout de la deuxième occasion d'exécution de la tâche.

L'estimateur de l'ordonnée à l'origine est statistiquement significatif au seuil de 10% ($t=6.85$), indiquant que la moyenne du temps d'exécution est d'environ 667 millisecondes, abstraction faite des valeurs prises par les variables explicatives retenues. L'estimateur du coefficient de l'orientation de l'écran est statistiquement significatif au seuil de 10% ($t=1.73$) et est positif (tableau 9.5). Ce résultat rejoue notre hypothèse selon laquelle un utilisateur est plus performant quand il s'agit d'un écran en format portrait, par opposition au format paysage sur ce genre d'appareil.

L'estimateur du coefficient de la taille est statistiquement significatif au seuil de 10% ($t=1.97$) et est positif (tableau 9.5). Ceci étaye un résultat bien acquis : à mesure que la dimension de l'écran décroît, l'utilisateur prend moins de temps à exécuter sa tâche. Pour ce qui est du dernier coefficient, il est aussi statistiquement significatif au seuil de 10% ($t=-2.39$) et négatif (tableau 9.5). A mesure que le sujet avance dans le test, un effet d'apprentissage se fait sentir sur son temps d'exécution. En résumé, la

régression effectuée ci-dessus nous apprend que les effets prédictifs de la taille, de l'orientation de l'affichage et de l'ordre de visualisation de l'interface, se vérifient dans le cadre de notre expérience auprès des 24 sujets. Ce résultat nous apporte plus de munitions pour estimer les coefficients de l'équation linéaire représentant la loi de Fitts.

Tableau 9.5 : Résultats de la régression des temps de déplacement sur les variables : orientation d'affichage, taille d'écran et ordre de visualisation

	Estimés	t	p-value
α (ordonnée à l'origine)	667.00	6.85	0.00
β (coefficient de l'orientation)	82.72	1.73	0.09
γ (coefficient de la taille)	1.58	1.97	0.05
λ (coefficient de l'ordre de visualisation)	-25.06	-2.39	0.02

9.3.3 Estimation des coefficients *a* et *b* de la loi de Fitts

Nous estimons que les résultats de cette estimation seront utiles pour des études ultérieures sur des appareils mobiles semblables, et surtout pour déterminer le temps moyen brut qui sera utilisé dans notre étude sur les modèles de présentation de formulaires sur PDA. Pour estimer de façon robuste les coefficients *a* et *b* de la loi de Fitts, nous avons employé deux méthodes pour une tâche de déplacement de stylet sur un écran de PDA. La première méthode d'estimation comprend deux étapes : (1) nous calculons les temps de déplacement ajustés¹⁸ pour huit¹⁹ cas totalement différents en termes de taille, orientation et ordre de visualisation ; puis (2) nous établissons une

¹⁸ Par ajustés, nous voulons dire prédicts par la régression des temps de déplacement sur les trois variables indépendantes suivantes : taille, orientation et ordre de visualisation.

¹⁹ Ce nombre correspond à quatre tailles pour deux modes d'orientation, c'est-à-dire les huit tâches effectuées par chaque sujet.

régression des temps ajustés sur la variable taille, telle que proposée par Fitts, pour les huit cas susmentionnés. La résultante est une droite qui décrit, à quelques erreurs près, le nuage de points constitué par les couples (taille, temps).

La deuxième méthode comporte également deux étapes. D'abord, nous calculons les moyennes de temps de déplacement pour tous les sujets, toutes orientations et tous ordres confondus, et ce, pour chaque taille d'écran. La motivation derrière ce choix provient de la loi des grands nombres. En effet, à mesure que le nombre d'observations d'un échantillon tend vers l'infini, la moyenne de la variable d'intérêt tend vers son espérance. Ainsi, les moyennes de temps calculées ici sont des estimateurs non biaisés de la valeur espérée du temps de déplacement pour une taille d'écran bien précise.

La deuxième étape est analogue à celle de la première méthode. Même si nous convenons que le nombre de données pour une telle régression est faible, notre but ne consiste pas à interpréter statistiquement les coefficients de l'équation ($y = bx + a$), mais simplement à estimer une droite de tendance qui minimise la somme des carrés des erreurs. Nos deux méthodes donnent des valeurs sensiblement égales (figure 9.7). D'abord, l'ordonnée à l'origine (valeur de « a » lorsque x est égale à zéro) est de 468 (467.8) pour la première méthode, et de 452 (451.92) pour la deuxième. Les pentes des droites sont de 159 et 161, respectivement. Les disparités observées résultent du fait que notre première méthode se base sur deux régressions et des prédictions de temps de déplacement, qui contiennent inévitablement des erreurs d'estimation communément appelées « errors-in-variables ».

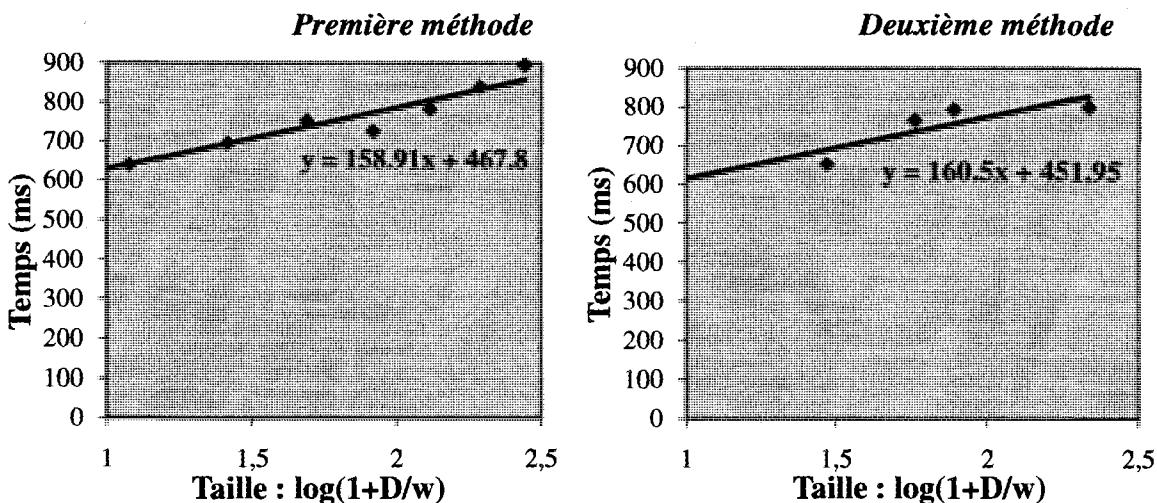


Figure 9.7 : Équations de Fitts établies selon les deux méthodes

Nonobstant ce constat, nous voyons qu'il y a une constance relative dans les valeurs, avec un coefficient directeur reliant le temps de déplacement à la taille d'environ 160.

9.3.4 Conclusion

Le but de cette étude était de calculer le temps moyen de déplacement du stylet entre deux cibles à l'écran d'un PDA. Pour ce faire, nous avons calculé les deux constantes, « a » et « b », qui nous manquaient pour utiliser la loi de Fitts. Comme les deux méthodes utilisées ont donné des valeurs proches pour « a » et « b », nous allons utiliser la moyenne des valeurs trouvées pour les deux variables, à savoir $a = 459.87$ et $b = 159.7$. Puisque les modèles de présentation ont été développés sur la totalité de l'écran du PDA, nous allons calculer le temps moyen (T_m) pour la taille de l'écran la plus grande, à savoir l'écran EP₁ (188*268pixels). La figure 9.8 présente les distances que

nous allons utiliser pour calculer D, la distance entre le centre de deux cibles. Le calcul de D a été effectué en obtenant d'abord la valeur de d_1 et de d_2 pour calculer la diagonale $\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$ entre les centres de deux cibles : $D=147.02$ p. En utilisant la formule de Fitts, nous avons obtenu le temps $T=924.08$ ms.

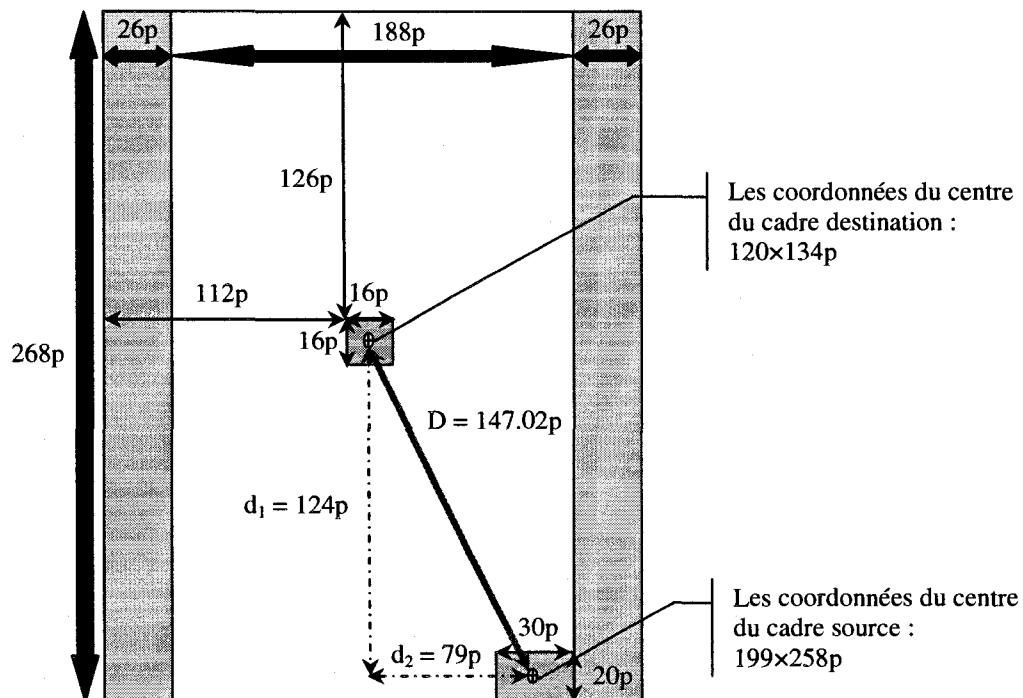


Figure 9.8 : Présentation du calcul de la distance entre les deux cibles (D)

C'est cette valeur que nous allons utiliser dans l'étude suivante afin de comparer les temps moyens des sujets avec le temps brut (nombre de clics \times temps de déplacement entre deux clics) et avec le temps moyen d'un expert.

CHAPITRE 10 : ÉTUDE EXPÉIMENTALE SUR LA PERFORMANCE DES QUATRE MODÈLES DE PRÉSENTATION DE FORMULAIRES

Ce chapitre présente l'étude portant sur la comparaison de la performance de deux nouveaux modèles de présentation de formulaires (flip zooming et arborescence) sur PDA avec celle de deux modèles standards (barre de défilement et menu) en fonction de trois niveaux de longueur de formulaires.

10.1 Motivation

Dans cette thèse, nous avons conçu et développé deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur un PDA, en adaptant deux techniques de navigation, à savoir le flip zooming et l'arborescence.

10.2 Description de l'étude expérimentale

L'étude a été dûment approuvée par le comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains de l'École Polytechnique de Montréal. Le certificat de conformité est attaché à l'annexe E.

10.2.1 Plan d'expérience

Le tableau 10.1 montre les différentes variables de notre plan d'expérience. La variable indépendante primaire est le modèle de présentation du formulaire, la variable indépendante secondaire correspond aux trois niveaux de longueur du formulaire, et les deux variables dépendantes sont le temps de recherche et la satisfaction des utilisateurs.

Tableau 10.1 : Le plan d'expérience

Variable indépendante primaire	Variable indépendante secondaire	Variables dépendantes
<i>Modèle de présentation</i>	<i>Longueur du formulaire</i>	
<i>Modèle menu</i> <i>(M₁)</i>	Formulaire A1 (court)	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recherche • Satisfaction des utilisateurs
	Formulaire A2 (intermédiaire)	
	Formulaire A3 (long)	
<i>Modèle barre de défilement</i> <i>(M₂)</i>	Formulaire A1 (court)	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recherche • Satisfaction des utilisateurs
	Formulaire A2 (intermédiaire)	
	Formulaire A3 (long)	
<i>Modèle flip zooming</i> <i>(M₃)</i>	Formulaire A1 (court)	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recherche • Satisfaction des utilisateurs
	Formulaire A2 (intermédiaire)	
	Formulaire A3 (long)	
<i>Modèle arborescence</i> <i>(M₄)</i>	Formulaire A1 (court)	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recherche • Satisfaction des utilisateurs
	Formulaire A2 (intermédiaire)	
	Formulaire A3 (long)	

10.2.2 Choix du design

Pour éviter les biais causés par l'effet d'apprentissage d'une interface à l'autre, nous devons contrôler minutieusement l'ordre dans lequel les sujets utiliseront les différentes interfaces. Il nous a semblé inadéquat de demander à un même sujet de tester

les 12 interfaces à cause de la trop longue durée de l'expérience qui aurait entraîné un niveau de fatigue élevé et une baisse d'attention significative de la part des sujets. De plus, avec 12 interfaces, il nous aurait fallu un plus grand nombre de sujets pour garantir les permutations et contrôler ainsi l'ordre d'apparition des interfaces. Puisque nous cherchons à comparer l'efficacité des quatre modèles de présentation en tenant compte de la longueur du formulaire, le sujet doit tester le même formulaire avec les quatre modèles de présentation. Ainsi, chaque sujet testera quatre interfaces pour un même niveau de la longueur du formulaire. Les tableaux 10.2, 10.3 et 10.4 présentent l'ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour chacun des formulaires.

Tableau 10.2 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire court

Sujet	1 ^{er} Test	2 ^{ème} Test	3 ^{ème} Test	4 ^{ème} Test
1	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
2	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
3	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
4	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
5	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
6	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
7	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
8	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
9	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
10	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
11	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
12	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂

Tableau 10.3 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire intermédiaire

Sujet	1 ^{er} Test	2 ^{ème} Test	3 ^{ème} Test	4 ^{ème} Test
13	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
14	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
15	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
16	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
17	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
18	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
19	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
20	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
21	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
22	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
23	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
24	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂

Tableau 10.4 : Ordre d'utilisation des quatre modèles de présentation pour le formulaire long

Sujet	1 ^{er} Test	2 ^{ème} Test	3 ^{ème} Test	4 ^{ème} Test
25	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
26	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
27	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
28	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
29	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
30	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
31	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
32	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂
33	M ₁	M ₂	M ₄	M ₃
34	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
35	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
36	M ₄	M ₁	M ₃	M ₂

10.2.3 Assistant numérique personnel

Nous avons utilisé un PDA de marque Dell® - Axim x51v. Ce PDA a un processeur Intel®pxa270 de 624 MHZ, muni d'une mémoire RAM de 64 Mo. Il a une résolution d'écran de 480*640 pixels et une taille de 4 pouces. Il fonctionne sous le système d'exploitation Pocket PC 2005. Nous avons utilisé uniquement le mode portrait pour afficher les interfaces.

10.2.4 Tâche expérimentale

La tâche expérimentale consiste à effectuer trois recherches d'informations par modèle de présentation. La tâche consiste à chercher une information dans le formulaire présenté sur le PDA suite à une question posée à l'écran. La tâche est réalisée avec succès lorsque le sujet clique sur la case appropriée dans le formulaire avec un stylet interactif.

Comme chaque sujet va tester les quatre modèles pour un seul formulaire donné, nous avons proposé dans un premier temps trois tâches (trois questions) identiques par formulaire pour les différents modèles. Ce choix s'avérait inadéquat puisqu'il risquait de biaiser les résultats d'un modèle à un autre à cause de l'effet d'apprentissage. Par conséquent, nous avons opté pour trois tâches différentes (afin de rechercher trois emplacements distincts dans le formulaire) par modèle pour un formulaire donné. Cela veut dire qu'il faut 12 tâches par formulaire. La tâche consiste à rechercher dans le

formulaire la zone où est affiché le nom d'une section, ou d'une sous-section, ou le label (étiquette) d'une composante. Dès qu'il trouve, le sujet clique avec le stylet interactif sur la zone de réponse (pour plus de détails voir la section 10.2.7 Mesures et observations recueillies). Pour faire en sorte que la réponse ne soit pas toujours située au même endroit à l'écran, nous avons divisé l'interface (le formulaire) en trois niveaux (figure 10.1).

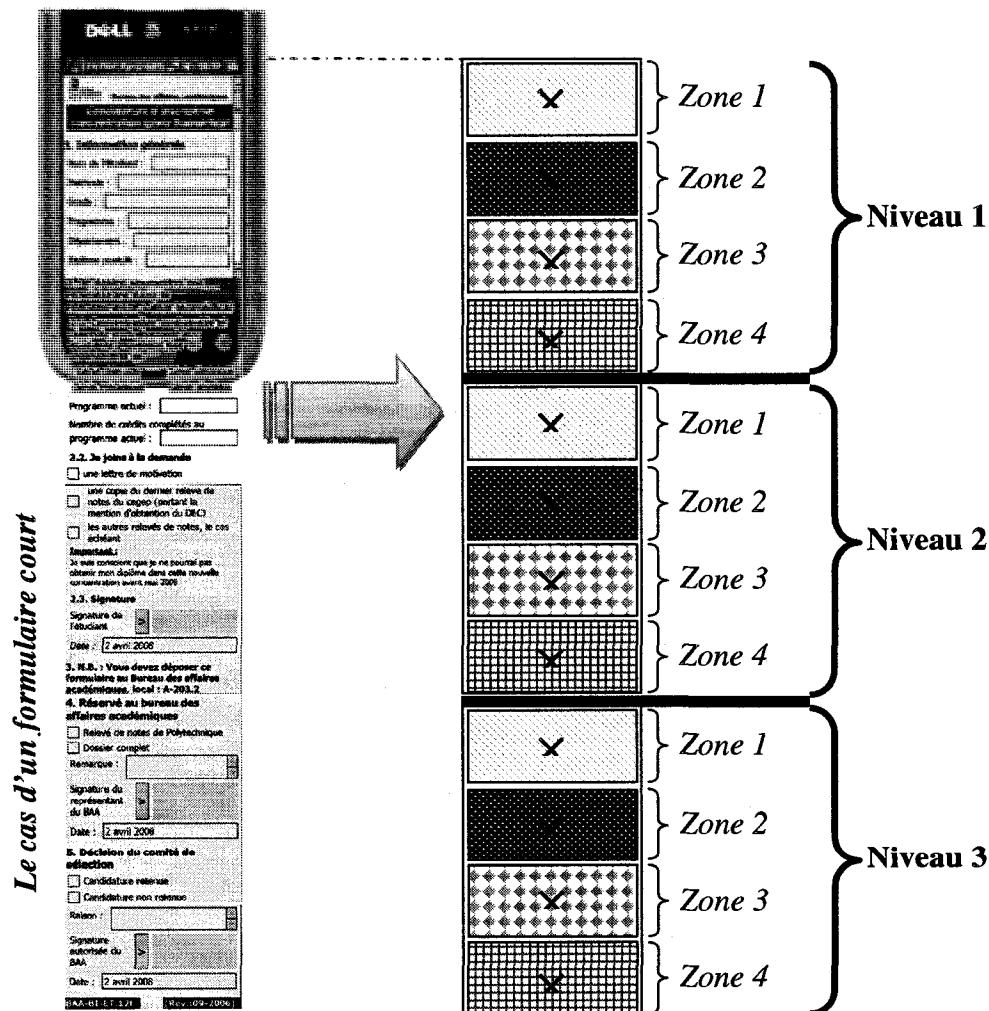


Figure 10.1 : Découpage du formulaire en niveaux et en zones

Chaque niveau est divisé en quatre zones. Chaque zone correspond à l'emplacement de la réponse. La réponse se situe toujours au milieu de chaque zone (comme le montrent les croix dans la figure 10.1) afin d'avoir le même niveau de difficulté d'une zone à l'autre. En vue de garantir la même distance à parcourir à l'écran d'une tâche à l'autre, si la réponse à la première tâche se trouve dans la zone 1 du niveau 1, alors la réponse à la deuxième tâche doit être située dans la zone 1 du niveau 2, et la réponse de la troisième tâche doit être située dans la zone 1 du niveau 3. Les tableaux F.1, F.2 et F.3 (annexe F) présentent la liste des tâches par formulaire. Nous avons regroupé les tâches par zone.

Pour contrebalancer l'effet d'apprentissage des tâches pour chaque formulaire, nous avons contrôlé l'ordre des tâches en tenant compte du modèle de présentation utilisé, comme le montrent les tableaux 10.5, 10.6 et 10.7. Afin de faciliter la lecture des tableaux, nous avons affecté à chaque tâche un code : *T_{i,j}* avec **i**, le numéro de niveau et **j**, le numéro de la zone. Ainsi **T2.3** correspond à la tâche du deuxième niveau de la troisième zone

Tableau 10.5 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire court

Sujet	Sexe	1 ^{er} test			2 ^{ème} test			3 ^{ème} test			4 ^{ème} test		
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₂	M ₃	M ₄	M ₁	M ₂	M ₃	M ₁	M ₂	M ₃
1	H	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4
2	F	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4
3	H	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4
4	F	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4
5	H	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	M ₄	M ₃	M ₁	M ₂
6	F	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
7	H	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
8	F	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	M ₃	M ₄	M ₂	M ₁
9	H	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T2.4	T3.4	T1.4
10	F	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
11	H	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	M ₂	M ₃	M ₁	M ₄
12	F	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T2.4	T1.4	T2.4

Tableau 10.6 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire intermédiaire

Sujet	Sexe	1 ^{er} test			2 ^{ème} test			3 ^{ème} test			4 ^{ème} test		
		Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3
13	H	M ₁			M ₂			M ₄			M ₃		
14	F	M ₂			M ₃			M ₁			M ₄		
15	H	M ₃			M ₄			M ₂			M ₁		
16	F	M ₄			M ₁			M ₃			M ₂		
17	H	M ₁	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4
18	F	M ₂	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T2.4	T3.4	T1.4
19	H	M ₃	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T2.4	T3.4
20	F	M ₄			M ₁			M ₃			M ₂		
21	H	M ₁	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4
22	F	M ₂			M ₃			M ₁			M ₄		
23	H	M ₃	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4
24	F	M ₄	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4
											M ₂		

Tableau 10.7 : L'ordre des tâches effectuées par les sujets pour le formulaire long

Sujet	Sexe	1 ^{er} test			2 ^{ème} test			3 ^{ème} test			4 ^{ème} test			
		Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 1	Rang 2	Rang 3	
25	H	T1.1	T2.1	T3.1	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	T3.4	
26	F	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4	
27	H	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4	
28	F	T1.1	T2.1	T3.1	T2.2	T3.2	T1.2	T3.3	T1.3	T2.3	T1.4	T2.4	T3.4	
29	H	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T2.4	T3.4	T1.4	
30	F	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T1.4	T2.4	T3.4	
31	H	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T2.4	T3.4	T1.4	
32	F	T2.1	T3.1	T1.1	T3.2	T1.2	T2.2	T1.3	T2.3	T3.3	T2.4	T3.4	T1.4	
33	H	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4	T2.4	
34	F	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4	T2.4	
35	H	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4	T2.4	
36	F	T3.1	T1.1	T2.1	T1.2	T2.2	T3.2	T2.3	T3.3	T1.3	T3.4	T1.4	T2.4	

10.2.5 Sujets

Trente-six sujets ont participé à l'expérience. Le recrutement des sujets a été fait à la fois par l'intermédiaire d'annonces envoyées par courriel de l'École Polytechnique de Montréal et par des affiches collées sur les babillards de l'école. Trois conditions étaient nécessaires pour participer au test : être de l'École Polytechnique de Montréal²⁰, être droitier²¹ et n'avoir aucun handicap dans l'utilisation des mains.

Une rémunération de 20.00\$ l'heure a été accordée. Les tableaux et figures qui suivent résument le profil des sujets recrutés, profil obtenu à partir du questionnaire envoyé par courriel à chacun des sujets (voir annexe G).

Tableau 10.8 : Sexe des sujets

	Total (Nb.)	Hommes	Femmes
Nombre	36	18	18

Tableau 10.9 : Age des sujets

	Nb.	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Age	36	19	39	23.97	4.94

²⁰ La raison est que les formulaires utilisés dans les tests sont de l'École Polytechnique de Montréal.

²¹ Puisque les interfaces ont été développées en tenant compte de l'emplacement des barres de défilement et des menus.

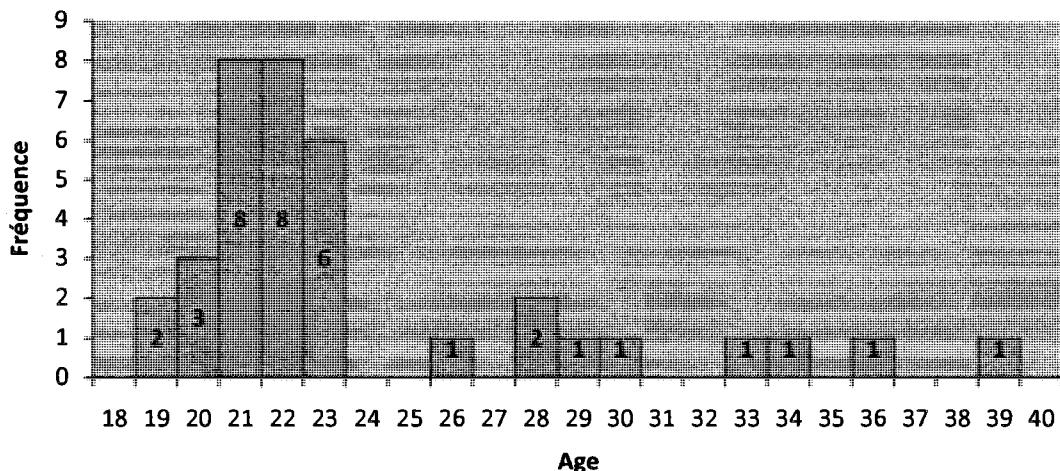


Figure 10.2 : Distribution de l'âge des sujets

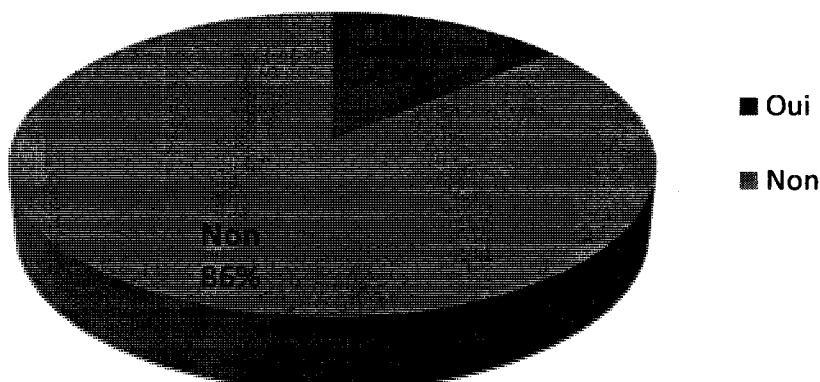


Figure 10.3 : Sujets ayant déjà suivi un cours sur les interfaces humain-ordinateur

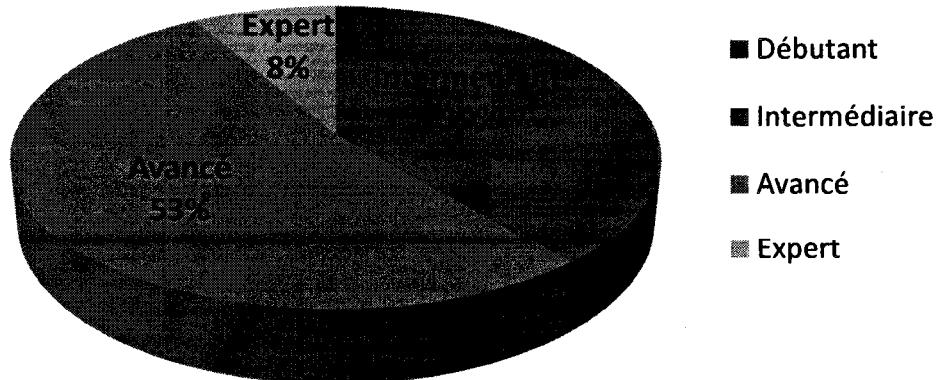


Figure 10.4 : Niveau de familiarité des sujets avec l'informatique

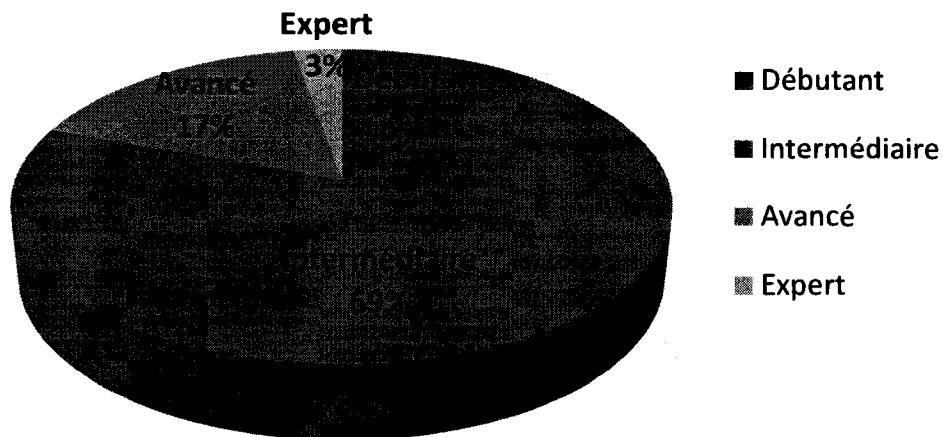


Figure 10.5 : Niveau de familiarité des sujets avec un terminal mobile

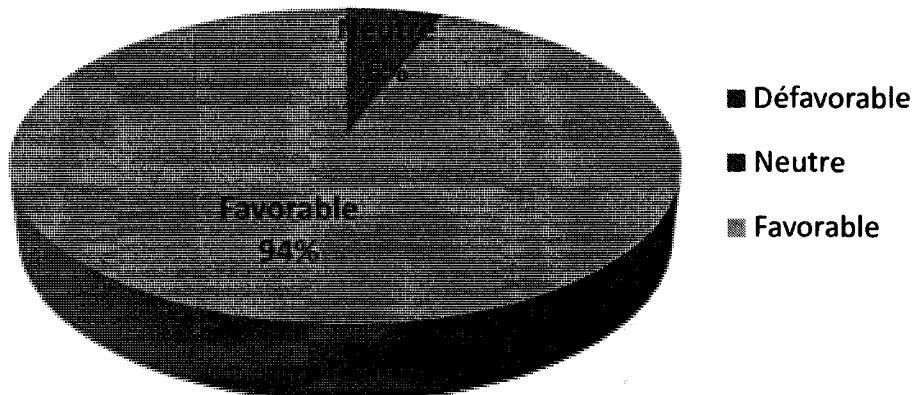


Figure 10.6 : Attitude des sujets face aux nouvelles technologies

Aucun des sujets ne présentait de handicap. Ceci nous donne un groupe homogène, ce qui favorise l'intégrité des résultats.

10.2.6 Procédure

Chaque sujet a été invité par courriel à participer à une expérience d'environ une heure dans un laboratoire d'utilisabilité spécialement aménagé pour l'occasion. Un courriel a été envoyé à chacun des 36 sujets sélectionnés pour lui présenter brièvement

l'étude et lui envoyer un questionnaire biographique (annexe G). Le déroulement de chaque séance, identique pour tous les sujets, va comme suit :

Étape 1 : Arrivée et mise en confiance du sujet

Étape 2 : Explications au sujet de la nature confidentielle et anonyme des données recueillies au cours de l'expérience.

Étape 3 : Demande d'autorisation au sujet de filmer les interactions qu'il va effectuer tout au long de l'étude sur le PDA²². Le fait de filmer l'expérience nous a empêchés de simuler correctement l'état de mobilité puisque nous n'avons pas pu obtenir de caméra qui se fixe sur le sujet. Nous avons utilisé une caméra VHS avec trépied. Nous avons demandé au sujet de rester assis afin que l'écran du PDA soit bien cadré, de ne pas déposer l'appareil sur la table et de le tenir avec la main gauche et le stylet avec l'autre main.

Étape 4 : Explications sommaires du but de l'étude.

Étape 5 : Présentation au sujet des quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA. Les principes de leur fonctionnement sont expliqués. Nous demandons au sujet de manipuler chaque modèle pendant une minute afin de se familiariser.

Étape 6 : Chaque sujet va manipuler un seul type de formulaire et l'expérience va se dérouler en quatre sessions. Chaque session consiste à manipuler

²² Tous les sujets ont accepté d'être filmés.

un modèle de présentation afin d'effectuer trois tâches. Les tâches sont différentes d'un modèle à un autre. Le sujet dispose de deux minutes de pause entre les sessions. La description de la tâche est affichée automatiquement sur l'écran du PDA (plus de détails dans la section 10.2.7 Mesures et observations recueillies). Comme la zone réservée pour afficher le texte correspondant à la description de la tâche est assez restreinte et que certaines questions nécessitent l'utilisation de la barre de défilement, nous avons imprimé toutes les questions sur des cartons. Les cartons sont classés en fonction du code du sujet, puisque l'ordre des questions change d'un sujet à un autre. À chaque question, le sujet a le choix de lire la question directement sur le PDA ou alors sur le carton. Comme le montrent les tableaux F.1, F.2 et F.3 (annexe F), certaines descriptions des tâches sont assez longues et difficiles à retenir. Pour ne pas biaiser le temps de recherche lorsque la description (énoncé) de la tâche est longue et pourrait nécessiter une ou des relectures, nous avons schématisé toutes les tâches sous forme d'une arborescence qui indique le chemin à suivre, puisque ce dernier est déjà mentionné dans la question sous forme textuelle. Pour chaque tâche, nous avons créé une affiche. L'affiche est dévoilée devant le sujet quand il a terminé de lire la question sur le carton ou sur l'écran et qu'il a cliqué sur le bouton démarrer la recherche. La figure 10.7 présente un exemple d'énoncé de tâche et de l'affiche correspondante.

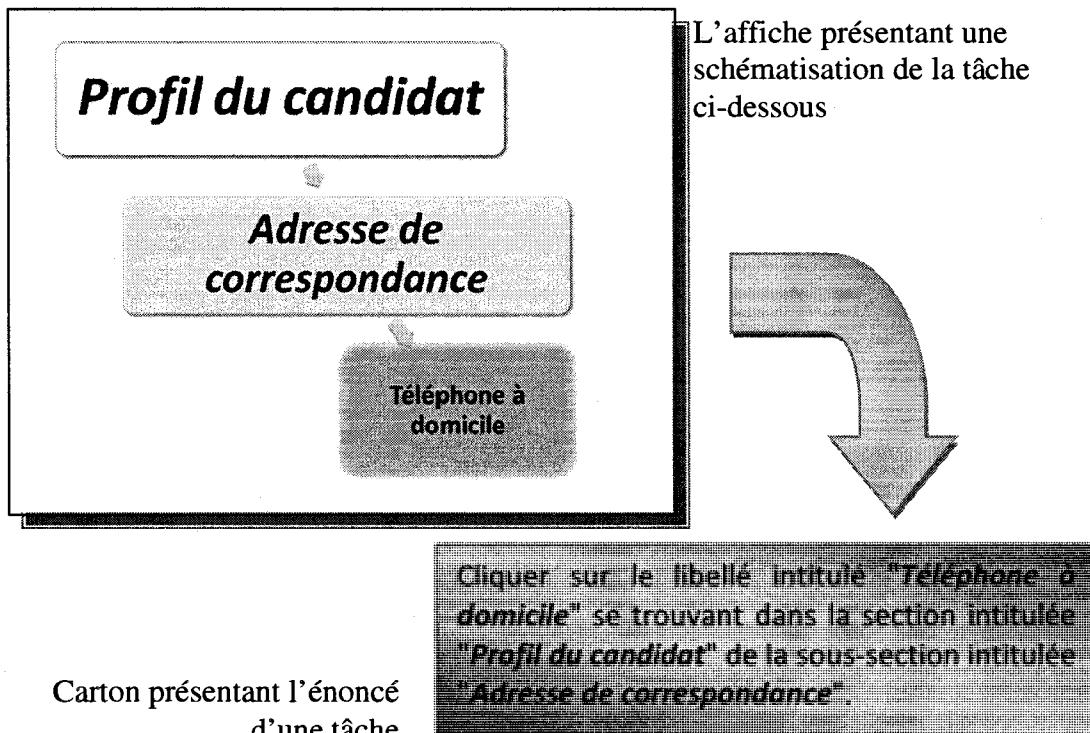


Figure 10.7 : Exemple d'affiche et de carton présentant une question dans le cas d'un formulaire long

Étape 7 : À la fin de l'expérience, chaque sujet est invité à répondre à un questionnaire (annexe H). Entre temps, le responsable de l'étude rédige ses remarques sur le déroulement de l'expérience.

10.2.7 Mesures et observations recueillies

Trois types de données ont été recueillis au cours de l'expérience :

- (1) Temps de recherche.

- (2) Le niveau de satisfaction du sujet à l'égard des modèles de présentation de formulaire sur PDA (questionnaire – annexe H).
- (3) Les observations de l'expérimentateur.

Les temps de réponse ont été chronométrés par le système qui a géré l'ordre d'affichage des modèles et des tâches. L'interface du système est présentée à la figure 10.8. Grâce aux fonctionnalités offertes via le menu, nous pouvons effectuer la mise à jour à la fois des informations portant sur les sujets et sur les tâches. À tout moment, les temps de réponse peuvent être affichés par sujet. Pour démarrer l'expérience, il suffit de taper le code du sujet (qui lui a été envoyé par courriel) dans la zone réservée et le système va afficher l'interface de la figure 10.9.

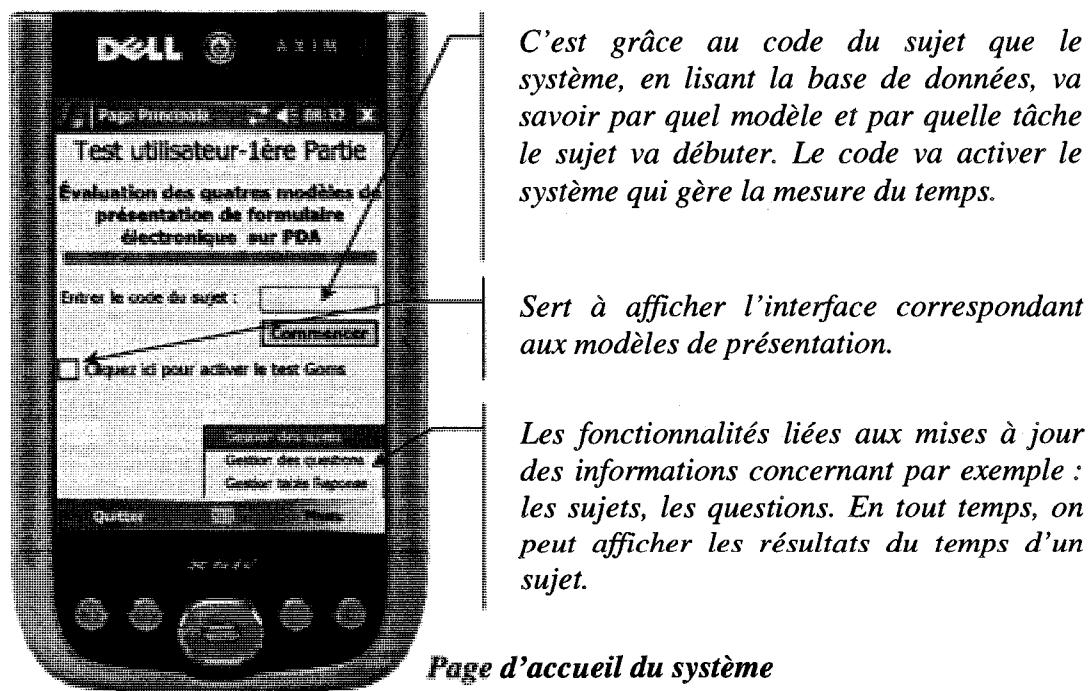


Figure 10.8 : Page d'accueil de l'interface du système qui gère l'étude

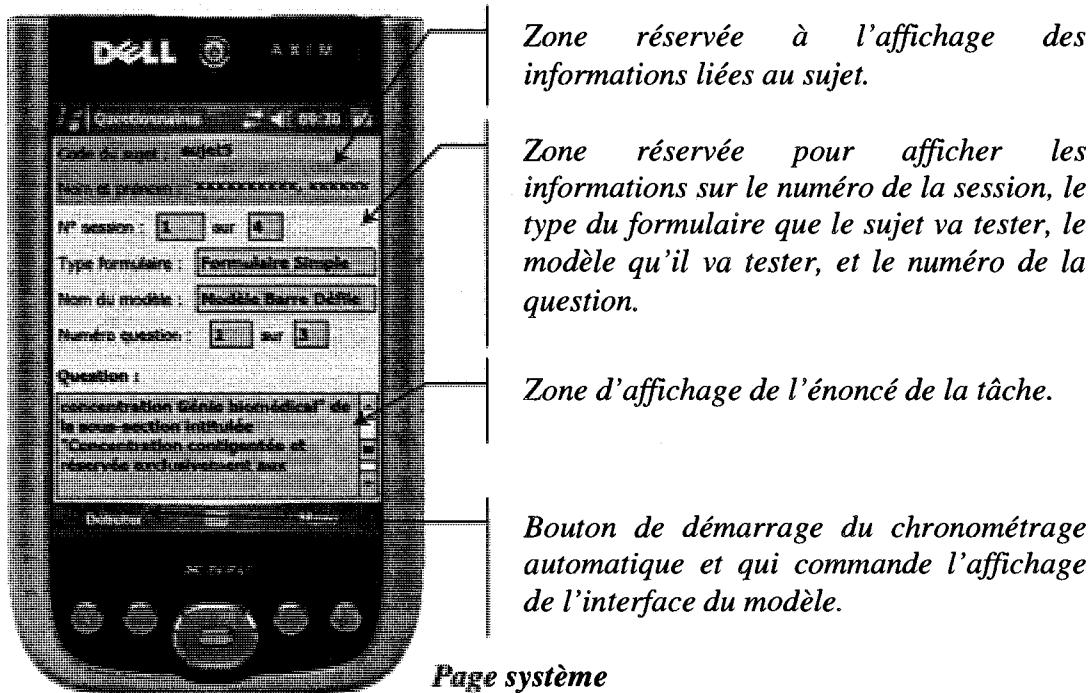


Figure 10.9 : L'interface du système qui gère l'affichage des modèles et des tâches

Le système gère le déroulement de l'étude. En fonction du code tapé, le système va lire la base de données et afficher :

- Le nom et prénom du sujet,
- Le numéro de la session qui par défaut est le numéro un. Quand on passe à un autre modèle de présentation, le système va incrémenter le numéro de session.
- Le type du formulaire que le sujet va tester.
- Le nom du modèle par lequel le sujet va débuter. L'ordre change d'un sujet à un autre.
- Le numéro de la tâche : celui-ci va être incrémenté jusqu'à trois puisque nous avons trois tâches par session.

- Une zone qui sert à afficher l'énoncé de la tâche. Le système affiche les énoncés dans le bon ordre en fonction du type de formulaire, du modèle de présentation et du numéro du sujet.

Lorsque le sujet a lu l'énoncé de la tâche et qu'il est prêt à commencer, il lui suffit de cliquer sur la case « *Débuter* » avec le stylet pour que le système affiche la première interface correspondante et exécute en arrière-plan le chronomètre. Tant que le sujet n'a pas cliqué sur la bonne réponse, le chronomètre continue à mesurer le temps. Aussitôt que le sujet clique sur la bonne réponse avec son stylet, le système affiche une boîte de dialogue pour l'informer qu'il a trouvé la réponse et qu'il doit cliquer sur le bouton de commande « *ok* » pour continuer (figure 10.10-a) et enregistre le temps du chronomètre dans la base de données du système.



Figure 10.10 : La boîte de dialogue qui s'affiche lorsque le sujet a trouvé la réponse

Lorsque le sujet ferme la boîte de dialogue, le système présente l'interface suivante qui affiche l'énoncé de la prochaine tâche (figure 10.10-b). Le compteur de la tâche s'incrémentera aussitôt. Lorsque le sujet a fini de réaliser les trois tâches pour la première session, le système l'informe, via une boîte de dialogue, qu'il va passer à un nouveau modèle de présentation. L'interface du système (figure 10.10-b) affichera le nouveau nom du modèle, remettra le compteur de tâche à un et le numéro de la session s'incrémentera de un. Lorsque le sujet répond à la dernière question, le système affiche une boîte de dialogue pour l'informer que l'étude est terminée. En fermant la boîte de dialogue, le système affiche la page principale. La figure 10.11 présente le modèle conceptuel de la base de données qui a été utilisé par le système.

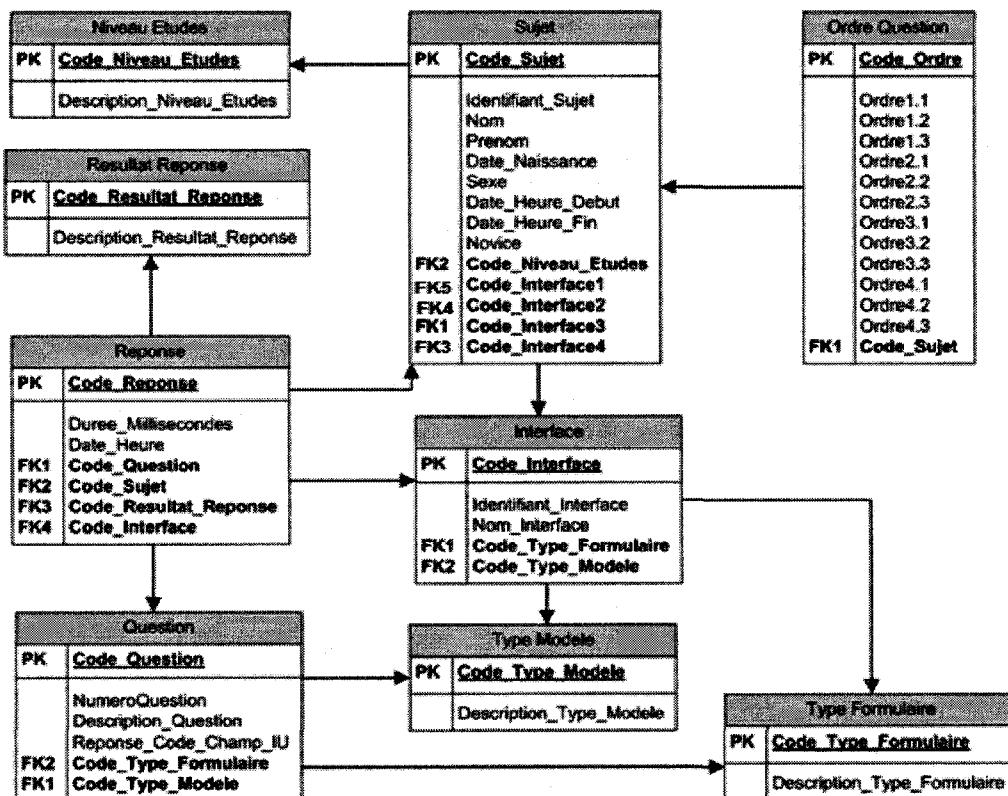


Figure 10.11 : Modèle conceptuel de la base de données

Des mesures subjectives ont été recueillies par l'intermédiaire du questionnaire que les sujets ont rempli à la fin de l'étude (annexe H). Le questionnaire comporte trois sections servant à connaître les opinions des sujets par rapport à l'expérience et aux différents modèles et leurs commentaires généraux face aux deux nouveaux modèles (flip zooming et arborescence). Les deux premières sections utilisent des échelles de Likert (Likert, 1932) qui permettent de quantifier de façon ordinaire l'opinion du sujet face à un énoncé (1= fortement en désaccord; 2= en désaccord; 3= ni en accord ni en désaccord; 4= d'accord; 5= fortement d'accord).

Les énoncés du questionnaire portent sur les aspects suivants : utilité, efficacité, satisfaction, facilité d'apprentissage, facilité de recherche, facilité de navigation, vue d'ensemble, et utilisabilité. Nous avons recueilli des mesures nominales comparant les quatre modèles par rapport à la navigation, à l'apprentissage, à la recherche (section 2). Nous avons aussi enrichi nos mesures par des observations qui ont été récoltées par le responsable de l'étude à la fois lors du déroulement de l'expérience et suite à l'analyse subséquente des enregistrements vidéo de l'expérience.

10.3 Résultats

Nous avons recueilli deux types de mesures : quantitatives et qualitatives. Les mesures quantitatives portent sur le temps de recherche de l'information dans les formulaires. Les mesures qualitatives, recueillies par questionnaire et observation, portent sur la satisfaction des sujets.

10.3.1 Mesures quantitatives

Dans le but de dégager les faits saillants de notre étude, nous appliquons des tests statistiques non paramétriques sur l'échantillon de 36 sujets. Nous nous attelons à comparer les performances de ces derniers en considérant plusieurs sous-catégories. D'abord, nous effectuons un test de comparaison de performance entre les quatre modèles de présentation (barre de défilement, menu, arborescence, flip zooming), tous types de formulaires confondus (court, intermédiaire et long). Ensuite, nous calculons les statistiques de comparaison entre les modèles de présentation selon la longueur du formulaire et le niveau de la question à laquelle répond le sujet. Nous nous attardons aussi sur les différences de temps entre les sexes et examinons l'éventuel effet d'apprentissage.

10.3.1.1 Tests statistiques

Afin d'examiner l'efficacité relative des quatre modèles de présentation, nous avons appliqué des tests « *U* » de Mann-Whitney, dits tests des rangs. Ce test statistique mesure à quel point les deux (sous) échantillons comparés sont susceptibles de provenir de deux populations de même moyenne. C'est un test non paramétrique de rangs qui n'impose pas de forme analytique spécifique pour la distribution de la population dont est tiré l'échantillon. Ses conditions d'application sont vérifiées dans notre étude de par le plan expérimental choisi. Elles sont au nombre de deux : les échantillons considérés doivent être *aléatoires* et *indépendants* les uns des autres. Nous l'avons choisi comme

outil d'inférence pour son exactitude et sa supériorité par rapport au test paramétrique « *t* » de Student, dans les circonstances décrites ci-après.

Le test de Mann-Whitney est équivalent au test paramétrique « *t* » de Student. Ce dernier s'appuie sur deux hypothèses sine qua non : l'homogénéité des variances des sous-échantillons comparés et la normalité de leur distribution. En appliquant le test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov, les résultats ont montré que la distribution de l'échantillon étudié s'éloigne significativement de la loi gaussienne ($p=5.19e-13$). Nous avons aussi calculé le coefficient d'asymétrie (*Skewness*) et le coefficient d'aplatissement (*Kurtosis*) qui devraient être nuls pour une distribution normale. Nous avons trouvé respectivement 2.34 et 6.17 ce qui nous mènent à la même conclusion que celle du test Kolmogorov-Smirnov.

Nous illustrons ce point par la figure 10.12 où nous représentons la fonction de densité de probabilité de l'échantillon de temps d'exécution (ligne continue bleue) superposée à une courbe de densité normale²³ avec les mêmes paramètres (moyenne et variance). Nous constatons clairement que la distribution étudiée est leptokurtique, c'est-à-dire qu'elle est plus pointue et possède une queue plus longue que la courbe normale. Dans les faits, l'une des conditions requises pour l'utilisation du test de Student n'est pas respectée, à savoir la normalité des échantillons. C'est pour cela que le test de Mann-Whitney s'est imposé pour notre étude.

²³ La courbe de la densité de probabilité normale est obtenue par simulation stochastique.

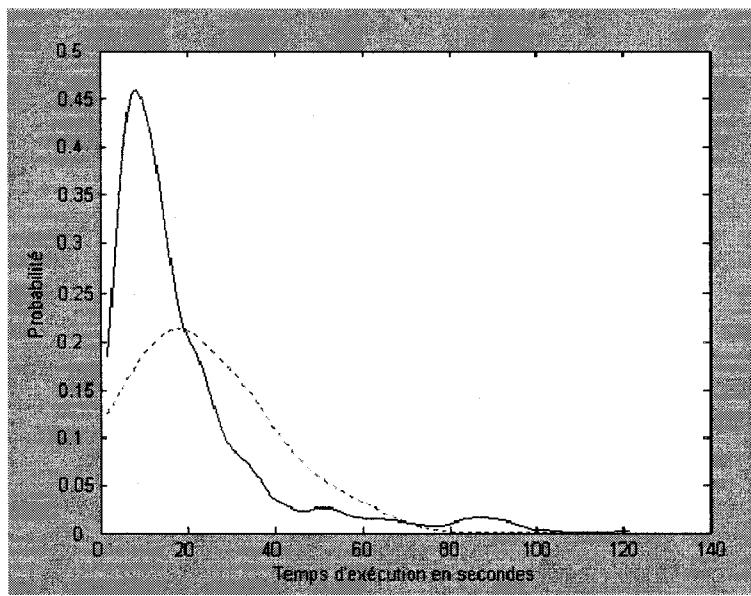


Figure 10.12 : Courbe de densité de distribution des temps d'exécution

Par ailleurs, nous considérons que les sous-échantillons concernés dans toutes les comparaisons sont indépendants. C'est pourquoi nous avons sélectionné le test « ***U*** » des rangs de Mann-Whitney et non pas le test « ***Z*** » des signes de Wilcoxon. En effet, la subdivision de l'échantillon d'origine en sous-échantillons se fait sur la base de critères mutuellement exclusifs. Voici un exemple qui illustre nos propos. En étudiant les différences de performances sur les formulaires courts pour les questions de premier niveau entre le modèle arborescence et le modèle barre de défilement, les deux sous-échantillons sont indépendants.

En fait, les sujets qui exécutent la recherche sur le premier modèle, dans le cadre précis susmentionné, ne sont pas les mêmes que ceux qui l'exécutent sur le deuxième modèle. Ces deux séries de données à comparer proviennent de l'assignation aléatoire de

deux expériences aux membres de l'échantillon d'origine. Dans chacune des comparaisons, l'hypothèse nulle stipule que les temps d'exécution moyens des deux sous-échantillons en question sont égaux, alors que l'alternative suppose l'existence d'une différence statistiquement significative entre ces temps d'exécution moyens. Nous retenons le taux de 5% comme seuil de confiance et appliquons les règles de décision en nous appuyant sur des tests bilatéraux.

Finalement, nous procédons à l'analyse de la variance en appliquant le test de Kruskal-Wallis. Il s'agit d'une généralisation du test de Mann-Whitney à plus de deux échantillons (Mckillup, 2006). D'une part, la multiplicité des modèles a dicté le besoin d'effectuer ce diagnostic additionnel des résultats. D'autre part, la non-normalité de l'échantillon a guidé le choix de l'analyse non paramétrique. En effet, le test de Kruskal-Wallis est l'équivalent non paramétrique de l'analyse de la variance (ANOVA) : la statistique de Kruskal-Wallis compare les moyennes des rangs des temps d'exécution pour les quatre modèles. L'hypothèse nulle revient à supposer que les échantillons des temps d'exécution respectifs des quatre modèles proviennent de la même population, et l'hypothèse alternative stipule qu'au moins un des échantillons a une distribution significativement différente de celle des autres. Nous complétons le tout par un test de comparaisons multiples afin d'illustrer graphiquement la similarité statistique ou non des performances moyennes²⁴ entre les modèles, et de les classer.

²⁴ Nous considérons la procédure de Scheffé pour effectuer le test de comparaisons multiples puisqu'elle est plus conservatrice que celle de Bonferroni (Mckillup, 2006).

10.3.1.2 Comparaison des modèles, tous types et niveaux confondus

Selon le tableau 10.10, la performance moyenne du modèle arborescence est de 10.11 s, soit 1.5 fois meilleure que celle du modèle menu (15.48 s), presque la moitié de celle de barre de défilement (23.85 s) et un peu plus que le tiers de celle de flip zooming (27.86 s). Les coefficients de variation sont relativement similaires pour les trois derniers modèles (entre 0.83 et 0.89). Cependant le coefficient de variation du modèle arborescence se situe au niveau de 0.62. Ceci dénote la stabilité des temps d'exécution inter-sujets en utilisant ce modèle de présentation.

En se basant sur les tests de comparaison des modèles deux par deux, les statistiques U de Mann-Whitney prouvent que les performances des modèles sont significativement différentes, sauf pour le couple <flip zooming, barre de défilement>. Le modèle arborescence vient en première place avec des U significatifs au seuil de 5% variant entre -3.88 et -7.75. Le modèle menu suit directement, puisqu'il est significativement supérieur aux modèles barre de défilement et flip zooming. En troisième place, nous trouvons le modèle barre de défilement dont la performance est légèrement meilleure que celle du modèle flip zooming, avec une statistique U égale à -1.59, négative mais non significative²⁵.

²⁵ Lorsque U est négatif, le rang moyen des temps d'exécution du modèle en question est inférieur à celui du modèle de référence (ou de comparaison). Donc la performance du modèle considéré est meilleure que celle du modèle de référence. Par exemple, U=-5.32 correspond à la statistique reliée au modèle arborescence que l'on compare au modèle barre de défilement. La statistique est négative montrant que le premier a offert aux sujets la possibilité de mieux performer relativement au deuxième.

Tableau 10.10 : Comparaison des temps d'exécution (en secondes) pour les quatre modèles de présentation, tous types et niveaux confondus

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	10.11	23.85	27.86	15.48
Ecart-type	6.22	21.26	24.28	12.87
Coefficient de variation	0.62	0.89	0.87	0.83
Skewness	1.19	1.45	1.79	2.29
Kurtosis	1.76	1.70	2.97	12.02
Taille de l'échantillon	108	108	108	108
Test de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-5.32*	-7.75*	-3.88*
Barre de défilement			-1.59	2.51*
Flip zooming				4.72*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96], vu qu'elle suit asymptotiquement la loi de Student.

Le test de Kruskal-Wallis (figure 10.13) montre que les performances des quatre modèles ne proviennent pas de la même population. En effet, le test de Khi2 égal à 67.04 est statistiquement significatif et donne une valeur p très proche de zéro (1.83 e-14). En effectuant les comparaisons multiples afférentes au test de Kruskal-Wallis, nous arrivons à des conclusions sensiblement similaires à celles du test de Mann-Whitney des rangs.

Kruskal-Wallis ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Columns	1.04501e+006	3	348337.6	67.04	1.83187e-014
Error	5.67341e+006	428	13255.6		
Total	6.71843e+006	431			

Figure 10.13 : Tableau du test de Kruskal-Wallis (résultats de Matlab)

La figure 10.14 illustre la supériorité du modèle d'arborescence et sa différence hautement significative par rapport aux trois autres modèles. Cependant, sur le même graphique, nous constatons que le modèle menu ne se distingue pas statistiquement du modèle barre de défilement²⁶, bien qu'il le surpassé. Par contre, le modèle menu est significativement meilleur que le modèle flip zooming. Finalement, nous remarquons le chevauchement des modèles barre de défilement et flip zooming, ce qui conclut que les performances de ces deux modèles de présentation sont statistiquement similaires.

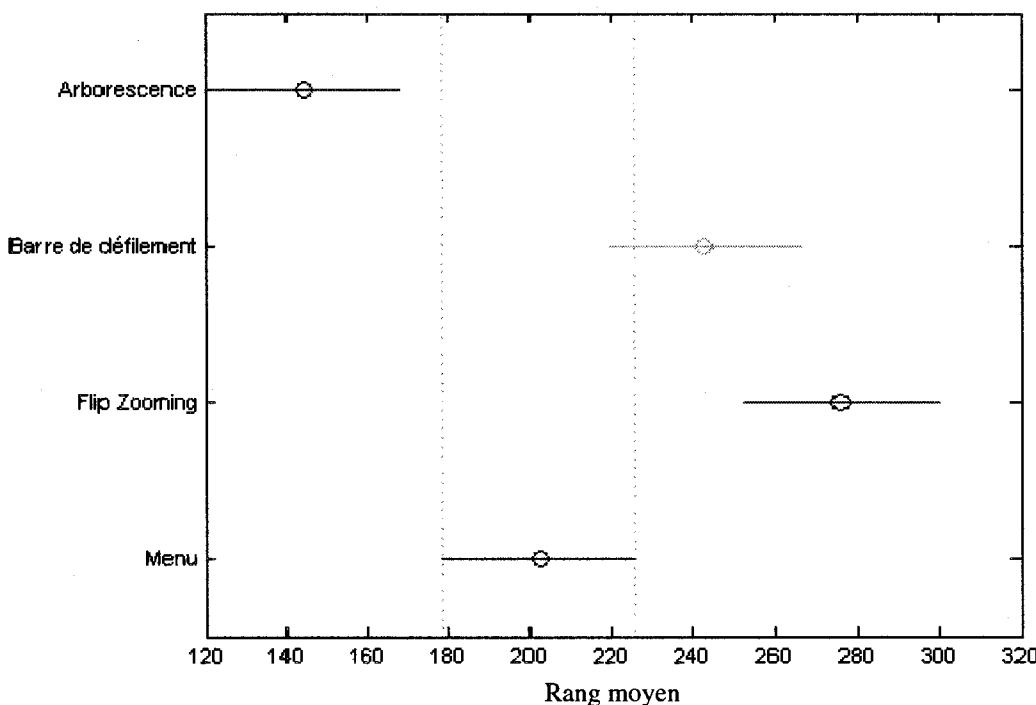


Figure 10.14 : Comparaison multiples entre les quatre modèles de présentation²⁷

²⁶ La disparité entre ce résultat et celui des tests U pour le couple <menu, barre de défilement> émane vraisemblablement des ajustements effectués sur la taille du test avec la procédure de Scheffé.

²⁷ Le chevauchement des segments représentant la position des rangs moyens de chaque modèle signifie que les performances des modèles ne sont pas statistiquement différentes. Dans le cas contraire, on dit que la différence est statistiquement significative.

Chaque segment représente l'intervalle de confiance, au seuil de 95%, autour de la moyenne des rangs associée à chaque modèle.

10.3.1.3 Performance relative des modèles selon la longueur des formulaires

Nous avons analysé la fréquence à laquelle les modèles de présentation sont les plus performants pour chacune des 12 questions proposées aux sujets. Les résultats pour l'ensemble des questions sont rapportés au tableau 10.11 et illustrées dans la figure 10.15.

Tableau 10.11 : Le modèle de présentation le plus rapide selon le type de formulaire

	Barre de défilement	Menu	Flip zooming	Arborescence
Formulaire Court	33%	17%	0%	50%
Formule Intermédiaire	25%	17%	0%	58%
Formulaire Long	8%	25%	0%	67%

Le temps d'exécution est par définition le temps de réponse à chaque question à laquelle doit répondre le sujet. Chacun d'entre eux (36 sujets) devait répondre à trois questions par modèle de présentation. Ces questions sont différentes d'un type de formulaire et d'un modèle de présentation à l'autre. Pour chaque question, nous avons recueilli 12 données. Nous retenons celle dont le temps d'exécution est le meilleur. Ensuite, nous retenons le modèle de présentation qui lui est associé. Cette procédure est répétée pour chacune des questions. La fréquence d'un modèle à figurer dans la liste des temps les plus rapides est calculée et ensuite transformée en pourcentage. À titre d'exemple, si le modèle arborescence figure six fois dans la liste des réponses les plus rapides sur le formulaire court, alors son score sera de $6/12 = 0.5$ ou 50%.

La figure 10.15 montre que la performance du modèle barre de défilement diminue au fur et à mesure que le formulaire devient plus long. En effet, dans 33% des cas, il est le modèle le plus rapide sur le formulaire court, alors qu'il dégringole à 8% pour le formulaire long. Par contre, le modèle arborescence progresse aux dépens de ses concurrents au fur et à mesure que le formulaire se complexifie. Il est le plus performant dans 50% des cas pour un formulaire court, et il se hisse à 67% pour un formulaire long. Le modèle menu évolue dans le même sens que le modèle arborescence, mais est moins efficace que ce dernier. Sur le formulaire court, dans 17% des cas, le modèle menu donne les meilleurs temps, alors que ce chiffre remonte à 25% pour le formulaire long. Une amélioration appréciable, mais qui se situe bien derrière celle du modèle arborescence.

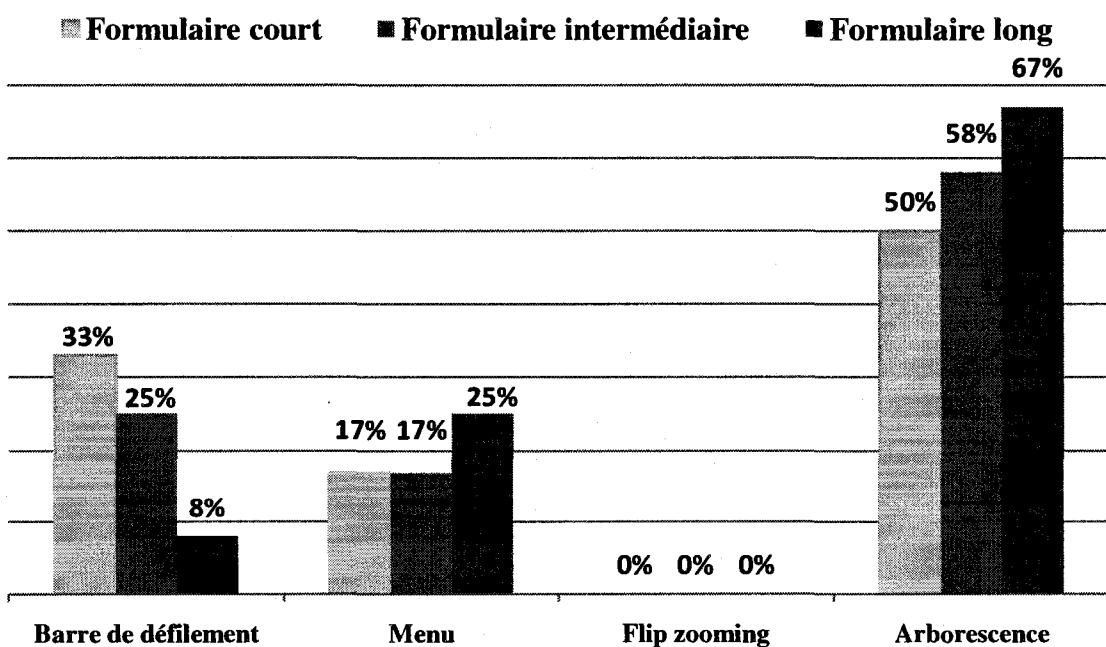


Figure 10.15 : Classement des modèles par rapport au type du formulaire

Enfin, le modèle flip zooming n'a permis dans aucun cas de répondre le plus rapidement à une question. En conclusion, la performance des modèles de présentation dépend du type de formulaire et il existe une relation entre le choix du modèle de présentation et le type de formulaire. L'hypothèse selon laquelle la performance des modèles dépend de la longueur du formulaire est donc vraie.

10.3.1.4 Comparaison des modèles selon le type de formulaire

Nous scindons l'échantillon en trois sous-échantillons correspondants aux trois types de formulaires et effectuons les tests de comparaison « U » de Mann Whitney, afin d'examiner les différences de performance selon le degré de la longueur du formulaire.

10.3.1.4.1 Formulaire court

Selon le tableau 10.12, le temps moyen requis pour l'exécution de la tâche de recherche est de 8.83 s avec le modèle arborescence, de 14.81 s avec le modèle menu, de 16.61 s avec le modèle barre de défilement et de 29.58 s avec le modèle flip zooming. Le coefficient de variation relié au modèle arborescence est le moins élevé, soit 0.57, alors qu'il est le plus élevé, soit 1.01 avec le modèle flip zooming.

Il y a donc une plus grande constance de performance avec le modèle arborescence. Pour le modèle flip zooming, le résultat révèle que la capacité des sujets à comprendre le concept-même et à le manipuler diffère substantiellement d'un individu à un autre, et leur performance s'en ressent. Les différences de performances entre le

modèle arborescence et les trois autres modèles sont significatives, avec des U qui varient entre -4.45 et -2.61. Les différences de performance entre le modèle barre de défilement et les modèles menu et flip zooming ne sont pas significatives, avec des U respectifs de -1.95 et 0.27. Enfin, la différence entre flip zooming et menu est significative avec un U de 2.47.

Tableau 10.12 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire court

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	8.83	16.61	29.58	14.81
Ecart-type	5.07	16.39	29.97	12.40
Coefficient de variation	0.57	0.99	1.01	0.84
Skewness	1.0487	3.1889	1.7369	2.6816
Kurtosis	0.7176	14.0915	2.3477	9.4274
Taille de l'échantillon	36	36	36	36
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-2.50*	-4.45*	-2.61*
Barre de défilement			-1.95	0.27
Flip zooming				2.47*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Pour le formulaire court, le modèle arborescence s'avère nettement supérieur aux trois autres. La deuxième place revient au modèle menu. Statistiquement, la performance du menu est supérieure à celle du flip zooming mais similaire à celle de barre de défilement. En outre, la performance de ce dernier est meilleure que celle du flip zooming, mais non significative. Donc pour cet échantillon de données, le modèle barre

de défilement se situe au troisième rang (comme ce n'est pas significatif, on ne peut généraliser pour toute la population). La figure 10.16 présente les résultats des comparaisons multiples des quatre échantillons de performances des modèles de présentation sur formulaire court et corrobore ce classement.

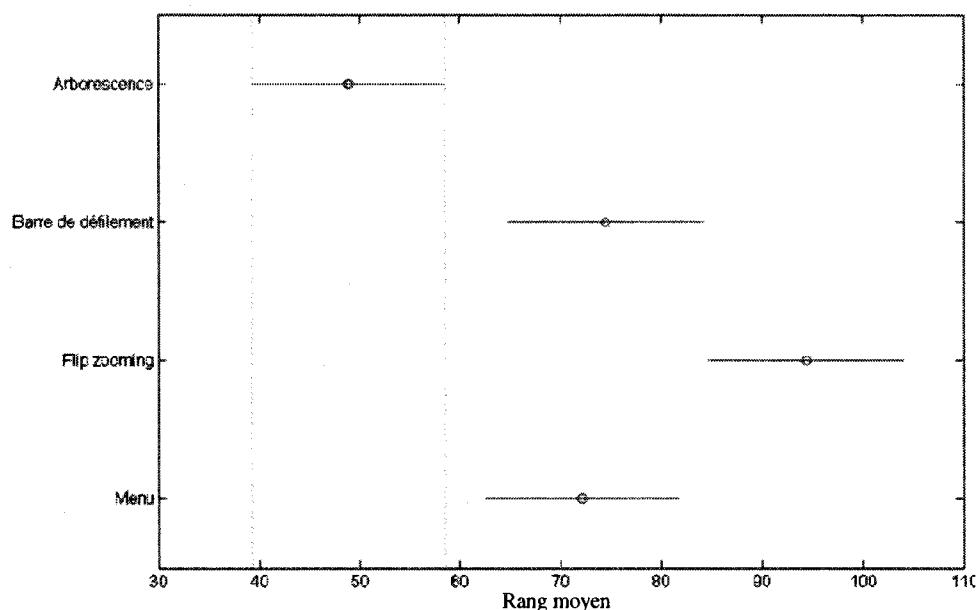


Figure 10.16 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire court

Bien que le flip zooming offre une vue d'ensemble de tout le formulaire, il est nettement plus lent que les trois autres modèles. Quelques sujets sont arrivés à assimiler le mode d'utilisation du flip zooming, où l'interface englobe la totalité de l'information sur un même écran, et ont pu exécuter leur tâche efficacement. D'autres n'arrivaient pas à trouver l'information aussi rapidement qu'avec les autres modèles et se trouvaient confrontés à une grande quantité d'informations de laquelle ils ne savaient pas comment extraire celle qui leur était pertinente.

10.3.1.4.2 Formulaire intermédiaire

Selon le tableau 10.13, le temps moyen requis pour l'exécution de la tâche de recherche est de 8.60 s avec le modèle arborescence, presque la moitié de celui du modèle flip zooming (16.16 s), de 1.73 s avec le modèle menu et de 13.9 s avec le modèle barre de défilement. L'examen du coefficient de variation des quatre sous-échantillons révèle que la barre de défilement est le modèle le plus instable avec un coefficient de 1.06 en comparaison à des valeurs qui se situent entre 0.55 et 0.72.

Tableau 10.13 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire intermédiaire

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	8.60	13.90	16.16	10.73
Ecart-type	6.17	14.67	9.75	5.89
Coefficient de variation	0.72	1.06	0.60	0.55
Skewness	1.43	3.37	1.53	1.78
Kurtosis	1.80	14.58	2.45	3.67
Taille de l'échantillon	36	36	36	36
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-2.18*	-4.11*	-1.95
Barre de défilement			-2.02*	0.34
Flip zooming				2.80*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Les performances des sujets avec le modèle barre de défilement sont disparates relativement à celles des autres et la recherche s'avère peu efficace avec ce modèle de

présentation par rapport à ses compétiteurs. Les différences de temps d'exécution entre arborescence et barre de défilement ($U=-2.18$) et flip zooming ($U=-4.11$) sont significatives. Cependant, la différence entre arborescence et menu n'est pas statistiquement significative avec $U=-1.95$ (très proche de la valeur critique qui est de -1.96). De plus, la différence entre barre de défilement et menu est non significative ($U=0.34$), alors que celle entre barre de défilement et flip zooming, l'est au seuil de 5% ($U=-2.02$). Finalement, le flip zooming est statistiquement moins performant que le modèle menu ($U=2.80$). Pour le formulaire intermédiaire, le modèle arborescence arrive en premier. Puis, les modèles menu et barre de défilement arrivent ex æquo. Enfin, le flip zooming est le moins performant. La figure 10.17 présente les résultats des comparaisons multiples des quatre échantillons de performances des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire et corrobore ce classement.

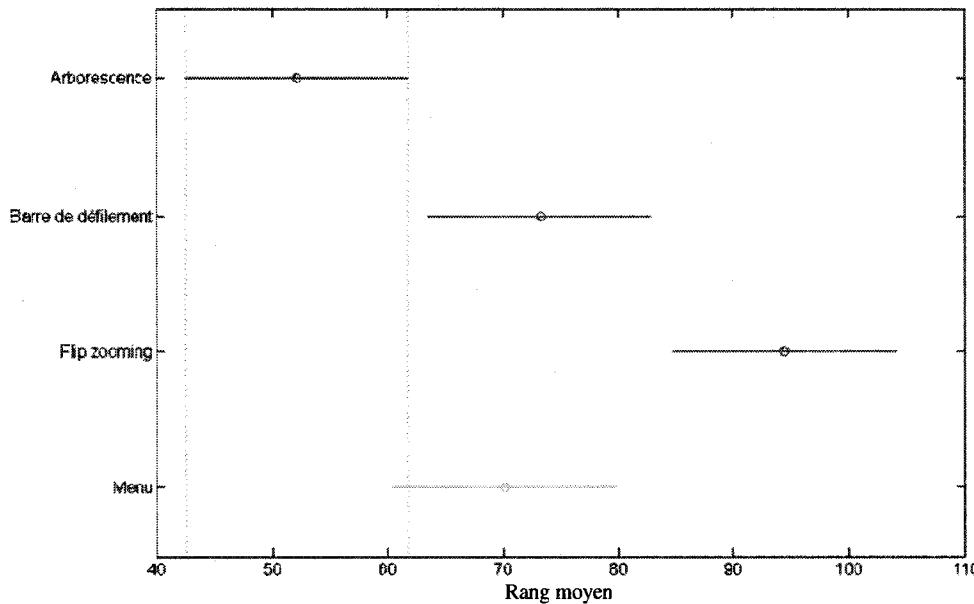


Figure 10.17 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire intermédiaire

10.3.1.4.3 Formulaire long

Selon le tableau 10.14, le temps moyen requis pour l'exécution de la tâche de recherche de 12.90 s avec le modèle arborescence, soit 1.6 meilleur que celui du modèle menu (20.91 s), de 37.86 s avec le modèle flip zooming et de 41.03 s avec le modèle barre de défilement. Les coefficients de variation sont très semblables d'un modèle de présentation à un autre, pour les formulaires longs. Ils varient entre 0.51 (pour le modèle arborescence) et 0.78 (pour le modèle menu).

Tableau 10.14 : Performance des modèles de présentation avec le formulaire long

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	12.90	41.03	37.86	20.91
Ecart-type	6.53	20.96	23.71	16.25
Coefficient de variation	0.51	0.51	0.63	0.78
Skewness	1.18	0.49	1.11	2.66
Kurtosis	2.53	-0.36	0.31	8.15
Taille de l'échantillon	36	36	36	36
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-6.09*	-5.98*	-2.68*
Barre de défilement			0.97	4.48*
Flip zooming				4.10*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%.

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Le modèle arborescence est significativement meilleur que les trois autres modèles avec des U qui varient entre -6.09 et -2.68. Le modèle barre défilement est

significativement pire que le modèle menu ($U=4.48$), mais « *légèrement plus lent* » que le flip zooming ($U=0.97$). Finalement, ce dernier est significativement plus médiocre que le modèle menu avec $U=4.10$. Avec le formulaire long, le modèle arborescence est le meilleur modèle, suivi du modèle menu. Le modèle barre de défilement se place en troisième en terme de performance moyenne, ex aequo avec le flip zooming. La figure 10.18 présente les résultats des comparaisons multiples des quatre échantillons de performances des modèles sur formulaire long et corrobore ce classement.

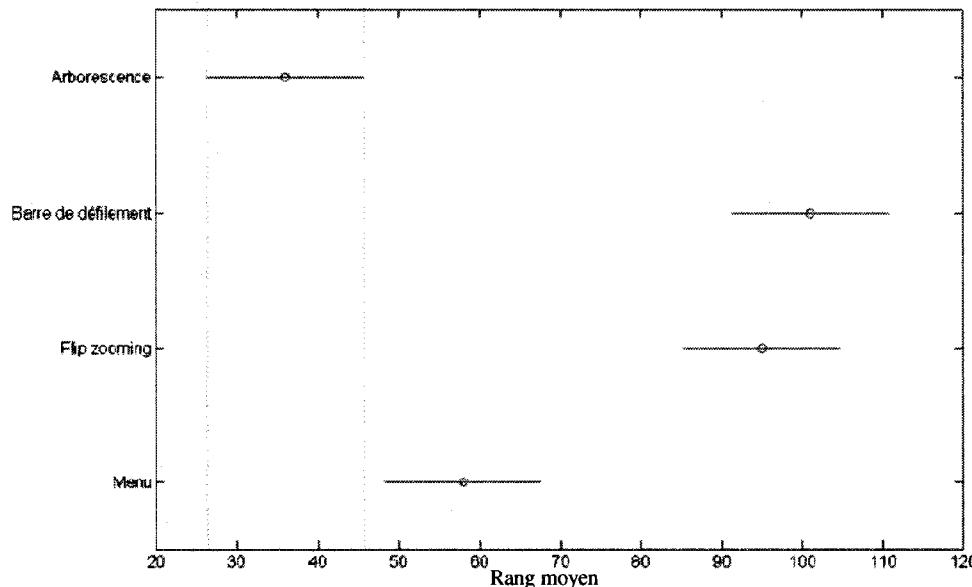


Figure 10.18 : Comparaisons multiples de modèles de présentation pour formulaire long

10.3.1.5 Comparaison des modèles de présentation selon les trois niveaux

Comme nous avons divisé chaque formulaire en trois niveaux, et que pour chaque niveau, nous avons défini quatre tâches, il nous a semblé intéressant de comparer

les temps d'exécution de chaque modèle par niveau. Le but est d'analyser la performance des modèles par rapport au niveau.

10.3.1.5.1 Formulaire court

a. Niveau 1

Selon le tableau 10.15, le temps d'exécution moyen est de 6.35 s avec le modèle arborescence, de 6.55 s avec le modèle barre de défilement, de 11.02 s avec le modèle menu et de 19.56 s avec le modèle flip zooming. Le coefficient de variation du modèle flip zooming est le plus élevé, avec 1.33.

Tableau 10.15 : Performance des modèles de présentation sur formulaire court pour les tâches de niveau 1

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	6.35	6.55	19.56	11.02
Ecart-type	4.06	5.91	26.05	7.60
Coefficient de variation	0.64	0.90	1.33	0.69
Skewness	1.82	2.31	2.50	1.69
Kurtosis	3.34	6.33	6.28	3.30
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		0.46	-2.54*	-2.02*
Barre de défilement			-2.25*	-1.79
Flip zooming				0.69
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Les temps d'exécution très longs pour certains sujets sur ce modèle sont la source de cette anomalie. Le modèle arborescence est significativement supérieur au flip zooming ($U=-2.54$) et au menu ($U=-2.02$), mais n'est pas significativement différent du modèle barre de défilement ($U=0.46$). Le modèle barre de défilement est significativement plus rapide que le modèle flip zooming ($U=-2.25$), et n'est pas significativement différent que le modèle menu ($U=-1.79$). Finalement, il n'y a pas de différence significative entre les modèles flip zooming et menu ($U=0.69$). Avec le formulaire court, pour les questions de niveau 1, les modèles arborescence et barre de défilement sont les premiers, suivis par le modèle menu et le modèle flip zooming.

b. Niveau 2

Selon le tableau 10.16, le temps d'exécution moyen est de 12.81 s avec le modèle arborescence, de 21.91 s avec le modèle menu, de 26.51 s avec le modèle barre de défilement et de 44.12 s avec le modèle flip zooming. Par ailleurs, le modèle arborescence obtient le coefficient de variation le moins élevé (0.42), alors que celui du modèle de barre de défilement est le plus élevé (0.89). Ceux des modèles menu et flip zooming sont comparables, avec respectivement 0.75 et 0.73. Le modèle arborescence est significativement plus rapide que le modèle flip zooming ($U=-3.58$). Le modèle flip zooming est significativement plus lent que le modèle menu ($U=2.42$). Le modèle barre de défilement est meilleur que le flip zooming ($U=-1.96$). Toutes les autres différences ne sont pas statistiquement significatives.

Tableau 10.16 : Performance des modèles de présentation sur formulaire court pour les tâches de niveau 2

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	12.81	26.51	44.12	21.91
Ecart-type	5.43	23.53	31.99	16.43
Coefficient de variation	0.42	0.89	0.73	0.75
Skewness	0.46	2.43	1.62	2.40
Kurtosis	-0.19	6.98	2.38	6.40
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-1.79	-3.58*	-1.67
Barre de défilement			-1.96*	0.40
Flip zooming				2.42*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Les questions de niveau 2 ont été plus difficiles que les questions de niveau 1 pour presque tous les sujets²⁸. Le résultat des performances ne permet pas de trancher : elles sont statistiquement similaires sauf pour le flip zooming qui se place grand dernier.

c. Niveau 3

Selon le tableau 10.17, le temps d'exécution moyen est de 7.33 s avec le modèle arborescence, de 11.52 s avec le modèle menu, de 16.77 s avec le modèle barre de défilement et de 25.04 s avec le modèle flip zooming. Le coefficient de variation du flip

²⁸ 85,42% des sujets ont mieux performé en répondant aux questions du niveau 1 qu'à celles du niveau 2, pour les formulaires courts, avec une différence statistiquement significative au seuil de 5% ($U=-5.77$). Ceci s'explique par le fait que les questions du niveau 1 se trouvent au début de chaque zone pré-déterminé dans le formulaire.

zooming est encore le plus élevé avec 1.13 et celui des modèles arborescence et barre de défilement est de 0.41. Le modèle arborescence est significativement plus rapide que celui de barre de défilement ($U=-3.23$) et de flip zooming ($U=-3.18$). Il n'est pas statistiquement différent du modèle menu. Le modèle barre de défilement est statistiquement plus lent que le modèle menu ($U=2.02$).

Tableau 10.17 : Performance des modèles de présentation sur formulaire court pour les tâches de niveau 3

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	7.33	16.77	25.04	11.52
Ecart-type	3.02	6.96	28.18	8.90
Coefficient de variation	0.41	0.41	1.13	0.77
Skewness	0.37	0.13	2.35	2.17
Kurtosis	-0.64	-1.13	5.26	4.78
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
<i>U**</i>	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-3.23*	-3.18*	-1.04
Barre de défilement			0.23	2.02*
Flip zooming				2.19*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Pour ce qui est du modèle flip zooming, il est statistiquement plus lent que le modèle menu ($U=2.19$). Au niveau 3, pour le formulaire court, le groupe de modèles se divise en deux clans : les meilleurs sont les modèles arborescence et menu, les pires sont le modèle flip zooming et barre de défilement.

10.3.1.5.2 Formulaire intermédiaire

a. Niveau 1

Selon le tableau 10.18, les temps d'exécution moyens des modèles arborescence et barre défilement sont très proches, respectivement 5.18 et 5.01 s. Celui du flip zooming est presque le double avec 10.04 s, alors que celui du menu est de 7.35 s. Le coefficient de variation du modèle arborescence est le plus élevé (0.64), alors que c'est le flip zooming qui a cette fois le coefficient le moins élevé avec 0.34. Le modèle arborescence est significativement supérieur au flip zooming ($U=-3.12$) et au menu ($U=-2.08$), mais n'est pas statistiquement différent du modèle barre de défilement ($U=0.12$).

Tableau 10.18 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 1

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	5.18	5.01	10.04	7.35
Ecart-type	3.30	2.96	3.44	2.90
Coefficient de variation	0.64	0.59	0.34	0.39
Skewness	1.67	0.71	0.66	0.77
Kurtosis	3.43	-0.40	-0.78	0.14
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		0.12	-3.12*	-2.08*
Barre de défilement			-3.18*	-2.02*
Flip zooming				1.96*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Le modèle barre de défilement est significativement plus rapide que les modèles flip zooming et menu. Finalement, le flip zooming est significativement plus lent que le modèle menu ($U=1.96$). Les modèles arborescence et barre de défilement se révèlent les meilleurs pour répondre aux questions de niveau 1, suivis du menu et du flip zooming.

b. Niveau 2

Selon le tableau 10.19, le temps d'exécution moyen est de 14.12 s avec le modèle arborescence, de 15.45 s avec le modèle menu, de 17.42 s avec le modèle barre de défilement et de 22.83 s avec le modèle flip zooming. Les coefficients de variation varient entre 0.44 pour le flip zooming et 0.61 pour le modèle barre de défilement.

Tableau 10.19 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 2

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	14.12	17.42	22.83	15.45
Ecart-type	6.96	10.61	10.16	7.48
Coefficient de variation	0.49	0.61	0.44	0.48
Skewness	0.68	0.76	1.52	0.93
Kurtosis	-0.61	-0.67	2.02	0.02
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-0.52	-2.19*	-0.58
Barre de défilement			-1.50	0.17
Flip zooming				2.02*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

La différence de performance entre les modèles arborescence et flip zooming est statistiquement significative avec un U de -2.19. La différence de performances entre les modèles flip zooming et menu est aussi significative (U=2.02). Toutes les autres différences ne sont pas statistiquement significatives.

c. Niveau 3

Selon le tableau 10.20, le temps d'exécution moyen est de 6.49 s avec le modèle arborescence, de 9.38 s avec le modèle menu, de 15.60 s avec le modèle flip zooming et de 19.29 s avec le modèle barre de défilement. Le coefficient de variation du modèle menu est le plus faible (0.29) alors que celui du barre de défilement est le plus élevé.

Tableau 10.20 : Performance des modèles de présentation sur formulaire intermédiaire pour les tâches de niveau 3

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	6.49	19.29	15.60	9.38
Ecart-type	3.35	20.79	9.89	2.68
Coefficient de variation	0.52	1.08	0.63	0.29
Skewness	0.82	3.19	1.45	0.02
Kurtosis	-0.66	10.57	2.29	-0.63
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-3.46*	-3.00*	-2.19*
Barre de défilement			0.23	2.31*
Flip zooming				1.67
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

Pour les questions de niveau 3 du formulaire intermédiaire, l’arborescence est le meilleur modèle de présentation (U varie entre -2.19 et -3.46). Aussi, le modèle barre de défilement est significativement supérieur au modèle menu.

Les réponses aux tâches de niveau 3 sont plus rapidement trouvées avec le modèle arborescence, puis avec le modèle menu, enfin les modèles barre de défilement et flip zooming indistinctement.

10.3.1.5.3 Formulaire long

a. Niveau 1

Selon le tableau 10.21, le temps d’exécution moyen est de 12.77 s avec le modèle arborescence, de 18.98 s avec le modèle menu, de 34.55 s avec le modèle barre de défilement et de 40.86 s avec le modèle flip zooming. Le coefficient de variation du modèle arborescence est le meilleur avec 0.23 alors que celui du modèle barre de défilement est le pire avec 0.60.

Le modèle arborescence est statistiquement supérieur aux modèles barre de défilement ($U=-2.54$) et flip zooming ($U=-4.04$). Il n’est pas statistiquement différent du modèle menu ($U=-1.33$). La différence de performance entre le modèle flip zooming et le modèle barre de défilement n’est pas statistiquement significative, par contre elle est significative entre le flip zooming et le modèle menu ($U=3.00$).

Tableau 10.21 : Performance des modèles de présentation sur formulaire long pour les tâches de niveau 1

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	12.77	34.55	40.86	18.98
Ecart-type	2.99	20.67	21.77	9.64
Coefficient de variation	0.23	0.60	0.53	0.51
Skewness	0.38	0.065	1.21	0.58
Kurtosis	1.83	-1.74	-0.08	-1.28
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
<i>U**</i>	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-2.54*	-4.04*	-1.33
Barre de défilement			-0.69	1.62
Flip zooming				3.00*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

b. Niveau 2

Selon le tableau 10.22, le temps d'exécution moyen est de 7.37 s avec le modèle arborescence, de 12.38 s avec le modèle menu, de 20.07 s avec le modèle flip zooming et de 35.87 s avec le modèle barre de défilement. Le coefficient de variation du modèle flip zooming est le plus faible (0.37) alors que ceux des modèles menu et arborescence sont les plus élevés (0.45). La distinction entre les modèles est plus tranchée en contexte de formulaires longs à cause de la multiplication des sections et des sous-sections. En effet, les différences de performances entre chaque paire de modèles sont toutes statistiquement significatives au seuil de 5%. Il en ressort que le modèle arborescence

est le plus rapide suivi des modèles menu, flip zooming et le modèle barre de défilement qui est le moins performant.

Tableau 10.22 : Performance des modèles de présentation sur formulaire long pour les tâches de niveau 2

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	7.37	35.87	20.07	12.38
Ecart-type	33.44	15.53	74.78	55.67
Coefficient de variation	0.45	0.43	0.37	0.45
Skewness	0.56	0.5238	-1.16	1.12
Kurtosis	-0.60	-0.7061	0.56	1.22
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-4.16*	-3.35*	-2.42*
Barre de défilement			2.42*	3.75*
Flip zooming				2.31*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96].

c. Niveau 3

Selon le tableau 10.23, le temps d'exécution moyen est de 18.54 s avec le modèle arborescence, de 31.37 s avec le modèle menu, de 52.64 s avec le modèle flip zooming et de 52.66 s avec le modèle barre de défilement. Le coefficient de variation du modèle arborescence est le plus faible (0.37) alors que celui du modèle menu est le plus élevé (0.72). Le modèle arborescence reste le chef de file, mais ne s'éloigne pas

significativement du modèle menu. Le modèle flip zooming et le modèle barre de défilement ont des performances semblables et sont les moins efficaces.

Tableau 10.23 : Performance des modèles de présentation sur formulaire long pour les tâches de niveau 3

	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Statistiques descriptives				
Moyenne (en secondes)	18.54	52.66	52.64	31.37
Ecart-type	6.89	22.51	25.79	22.66
Coefficient de variation	0.37	0.43	0.49	0.72
Skewness	1.22	0.49	0.45	1.89
Kurtosis	1.65	-1.31	-0.92	2.45
Taille de l'échantillon	12	12	12	12
Tests de Mann-Whitney				
U**	<i>Arborescence</i>	<i>Barre de défilement</i>	<i>Flip zooming</i>	<i>Menu</i>
Arborescence		-3.87*	-3.81*	-2.19*
Barre de défilement			0.17	2.77*
Flip zooming				2.66*
Menu				

*Significatif au seuil de 5%

**L'intervalle de confiance, au seuil de 5%, de la statistique U est de [-1.96 ; 1.96]

10.3.1.5.4 Synthèse

Le tableau 10.24 présente la synthèse des comparaisons entre modèles de présentation, pour les trois niveaux et les trois types de formulaires, et ce sur la base des statistiques U de Mann-Whitney. Nous n'abordons dans le tableau que les résultats significatifs. Le modèle arborescence s'avère significativement plus rapide que le flip zooming dans tous les cas. Par contre, le modèle arborescence n'est plus rapide que la barre de défilement qu'à 56% des cas. De plus, les troisième et quatrième rangs sont

disputés par les modèles barre de défilement et flip zooming. Quant au modèle menu, il n'est pas significativement plus lent que le modèle arborescence. A 89% des cas, les temps d'exécution moyens avec le modèle menu se trouvent deuxièmes, mais à aucun cette place n'est confirmée par les tests statistiques.

Tableau 10.24 : Synthèse des comparaisons de performances des modèles de présentation par niveau et pour chaque type de formulaire

	Formulaire court	Formulaire intermédiaire	Formulaire long
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence est significativement meilleur que le flip zooming. - Barre de défilement est significativement meilleur que le flip zooming. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence est significativement meilleur que le flip zooming. - Barre de défilement est significativement meilleur que le flip zooming. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence est significativement meilleur que la barre de défilement et le flip zooming. - Menu est significativement meilleur que le flip zooming.
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence significativement meilleur que le flip zooming. - Menu est significativement meilleur que le flip zooming. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence significativement meilleur que le flip zooming. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence est meilleur que la barre de défilement et le flip zooming. - Menu est significativement supérieur à la barre de défilement.
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence meilleur que barre de défilement et flip zooming. - Menu est significativement supérieur à la barre de défilement et le flip zooming. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence meilleur que barre de défilement et flip zooming. - Menu est significativement supérieur à la barre de défilement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arborescence meilleur que barre de défilement et flip zooming. - Menu est significativement supérieur à la barre de défilement et le flip zooming.

Le classement des modèles diffère selon les niveaux et les types de formulaires parce que l'emplacement de l'information recherchée dans la structure du formulaire a une influence directe sur la performance du sujet. A titre d'exemple, le modèle barre de défilement donne des temps d'exécution moyens statistiquement similaires à ceux de l'arborescence pour le niveau 1, sur le formulaire court, mais statistiquement plus lents que ceux de l'arborescence pour le niveau 3 sur le même type de formulaire.

10.3.1.6 Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe

Selon le tableau 10.25, le temps d'exécution moyen des hommes (N=18) est de 17.64 s et celui des femmes (N=18) est de 21.02 s, tous modèles et tous formulaires confondus. Cependant, les différences de performances ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% (U=0.78).

Tableau 10.25 : Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe, tous modèles et tous types de formulaires confondus

	<i>Femmes</i>	<i>Hommes</i>
Statistiques descriptives		
Moyenne (en secondes)	21.02	17.64
Écart-type	21.56	15.71
Coefficient de variation	1.03	0.89
Skewness	2.19	2.30
Kurtosis	4.91	6.38
Taille échantillon	216	216
Test de Mann-Whitney		
U	0.78	
T_c (valeur critique)		1.96
p (probabilité)		0.43

Le tableau 10.26 montre que les sujets de sexe différent répondent, en moyenne, avec la même vitesse, quelque soit le modèle de présentation affiché. En tout, nos résultats n'occasionnent pas de biais d'inférence dû à des différences significatives entre deux sous-groupes de l'échantillon total. Les sujets proviennent d'une même population et leurs performances sont indépendantes les unes des autres.

Tableau 10.26 : Comparaison des performances des modèles de présentation selon le sexe

	Arborescence		Barre de défilement		Flip zooming		Menu	
	F	H	F	H	F	H	F	H
Statistiques descriptives								
Moyenne (en secondes)	9.65	10.56	26.52	21.17	32.36	23.37	15.53	15.44
Écart-type	5.84	6.61	23.34	18.79	29.33	16.99	11.00	14.62
Coefficient de variation	0.61	0.63	0.88	0.89	0.91	0.73	0.71	0.95
Skewness	0.93	1.35	1.32	1.54	1.38	2.03	2.45	3.25
Kurtosis	0.47	2.49	1.23	2.15	1.04	5.67	9.17	12.33
Taille échantillon	54	54	54	54	54	54	54	54
Test de Mann-Whitney								
U	-0.69		1.06		0.77		0.75	
T _c	1.96		1.96		1.96		1.96	
p	0.49		0.29		0.44		0.45	

F = Femmes ; H = Hommes

10.3.1.7 Test de l'effet d'apprentissage

Dans le tableau 10.27, nous isolons les performances que nous appellerons « de première exécution » et celles que nous désignerons par « deuxième et troisième exécution » et calculons les statistiques de Mann-Whitney de ces sous-échantillons. Le but est de tester l'existence d'un effet d'apprentissage²⁹ potentiel qui pourrait biaiser les inférences.

²⁹ Dans de la méthodologie, nous avons choisi un design expérimental qui permet d'éviter un effet d'apprentissage en permutant l'ordre des modèles et des tâches. Ce test permet de confirmer ou infirmer l'efficacité de notre design expérimental

Tableau 10.27 : Effet d'apprentissage

	<i>Première exécution</i>	<i>Deuxième et troisième exécutions</i>
Statistiques descriptives		
Moyenne (en secondes)	20.90	18.57
Écart-type	20.013	18.32
Coefficient de variation	0.96	0.99
Skewness	2.37	2.33
Kurtosis	6.69	5.82
Taille échantillon	144	288
Test de Mann-Whitney		
U		1.61
T_c		1.96
p		0.11

La différence de performance entre la première exécution et les deuxième et troisième exécutions n'est pas statistiquement significative ($U=1.61$; $p=0.11$). Elle est positive, ce qui corrobore le fait que les utilisateurs apprennent à manier le PDA et établissent des repères pour l'exécution des tâches de recherche, au fur et à mesure qu'ils avancent dans le test. Par contre, puisque la statistique n'est pas significative, il n'y a pas d'effet d'apprentissage. Nous appliquons aussi la loi de la pratique (Snoddy, 1926) afin de confirmer l'absence de biais dans les temps d'exécution de notre étude. Cette loi permet d'obtenir une approximation des courbes d'apprentissage pour les différents modèles, selon les types de formulaires. C'est une relation linéaire affine entre le logarithme des temps d'exécution des tâches répétées et le logarithme du nombre d'itérations ($\log T_n = \log T_1 - \alpha \log n$; où T_n est le temps d'exécution de la tâche à l'itération n et α est le coefficient d'apprentissage). Comme le nombre d'itérations est au nombre de trois, donc limité, nous ne présentons les résultats qu'à titre indicatif, mais les

utilisons pour comparer les coefficients d'apprentissage entre les modèles. Le tableau 10.28 montre que les coefficients de détermination afférents à l'équation d'apprentissage ne s'élèvent pas au-dessus de 6% et que les statistiques F sont non significatifs pour tous les cas. D'où l'inexistence d'un effet d'apprentissage. Il importe de souligner que pour le flip zooming, sur le formulaire intermédiaire, le résultat est contre-intuitif. En effet, en moyenne, la performance des sujets se détériore au fur et à mesure qu'ils avancent dans l'expérience.

Tableau 10.28 : Estimations des paramètres des courbes d'apprentissage

Modèle	Types formulaire	T ₁ *	Alpha	R ²	F	p-value
Arborescence	<i>Court</i>	8	0.09	0.01	0.19	0.66
	<i>Intermédiaire</i>	7.61	0.18	0.01	0.48	0.49
	<i>Long</i>	11.69	0.05	0	0.07	0.8
Barre de défilement	<i>Court</i>	13.57	0.27	0.02	0.67	0.42
	<i>Intermédiaire</i>	10.33	0.1	0	0.1	0.75
	<i>Long</i>	41.65	0.28	0.05	1.62	0.21
Flip Zooming	<i>Court</i>	21.69	0.17	0.01	0.26	0.61
	<i>Intermédiaire</i>	13.22	-0.08	0	0.16	0.7
	<i>Long</i>	35.58	0.21	0.02	0.8	0.38
Menu	<i>Court</i>	14.17	0.32	0.05	1.76	0.19
	<i>Intermédiaire</i>	11.13	0.26	0.06	2.25	0.14
	<i>Long</i>	19.15	0.18	0.02	0.67	0.42

*En seconde

La figure 10.19 présente les courbes d'apprentissage pour les trois types de formulaires et les quatre modèles de présentation. Avec le modèle arborescence, la convexité des courbes d'apprentissage est faible sauf pour le formulaire intermédiaire. Avec le modèle barre de défilement, c'est le formulaire long qui présente une convexité

supérieure aux autres types de formulaires. Une réponse potentielle à ce résultat est qu'en répondant à la première question, le sujet fait dérouler tout le formulaire car il n'est pas familier avec le contenu, et après, en répondant aux deuxième et troisième questions, la mémorisation de certains éléments du formulaire permet d'exécuter la tâche plus efficacement.

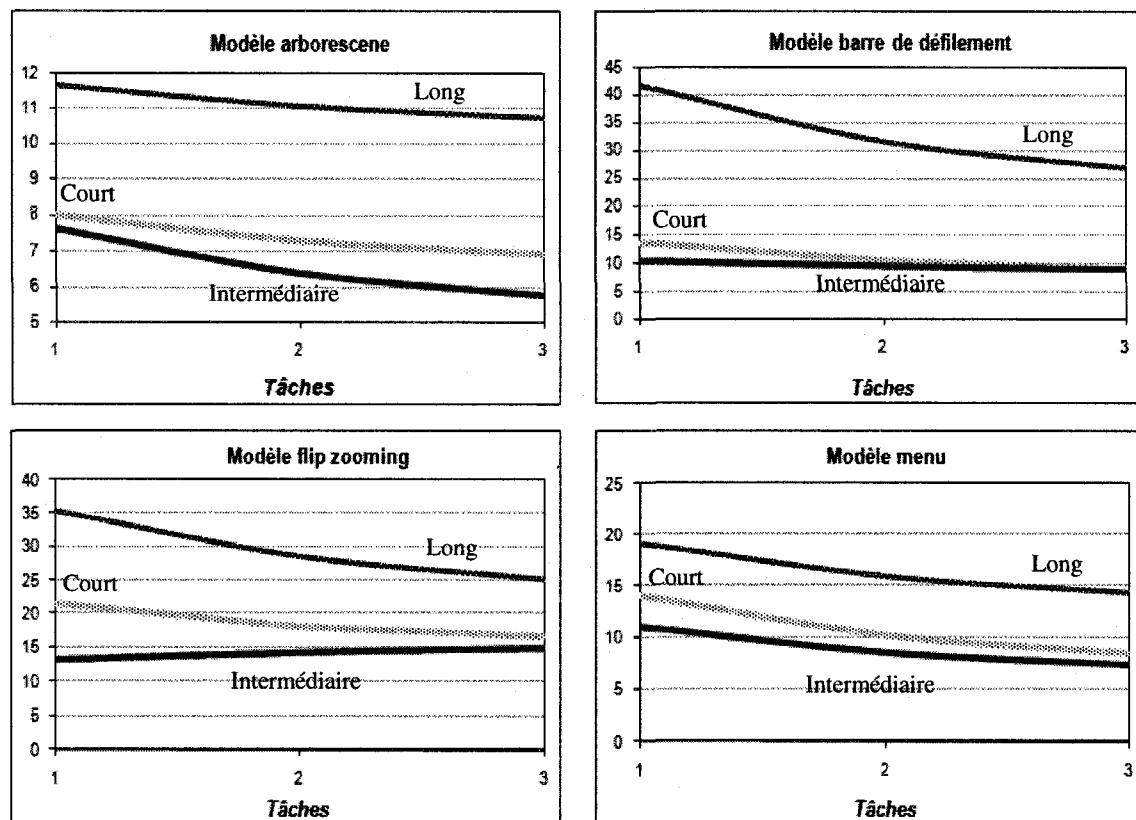


Figure 10.19 : Courbes d'apprentissage pour chaque modèle et chaque type de formulaire

Pour le modèle flip zooming, la convexité de la courbure du formulaire long est similaire à celle du formulaire court, mais la pente de la courbe du formulaire intermédiaire est positive. Enfin, pour le modèle menu, le formulaire long montre une

amélioration de temps d'exécution la plus faible par rapport aux deux autres types de formulaires. La courbe du formulaire intermédiaire est presque horizontale et celle du court présente le plus de convexité. En se basant sur la figure 10.16 et indépendamment du modèle de présentation, nous remarquons que les sujets obtiennent de meilleurs temps d'exécution avec le formulaire intermédiaire qu'avec le formulaire court, ce qui va à l'encontre de nos attentes. Ceci peut s'expliquer par le fait que nous avons mesuré la longueur sur la base du nombre de sections et du nombre de composantes. Or, nous n'avons pas pris en compte la longueur des noms de sections et de composantes. Après analyse, nous observons que la plupart des noms de sections et de sous-sections du formulaire court sont plus longs que ceux du formulaire intermédiaire.

10.3.1.8 Comparaison des temps entre le temps des sujets, le temps de l'expert et le temps brut

Nous avons calculé le nombre minimal de clics qu'il faut pour accomplir les 3 tâches, qui ont été demandées aux sujets, pour chaque formulaire et pour chaque type de modèle (tableau 10.29). Le calcul du nombre de clics s'est fait en comptant le nombre de fois qu'un clic est effectué avec le stylet interactif. Pour le modèle barre de défilement, nous avons compté le nombre de fois qu'il faut cliquer sur la flèche qui se trouvait dans les deux extrémités de la barre. Nous n'avons pas utilisé l'ascenseur, ni la navigation par page, il s'agissait plutôt d'un déplacement ligne par ligne. En moyenne, le nombre minimal de clics est très différent d'un modèle de présentation à l'autre. Le nombre de clics moyen pour le modèle arborescence est de 3, celui du modèle flip zooming est de

5, celui du modèle menu est de 8 et celui du modèle barre de défilement est de 231. Par ailleurs, les données montrent que le nombre de clics pour le modèle barre de défilement augmente de façon fulgurante variant entre 1 et 1031 clics requis.

Tableau 10.29 : Nombre minimal de clics pour répondre à chaque question avec chaque modèle de présentation

		Arborescence	Barre de Défilement	Flip zooming	Menu
Formulaire Court	1 T1.1	1	1	3	3
	2 T1.2	2	1	3	3
	3 T1.3	2	1	3	3
	4 T1.4	2	23	5	4
	5 T2.1	3	36	5	4
	6 T2.2	3	63	5	4
	7 T2.3	3	82	5	16
	8 T2.4	3	99	5	4
	9 T3.1	2	123	3	3
	10 T3.2	2	142	3	3
	11 T3.3	2	164	3	3
	12 T3.4	2	187	3	3
Formulaire Intermédiaire	1 T1.1	1	1	3	3
	2 T1.2	2	1	3	3
	3 T1.3	2	9	3	14
	4 T1.4	5	28	22	41
	5 T2.1	3	54	5	4
	6 T2.2	3	78	5	4
	7 T2.3	4	101	5	4
	8 T2.4	4	125	19	35
	9 T3.1	3	149	5	4
	10 T3.2	3	173	5	4
	11 T3.3	3	199	3	3
	12 T3.4	2	225	3	3

Tableau 10.29 : Nombre minimal de clics pour répondre à chaque question avec chaque modèle de présentation (suite et fin)

		Arborescence	Barre de Défilement	Flip zooming	Menu
Formulaire Long	1	T1.1	3	8	4
	2	T1.2	4	95	5
	3	T1.3	4	189	5
	4	T1.4	4	289	5
	5	T2.1	3	376	7
	6	T2.2	3	479	4
	7	T2.3	2	556	3
	8	T2.4	2	675	30
	9	T3.1	4	751	14
	10	T3.2	4	841	22
	11	T3.3	4	943	5
	12	T3.4	4	1031	5
Moyenne		3	231	5	8
Minimum		1	1	3	3
Maximum		5	1031	22	41

Nous avons pris les résultats du tableau 10.29 et avons multiplié le nombre de clics par le temps moyen de déplacement du stylet entre deux cibles à l'écran du PDA tel que calculé dans l'étude précédente ($T_m = 924.05$ ms).

Par ailleurs, nous avons demandé à un expert de répondre à toutes les questions. Nous avons mesuré ses temps d'exécution et avons comparé les temps moyens des sujets par rapport au temps de l'expert et au temps obtenu avec le nombre de clics (temps brut). Pour chaque type de formulaire et chaque modèle de présentation, nous avons projeté les trois résultats sur des graphiques (figures 10.20, 10.21, 10.22 et 10.23). Pour les trois

graphiques de la figure 10.20, nous avons utilisé un deuxième axe secondaire pour la série de données basée sur le temps brut, puisque le temps de cette dernière dépasse substantiellement les temps des autres séries. Le but est de bien distinguer les temps des trois séries. Pour le modèle barre de défilement, nous constatons que les temps bruts s'accroissent très fortement au fur et à mesure que nous avançons dans les niveaux et que les temps des sujets s'accroissent de façon irrégulière (à cause des points extrêmes). Par contre, le temps de l'expert croît légèrement en passant d'un niveau à un autre. Pour le modèle menu (figure 10.21), les temps des sujets sont plus grands que ceux de l'expert et les temps bruts. A part quelques points extrêmes, les temps de l'expert se rapprochent considérablement du temps brut.

Pour le modèle flip zooming (figure 10.22), les temps de l'expert et les temps bruts sont presque les mêmes, surtout pour les formulaires court et long. Pour le formulaire intermédiaire, la légère différence s'explique par le fait que pour deux sujets, le problème de la langue était un obstacle pour la compréhension des énoncés des tâches.

Pour le modèle arborescence (figure 10.23), les temps de l'expert et les temps bruts sont quasi identiques, tous formulaires confondus. Même s'il y a une légère différence, cela vient du fait que nous n'avons pas pris en compte le temps de réflexion et de lecture de l'expert.

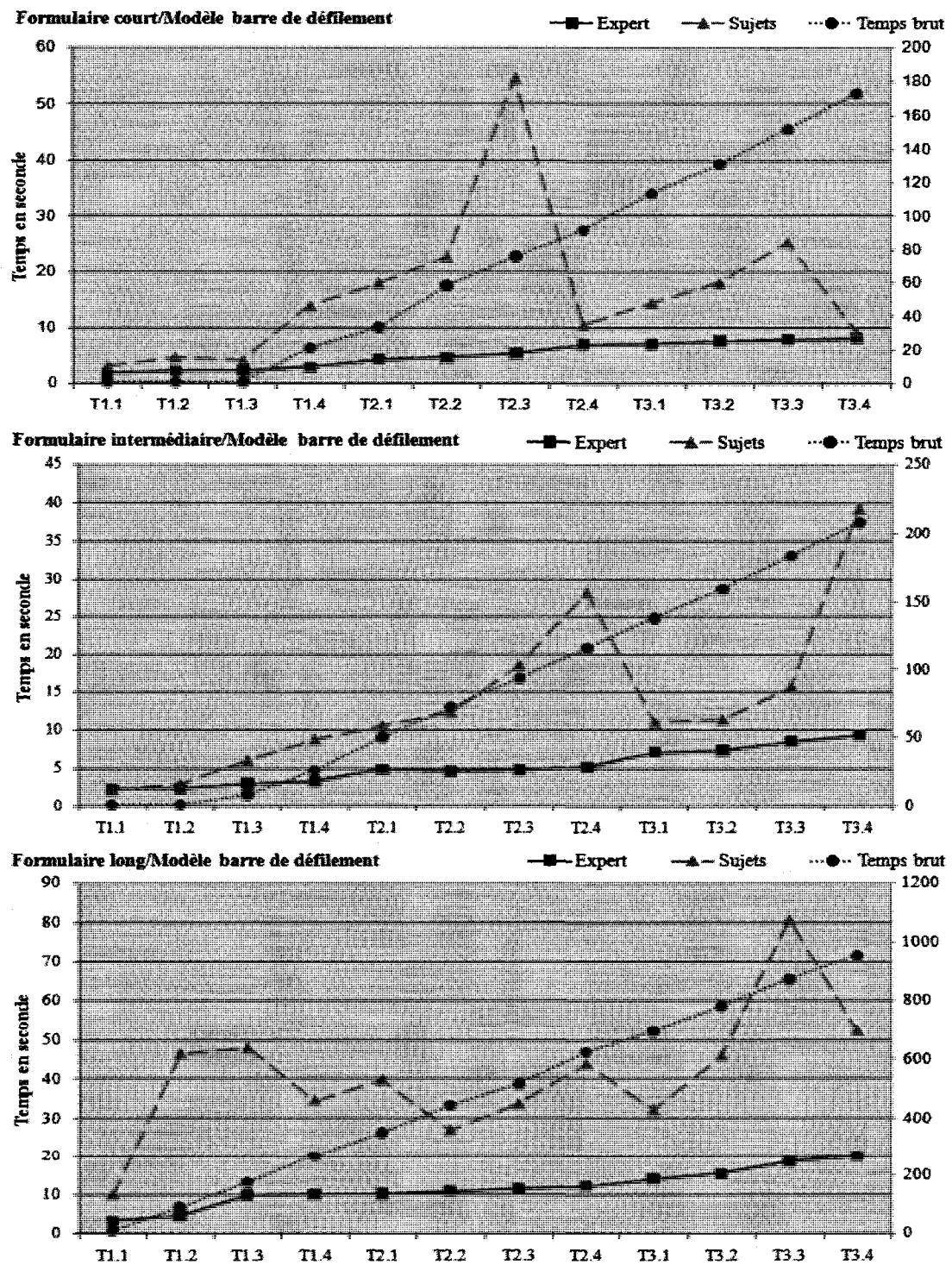


Figure 10.20 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle barre de défilement

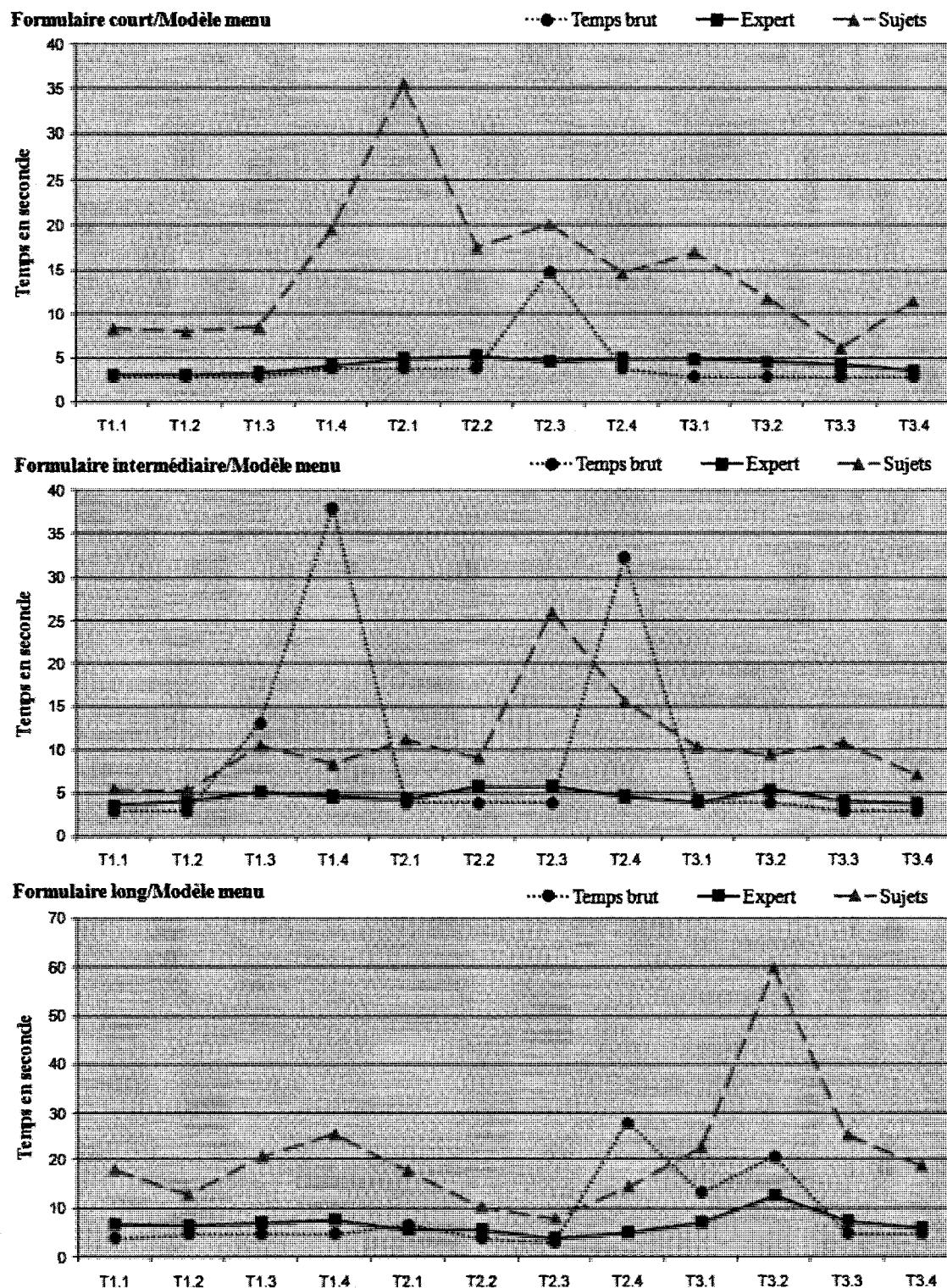


Figure 10.21 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle menu

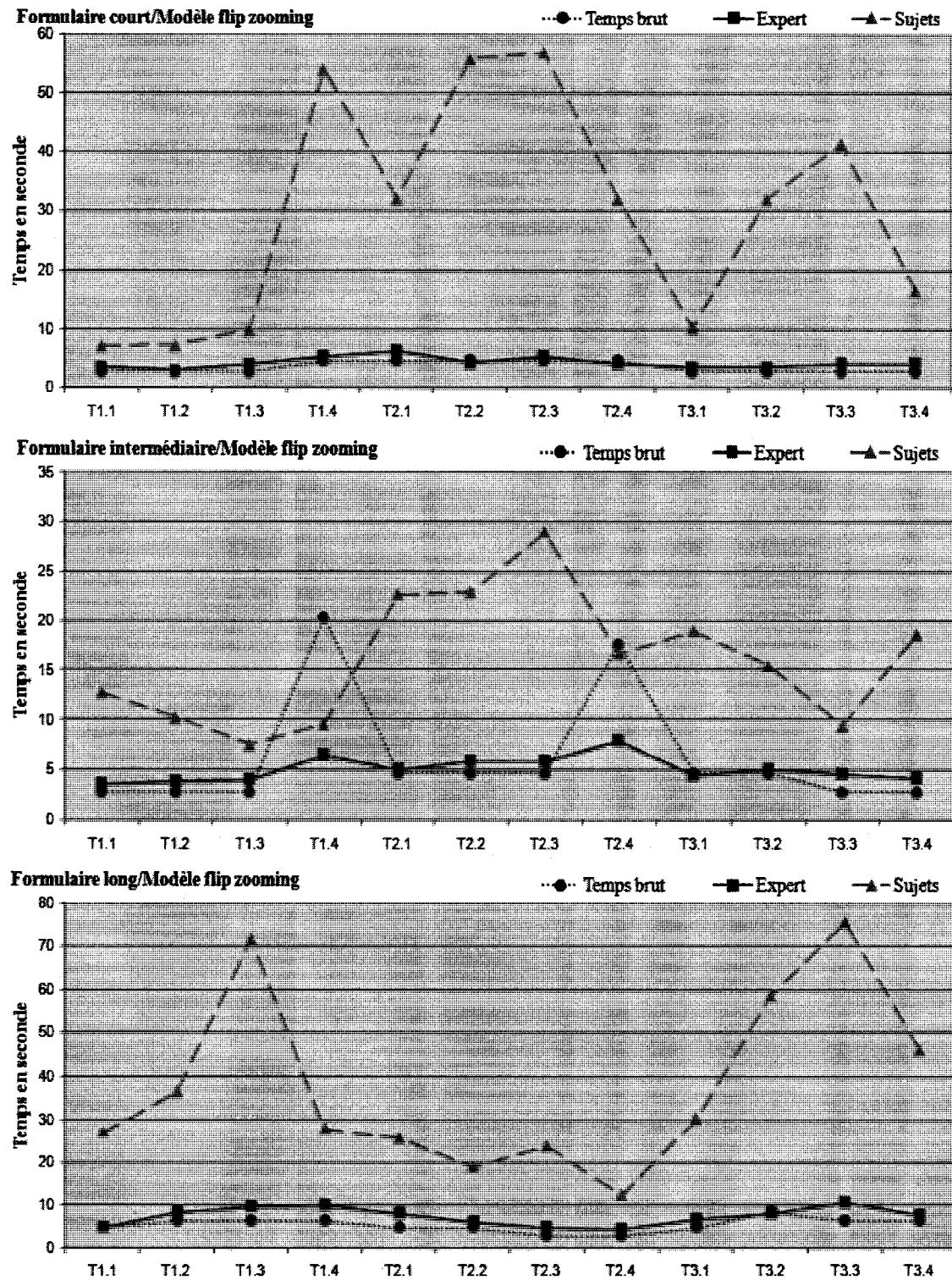


Figure 10.22 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle flip zooming

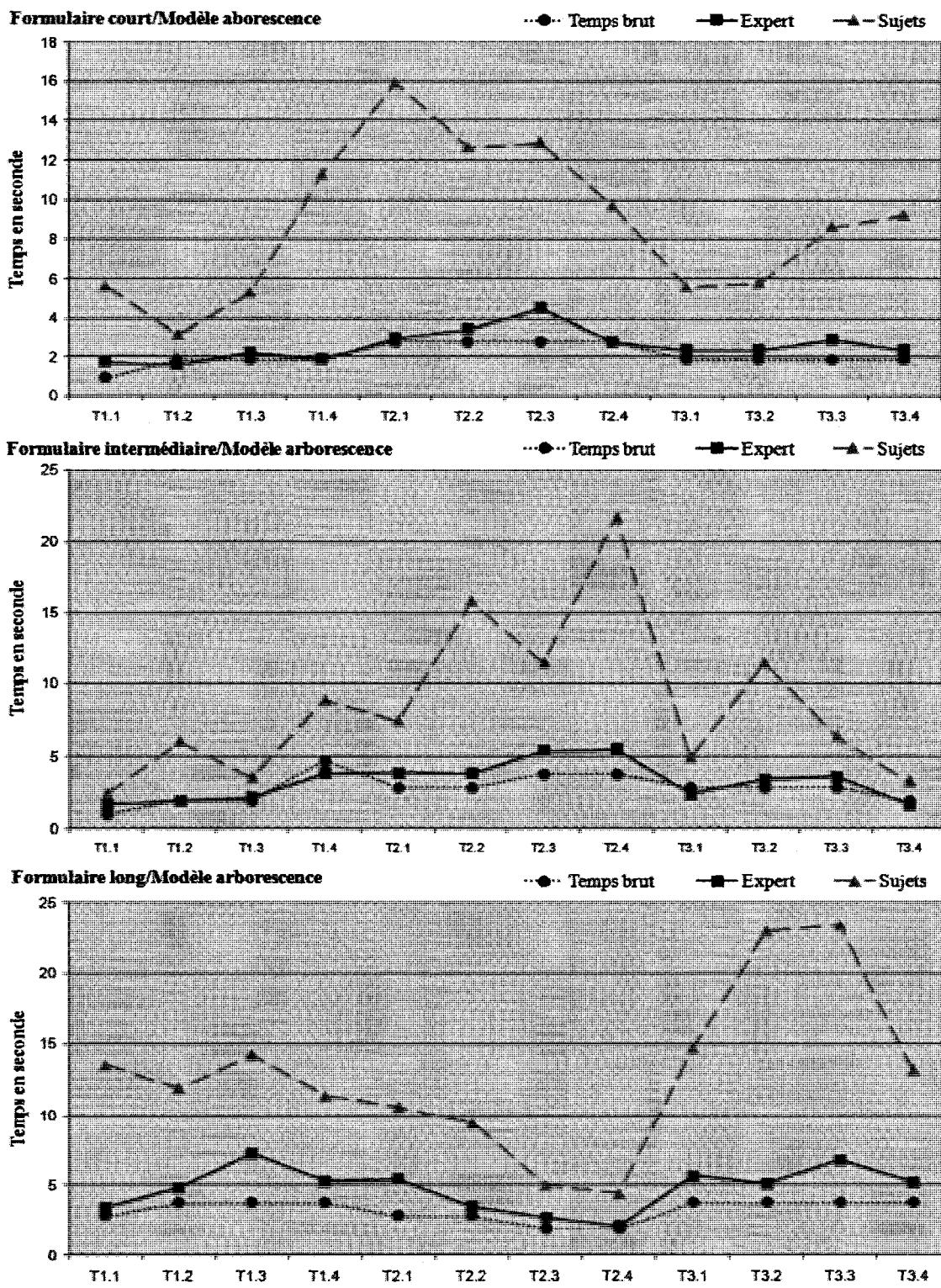


Figure 10.23 : Comparaison des temps par formulaire pour le modèle arborescence

En se basant sur les figures 10.21, 10.22 et 10.23, nous remarquons que les temps de l'expert et le temps brut se chevauchent et que leurs courbes sont lisses. Ceci s'explique par le fait que les trois modèles de présentation (menu, flip zooming et arborescence) n'influencent pas de façon considérable sur les temps et que l'expert utilise presque la même stratégie de navigation pour toutes les tâches. De plus, le temps de l'expert et le temps brut ne sont pas influencés par les niveaux (trois niveaux) mais plutôt par l'emplacement de la réponse dans la structure du formulaire. Le tableau 10.30 présente les temps moyens de l'expert, des sujets et du temps brut par modèle et par type de formulaire. Nous observons que l'expert est en moyenne plus rapide de 3.4 que les sujets. Par contre le temps brut est en moyenne plus rapide de 3.10 que les sujets. Nous constatons que le modèle flip zooming se classe deuxième avec l'expert et le temps brut.

Tableau 10.30 : Les temps moyens de l'expert, des sujets et du temps brut par modèle et par type de formulaire

Type du modèle	Type formulaire	Temps expert	Temps sujets	Temps brut
Barre de défilement	<i>Court</i>	5.09	16.61	71.00
	<i>Intermédiaire</i>	5.16	13.90	88.02
	<i>Long</i>	11.60	41.03	479.97
Menu	<i>Court</i>	4.60	14.81	4.08
	<i>Intermédiaire</i>	5.72	10.73	9.39
	<i>Long</i>	8.53	20.91	8.39
Arborescence	<i>Court</i>	2.56	8.83	2.08
	<i>Intermédiaire</i>	3.22	8.60	2.7
	<i>Long</i>	4.73	12.90	3.16
Flip zooming	<i>Court</i>	4.24	29.58	3.54
	<i>Intermédiaire</i>	5.05	16.16	6.24
	<i>Long</i>	7.40	37.86	5.39

10.3.2 Mesures qualitatives

Le tableau I.1 de l'annexe I présente la distribution des réponses des 36 sujets (recueillies via le questionnaire, voir annexe H) aux questions sur divers aspects des modèles de présentation, ainsi que la médiane (Med), la moyenne (Moy) et l'écart-type (É. type). La synthèse de ce tableau est illustrée à la figure 10.24 qui présente une évaluation subjective de chaque modèle de présentation selon des différents critères.

Le modèle arborescence est perçu comme étant le plus facile pour naviguer. Ceci s'explique par le fait que tous les sujets ont déjà manipulé la structure arborescence de Windows exploreur et se sentent très à l'aise avec ce modèle. Les modèle barre de défilement et flip zooming sont perçus comme étant les plus difficiles pour naviguer. Le modèle barre de défilement est perçu comme étant facile à apprendre. Par contre, le modèle flip zooming est perçu comme étant le plus difficile à apprendre puisque presque 75% des sujets déclarent avoir eu des difficultés à assimiler son principe.

Le modèle arborescence est perçu comme le plus intuitif puis vient le modèle barre de défilement. La logique est déjà connue et déjà utilisée dans nos manipulations de tous les jours. Finalement, le modèle arborescence est perçu comme étant le plus facile pour chercher l'information car il offre une meilleure vue d'ensemble alors que le plus difficile est le modèle barre de défilement. Le tableau 10.31 présente une synthèse de la satisfaction des sujets par modèle de présentation.

Tableau 10.31 : Satisfaction des sujets par modèle de présentation

Type de modèle	Points négatifs (⊖)	Points positifs (⊕)
<i>Barre de défilement</i>	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Plus difficile à naviguer ⊖ Plus difficile à chercher l'information ⊖ Moins rapide pour chercher l'information ⊖ Pas de vue d'ensemble ⊖ Ne convient pas au formulaire sur PDA 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plus facile à apprendre ⊕ Plus intuitif
<i>Menu</i>	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Moins intuitif 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plus facile à apprendre ⊕ Plus facile à naviguer ⊕ Plus facile pour chercher l'information ⊕ Plus rapide pour chercher l'information ⊕ Bonne vue d'ensemble ⊕ Convient au formulaire sur PDA
<i>Flip zooming</i>	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Plus difficile pour naviguer ⊖ Plus difficile à apprendre ⊖ Plus difficile pour chercher l'information ⊖ Moins intuitif ⊖ Moins rapide pour chercher l'information 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Bonne vue d'ensemble ⊕ Convient au formulaire sur PDA
<i>Arborescence</i>		<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Plus facile pour naviguer ⊕ Plus facile à apprendre ⊕ Plus intuitif ⊕ Plus facile pour chercher l'information ⊕ Plus rapide pour chercher l'information ⊕ Bonne vue d'ensemble ⊕ Convient au formulaire sur PDA

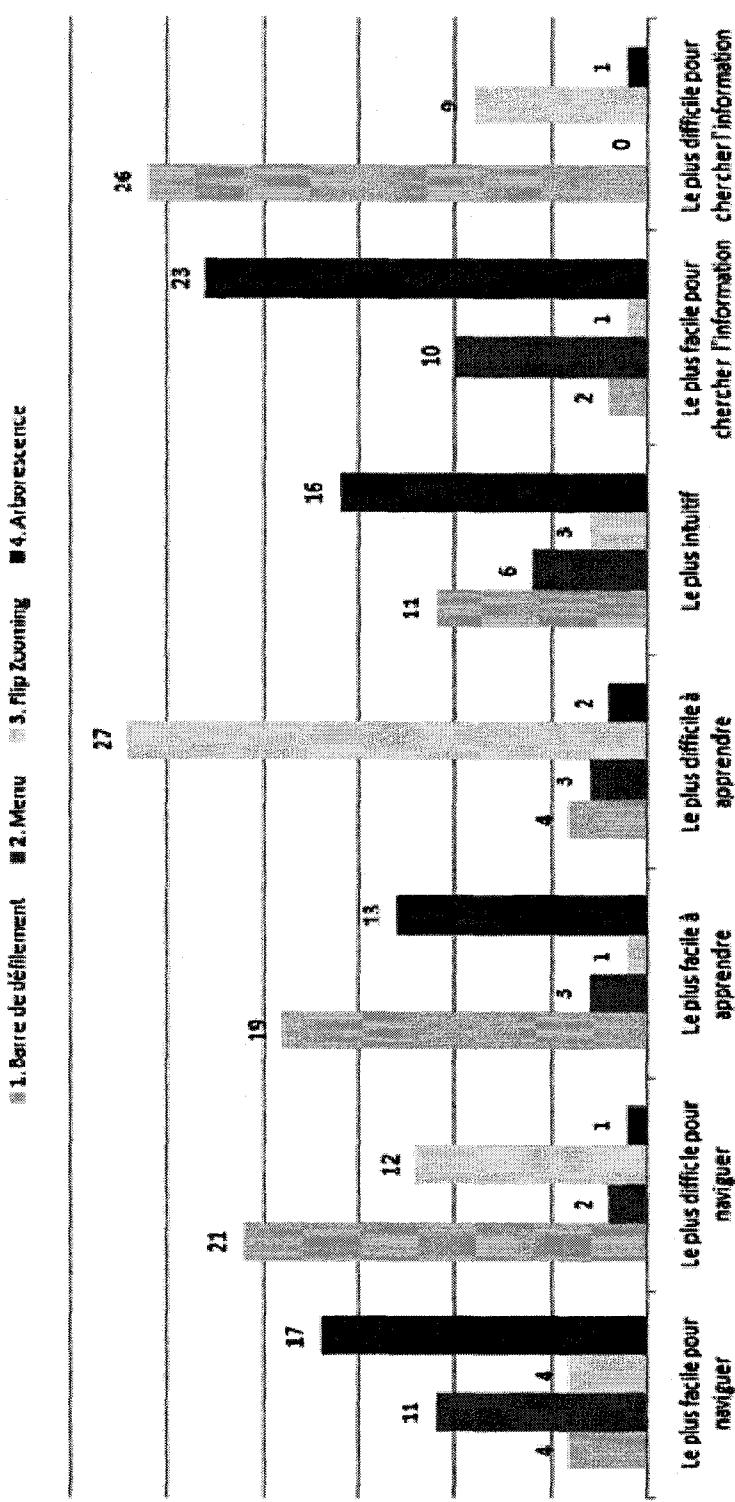


Figure 10.24 : Évaluation subjective des quatre modèles de présentation des formulaires selon différents critères

10.3.3 Observations

Nous avons observé le comportement des sujets durant l'expérience. Nous avons constaté que certains d'entre eux avaient du mal à assimiler la question et par conséquence à trouver la réponse. Certains tentaient de mémoriser la question avant de répondre, avec plus au moins de succès, alors que d'autres faisaient des allers-retours (vers l'affiche qui contient l'énoncé de la question). Certains avaient du mal à comprendre le sens de l'énoncé parce qu'ils avaient de la difficulté à comprendre le français, malgré le fait que nous leur présentions une affiche leur montrant le chemin à suivre pour trouver l'information. Certains sujets avaient du mal à trouver la réponse, même si celle-ci était devant eux à l'écran. Nous avons surtout remarqué cela pour les modèles flip zooming et barre de défilement, puisque ces deux modèles imposent une charge cognitive assez élevée comparativement aux deux autres (menu et arborescence).

Presque chaque sujet avait une stratégie pour naviguer à travers l'interface avec les différents modèles de présentation. Ceci est clair pour les modèles barre de défilement et flip zooming, puisqu'ils nécessitent une manipulation pour savoir à quel niveau on est dans la structure du formulaire, alors que pour les deux autres modèles, la structure est présentée directement à l'écran. Pour le modèle flip zooming, même si à un instant t, nous avons une vue d'ensemble de la structure du formulaire, il reste qu'il faut toujours cliquer sur le cadre pour connaître le nom de la section correspondante. Pour le modèle barre de défilement, nous avons observé trois différentes stratégies. La première

consistait à faire une série de clics sur la barre de défilement. La deuxième consistait à utiliser l'ascenseur de la barre de défilement. Le défilement se faisait alors assez rapidement, et le sujet essayait de scanner rapidement le contenu en espérant tomber sur la bonne réponse. Arrivé à la fin du formulaire, le sujet refaisait le même traitement, mais en diminuant la cadence de son déplacement, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait trouvé la réponse. La troisième stratégie consistait à rechercher de façon aléatoire. C'est pourquoi, pour les modèles barre de défilement et flip zooming, il y a eu beaucoup d'allers-retours entre les pages, alors que pour les modèles menu et arborescence, la recherche se faisait directement dans un seul sens. Il était rare qu'un sujet se trompe sur le chemin à suivre, puisque les noms des sections qui sont affichés dans l'arborescence ou les menus lui facilitaient la tâche de recherche.

10.3.4 Conclusion

Les mesures quantitatives et qualitatives que nous avons obtenues dans cette étude tendent vers les mêmes résultats. Le modèle arborescence est le plus apprécié et le plus rapide à la fois pour les formulaires court, intermédiaire et long. Par contre, le modèle flip zooming n'a pas corroboré notre hypothèse de départ, à savoir une supériorité relative aux autres modèles de présentation. Tout d'abord, le fait de cliquer à chaque fois sur le cadre pour afficher le nom de la section correspondante n'était pas apprécié par le sujet ce qui augmentait le temps de recherche. Par la suite, il y a eu le problème du retour en arrière dans la structure du flip zooming, lorsque le sujet se

trompait de section, et là encore, la plupart des sujets avaient du mal à savoir où ils se trouvaient dans le formulaire.

Nous présentons dans ce qui suit, une synthèse des principaux résultats obtenus pour chaque modèle de présentation de formulaire sur PDA :

- **Modèle barre de défilement**

- La performance de barre de défilement est statistiquement similaire à celles des modèles menu et flip zooming, tous types de formulaires confondus ;
- La performance de barre de défilement est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, tous types de formulaires confondus ;
- La performance relative du modèle barre de défilement diminue avec l'augmentation de la longueur du formulaire ;
- La performance du modèle barre de défilement est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, pour le formulaire court ;
- La performance du modèle barre de défilement est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, pour le formulaire intermédiaire ;
- La performance du modèle barre de défilement est statistiquement supérieure à celle du modèle flip zooming, pour le formulaire intermédiaire ;

- La performance du modèle barre de défilement est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle barre de défilement est statistiquement inférieure à celle du modèle menu, pour le formulaire long ;
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle barre de défilement est 1.17 fois plus rapide que le modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus.

- **Modèle menu**

- La performance du modèle menu est significativement inférieure à celle de l'arborescence, tous types de formulaires confondus ;
- La performance du modèle menu est significativement supérieure à celle du modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus ;
- La performance relative du modèle menu reste inchangée en passant du formulaire court au formulaire intermédiaire, mais augmente en passant au formulaire long ;
- La performance du modèle menu est statistiquement plus rapide que celle du modèle flip zooming, pour le formulaire court ;
- La performance du modèle menu est statistiquement similaire à celle du modèle barre de défilement, pour le formulaire court ;
- La performance du modèle menu est statistiquement supérieure à celle du modèle flip zooming, pour le formulaire intermédiaire ;

- La performance du modèle menu est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle menu est statistiquement supérieure à celle du modèle flip zooming, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle menu est statistiquement supérieure à celle du modèle barre de défilement, pour le formulaire long ;
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle menu est 1.54 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle menu est 1.80 fois plus rapide que le modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle menu est 1.16 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps bruts, le modèle menu est 29.23 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus.

- **Arborescence**

- La performance du modèle arborescence est significativement supérieure à celle des trois autres modèles de présentation, tous types de formulaires confondus ;

- La performance relative du modèle augmente avec l'augmentation de la longueur du formulaire ;
- La performance du modèle arborescence est statistiquement la plus rapide des quatre modèles, pour le formulaire court ;
- La performance du modèle arborescence est statistiquement supérieure à celles des modèles barre de défilement et flip zooming, pour le formulaire intermédiaire ;
- La performance du modèle arborescence est statistiquement similaire à celle du modèle menu, pour le formulaire intermédiaire ;
- La performance du modèle arborescence est statistiquement la plus rapide, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle arborescence est statistiquement plus rapide que celle du modèle flip zooming, pour tous les niveaux.
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle arborescence est 2.36 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle arborescence est 1.53 fois plus rapide que le modèle menu, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps des sujets, le modèle arborescence est 2.76 fois plus rapide que le modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus ;

- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle arborescence est 2.08 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle arborescence est 1.79 fois plus rapide que le modèle menu, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle arborescence est 1.59 fois plus rapide que le modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps bruts, le modèle arborescence est 80.48 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps bruts, le modèle arborescence est 2.75 fois plus rapide que le modèle menu, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps bruts, le modèle arborescence est 1.91 fois plus rapide que le modèle flip zooming, tous types de formulaires confondus.

- **Flip zooming**

- La performance du modèle flip zooming est significativement inférieure à celles des modèles menu et arborescence, tous types de formulaires confondus ;

- La performance relative du modèle ne dépend de la longueur du formulaire ;
- La performance du modèle flip zooming est statistiquement inférieure à celle du modèle menu, pour le formulaire court ;
- La performance du modèle du flip zooming est statistiquement inférieure à celles des autres modèles, pour le formulaire intermédiaire ;
- La performance du modèle du flip zooming est statistiquement inférieure à celle du modèle menu, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle du flip zooming est statistiquement inférieure à celle du modèle arborescence, pour le formulaire long ;
- La performance du modèle du flip zooming est statistiquement similaire à celle du modèle barre de défilement, pour le formulaire long.
- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle flip zooming est 1.31 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps de l'expert, le modèle flip zooming est 1.13 fois plus rapide que le modèle menu, tous types de formulaires confondus ;
- Selon les résultats des temps bruts, le modèle flip zooming est 42.12 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, tous types de formulaires confondus ;

- o Selon les résultats des temps bruts, le modèle flip zooming est 1.44 fois plus rapide que le modèle menu, tous types de formulaires confondus.

CHAPITRE 11 : CONCLUSION

Ce chapitre présente une synthèse des principaux résultats obtenus. Nous résumons brièvement ensuite les objectifs atteints et les contributions majeures de cette thèse à l'avancement des connaissances. Nous terminons en présentant quelques avenues de recherches qui semblent prometteuses pour améliorer la présentation de formulaires sur PDA.

11.1 Synthèse

Cette thèse a abordé le problème de la présentation de formulaires sur un écran de PDA. Nous avons conçu, développé et testé deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur PDA : flip zooming et arborescence et nous avons comparé leur performance en terme de temps de recherche d'information avec celle de deux modèles déjà existants : barre de défilement et menu; en fonction du niveau de longueur du formulaire utilisé à l'écran de PDA.

Les résultats obtenus confirment notre première hypothèse à savoir qu'il existe bien une relation entre le niveau de longueur du formulaire et la performance du modèle de présentation d'information à l'écran du PDA. Pour les modèles barre de défilement et menu, les résultats montrent que la performance diminue avec l'augmentation de la

longueur du formulaire, par contre, pour les deux nouveaux modèles de présentation, arborescence et flip zooming, seule la performance du modèle arborescence croît avec l'augmentation de la longueur du formulaire.

Si nous analysons les résultats des sujets, le modèle arborescence s'est avéré 2.4 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, 1.5 fois plus rapide que le modèle menu et 2.8 fois plus rapide que le modèle flip zooming. Le modèle flip zooming était le plus long par rapport à tous les modèles. Ce résultat ne reflète pas son vrai potentiel, puisque l'analyse du temps de l'expert a montré que ce modèle peut se classer parmi les deux premiers. De plus, les deux nouveaux modèles étaient bien appréciés par les sujets.

Par contre, si nous analysons les temps de l'expert, le modèle arborescence s'est avéré 2.08 fois plus rapide que le modèle barre de défilement, 1.79 fois plus rapide que le modèle menu et 1.59 fois plus rapide que le modèle flip zooming. Ce dernier se classe deuxième, puisqu'il est 1.3 fois plus rapide que le modèle barre de défilement et 1.12 fois plus rapide que le modèle menu.

Le modèle arborescence a séduit tous les sujets en termes de rapidité de recherche et de navigation, sa vue d'ensemble et sa facilité d'utilisation. Même si les temps du flip zooming n'ont pas été à la hauteur de nos attentes, les sujets l'ont bien apprécié, comparativement au modèle barre de défilement où tous les sujets étaient unanimes sur son incompatibilité avec les formulaires sur PDA.

11.2 Lignes directrices pour la conception de formulaires sur PDA

À partir de l'expérience acquise lors du développement des quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA, des résultats obtenus, des observations recueillies et des résultats de la revue de littérature, il nous a été possible d'élaborer des lignes directrices pour la conception de formulaires sur PDA Ces lignes directrices se résument ainsi :

- Identifier le genre de formulaire dont l'utilisateur aura besoin : embarqué ou en ligne. Le choix de l'un ou de l'autre peut influencer de façon considérable l'approche que le concepteur et le développeur vont devoir prendre pour définir l'information qu'il faut présenter dans le formulaire et de quelle manière. La quantité d'informations qu'un formulaire en ligne va contenir peut grandement affecter le temps de transfert de ce dernier sur le réseau de télécommunication.
- Présenter les parties du formulaire (sections, composantes) qui sont fréquemment sollicitées dès le début si cela est possible afin d'accélérer la recherche d'information et la saisie de données.
- Pour optimiser l'utilisation de l'espace sur l'écran du PDA, ne pas appliquer aveuglement la règle d'alignement fournies par ISO9241 (ISO, 1998); toujours aligner les libellés à gauche et si l'espace le permet, d'afficher deux composantes sur la même ligne. Pour nos 12 interfaces, nous avons appliqué cette règle et nous n'avons eu aucun commentaire négatif de la part des sujets.

- Intégrer les libellés dans les champs de texte afin de maximiser l'utilisation de l'espace sur l'écran. Après avoir tapé le texte dans le champ de saisie, si l'utilisateur a besoin de connaître le nom du libellé du champ de texte, il lui suffira de cliquer sur le champ de texte et une info-bulle montrera le libellé.
- Remplacer partout où c'est possible la saisie de texte par des listes déroulantes d'options déjà définies. Le but est d'éviter au maximum d'avoir recours au clavier virtuel ou physique afin d'accélérer la saisie via le stylet. Comme il est difficile de prévoir d'avance toutes les réponses ou les commentaires, il est possible de programmer la liste déroulante pour qu'elle puisse sauvegarder des données saisies en vue d'une utilisation future.
- Prévoir un outil de reconnaissance d'écriture pour faciliter la saisie lors du mouvement n'est pas toujours conseillé puisque la reconnaissance peut être perturbée avec le mouvement brusque de l'utilisateur. Par contre, il est possible d'intégrer à chaque champ de texte un bouton qui permettra d'afficher une zone de dessin où l'utilisateur pourra dessiner à main levée. Ceci permettra la sauvegarde des données sans avoir besoin d'un système reconnaissance de l'écriture de l'utilisateur. Par la suite, l'utilisateur pourra revenir pour taper ce qu'il a écrit, en utilisant le clavier tout en lisant le contenu de la zone de dessin.
- Choisir le modèle de présentation d'information sur le PDA en fonction de la longueur du formulaire. Si le formulaire est long (c.-à-d.lent), utiliser le modèle arborescence, par contre, si le formulaire est considéré court, il est possible

d'utiliser aussi le modèle barre de défilement. Le modèle arborescence convient à tous les types de formulaire.

- Prévoir un outil qui reconnaît certains mouvements du stylet à l'écran, afin d'accéder plus rapidement aux sections du formulaire. L'idée est d'associer un mouvement simple du stylet à chaque section pour accélérer la navigation à travers les différents niveaux du formulaire ou même activer des commandes via un simple geste du stylet à l'écran.
- Bien analyser la pertinence d'utiliser un système de reconnaissance de la voix, car les données saisies dans un formulaire peuvent être confidentielles, personnelles ou sensibles (ex.: lors d'une inspection). Par contre, la reconnaissance de la voix peut être exploitée pour accéder à des sections ou sous-sections du formulaire.
- Prévoir la création d'un tableau de bord lors de la conception du formulaire. Ce dernier va permettre d'informer en tout temps sur :
 - le taux de remplissage du formulaire;
 - les composantes obligatoires;
 - les sections qui ont déjà été visitées;
 - les alertes lors de la réception d'informations soit à partir du système d'information ou via les appareils de mesures qui sont intégrés au PDA ou qui communiquent via les technologies sans fil (ex. : Bluetooth, etc.);

- Prévoir une fonction d'historique qui permet de mémoriser toutes les sections que l'utilisateur a visitées et toutes les données qu'il a saisies. Ceci va accélérer la correction lorsque l'utilisateur veut revenir sur une donnée qu'il a saisie ou retracer les sections qu'il a déjà visitées.

11.3 Contributions

Cette thèse contribue à l'avancement des connaissances sur quatre points :

- Elle fournit des résultats empiriques sur l'environnement de travail, la tâche, les besoins et les attentes des inspecteurs par rapport à l'utilisation des formulaires sur PDA;
- Elle a permis de concevoir et de développer deux nouveaux modèles de présentation de formulaires sur des PDAs;
- Elle donne un estimé des coefficients « a » et « b » de la loi de Fitts pour le temps de déplacement d'un stylet à l'écran d'un PDA et elle donne le temps de déplacement du stylet entre deux points en fonction de l'orientation de l'écran (portrait ou paysage) et de la taille de l'écran;
- Elle fournit des résultats expérimentaux sur la performance de quatre modèles de présentation de formulaires sur PDA en fonction de la longueur du formulaire et sur la satisfaction des sujets à l'égard de chaque modèle.

De façon pratique, cette thèse a permis de définir plusieurs lignes directrices pour la conception ergonomique de formulaires sur l'écran d'un PDA. Enfin, sur le plan informatique, cette thèse a mené d'une part à la conception d'une architecture logicielle en couches, génériques et réutilisables permettant la création des 12 interfaces (quatre modèles de présentation × trois types de formulaires) et d'autre part à la conception et le développement d'un système qui a intégré les 12 interfaces développées et qui a permis de gérer toute la phase d'évaluation de nos interfaces. Sans oublier l'adaptation et la conception et le développement de deux nouveaux modèles de présentation de formulaire sur PDA.

11.4 Futures avenues de recherche

Pour améliorer la conception de formulaires sur PDA, plusieurs avenues de recherche s'offrent à nous que ce soit pour la présentation d'informations, l'interaction ou la saisie de données. Il est cependant clair que la taille de l'écran demeure l'obstacle crucial à surmonter pour présenter des quantités importantes d'informations (telles que les formulaires, les bases de données, etc.), pour garantir une vue d'ensemble du contenu et pour améliorer la navigation et la recherche d'informations.

Dans cette optique, nous sommes persuadés qu'il existe encore une bonne marge d'amélioration de la présentation d'informations sur des écrans de petite taille. C'est bien d'avoir des règles, des techniques et des outils de présentation d'informations, mais il faut en premier lieu se poser la question suivante : vaut-il la peine d'adapter un

formulaire ou une application sur un PDA ? Manipuler un formulaire de 30 pages sur un écran de PDA nous semble malcommode. Il existe ainsi une limite à ne pas dépasser.

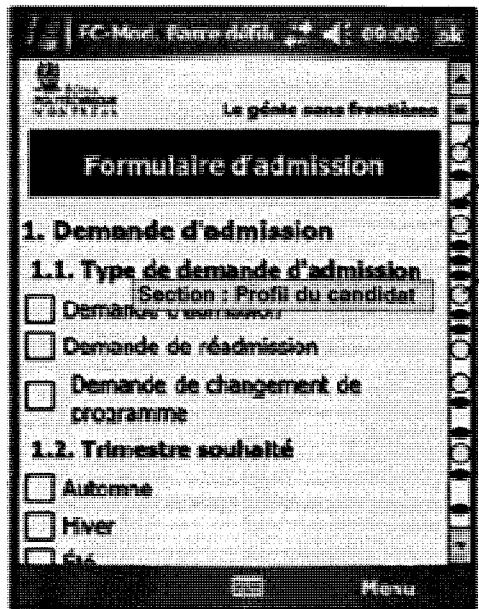
11.4.1 Amélioration des modèles de présentation existants

11.4.1.1 Modèle barre de défilement

Il est possible d'améliorer le modèle barre de défilement pour accélérer la recherche et la navigation à travers l'interface du formulaire indépendamment de sa longueur. Même si ce modèle offre une vue d'ensemble du contenu, l'accès aux sections ne se fait pas de façon aussi rapide et intuitive qu'avec les trois autres modèles (arborescence, flip zooming et menu).

Nous proposons d'améliorer ainsi la barre de défilement en ajoutant une nouvelle fonctionnalité qui va permettre de naviguer section par section. Comme le montre la figure 11.1, l'idée est d'ajouter dans la barre de défilement des points qui indiquent l'emplacement de chaque section ou sous-section. Les points peuvent être colorés différemment pour distinguer les sections et les sous-sections.

L'utilisateur n'a qu'à pointer avec son stylet pour que le système lui affiche une info-bulle lui indiquant le nom de la section correspondant au point. Pour y accéder, il lui suffit de faire un double clic sur le point et le système va afficher la section à l'écran.



Forme d'une section

Forme d'une sous-section

Si l'utilisateur pointe avec son stylet sur la forme d'une section, une info-bulle apparaîtra pour le nom de la section. Pour y accéder directement, il suffit qu'il fasse un double clic sur la forme

Figure 11.1 : Amélioration du modèle barre de défilement

11.4.1.2 Modèle menu

Le modèle menu peut aussi être amélioré. L'idée est d'exploiter certaines caractéristiques du modèle flip zooming. Avec le modèle menu, il y a de l'espace-écran non utilisé comme le montre la figure 11.2-a. Nous prévoyons utiliser cet espace pour afficher l'image du contenu de la section (voir figure 11.2-b) comme dans le modèle flip zooming. Cela va aider les utilisateurs à connaître le contenu de la section ou de la sous-section sans y accéder. Des améliorations sont aussi à apporter dans l'affichage des menus et des sous-menus. Comme le montre la figure 11.2-b, lorsqu'un sous-menu s'affiche, il cache aussitôt le menu principal, ce qui rend la tâche du retour un peu laborieuse et l'utilisateur est obligé de fermer les menus et de cliquer de nouveau pour afficher le menu principal. Une solution envisagée est d'utiliser le concept de

transparence, afin de voir derrière chaque partie du menu qui s'affiche ou de pouvoir déplacer les menus et les sous-menus.

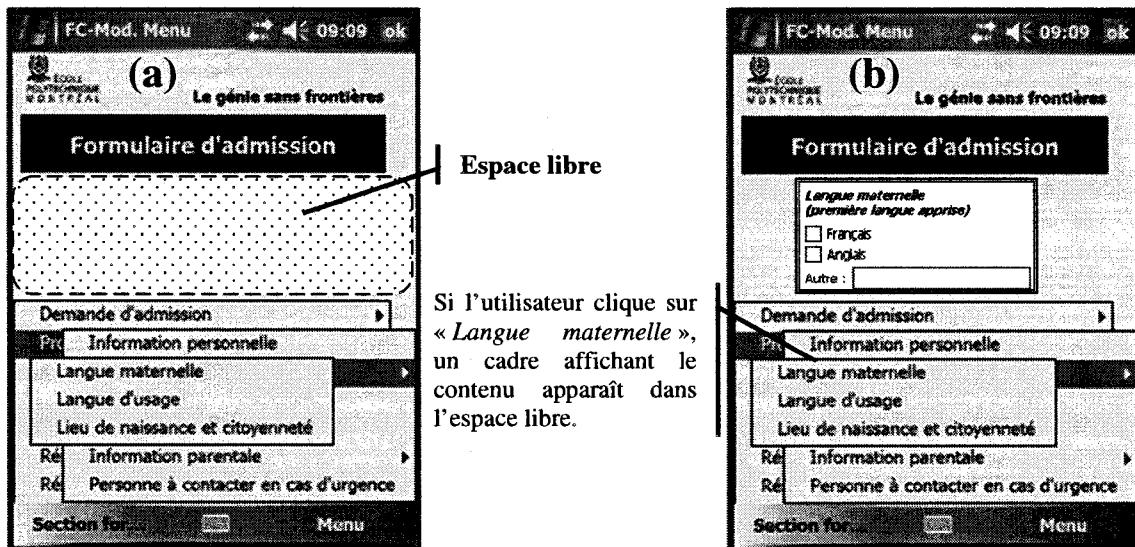


Figure 11.2 : Amélioration du modèle menu

11.4.1.3. Modèle flip zooming

Malgré les résultats décevants du modèle flip zooming, il est raisonnable de penser qu'au fur et à mesure que l'utilisateur va se familiariser avec ce modèle, le temps de recherche s'améliora. Pour cela, nous prévoyons effectuer une nouvelle étude pour évaluer la rapidité d'apprentissage et l'amélioration des temps de recherche. Dans notre étude expérimentale, les sujets étaient déjà habitués aux principes des techniques présentation tel que la barre de défilement, le menu et l'arborescence, puisque ces techniques sont déjà employées dans des applications que nous utilisons tous les jours alors que le principe du modèle flip zooming était nouveau pour eux, même s'il existe dans la nouvelle interface du système d'exploitation Vista de Microsoft®.

11.4.2 Mesure de longueur des formulaires

Nous avons mesuré la longueur des formulaires en additionnant le nombre de sections et le nombre de composantes. Les résultats de notre étude expérimentale sur la performance des modèles de présentation ont montré que cette mesure ne reflète pas correctement la réelle longueur d'un formulaire. En effet, les temps moyen des sujets avec le formulaire court sont plus lents que ceux du formulaire intermédiaire. Ainsi, il s'avère que le formulaire dit court, que nous avons utilisé, est en réalité plus long que le formulaire intermédiaire. Cette différence découle du fait que les descriptions des sections et des sous-sections, ainsi que les noms des libellés du formulaire court sont plus longs que ceux du formulaire intermédiaire ce qui a occasionné plus de temps de lecture.

Etant donnée l'importance de cette mesure dans le choix des modèles de présentation de formulaire sur PDA, nous envisageons de mettre au point une méthode de mesure de la longueur de formulaire qui prend en compte tous les facteurs qui interviennent dans la longueur du formulaire (voir figure 6.2).

11.4.3 Développement d'un générateur de formulaire sur PDA

À partir des résultats obtenus, nous prévoyons concevoir et développer un générateur de formulaire pour PDA. L'utilisateur va interagir avec le générateur pour saisir le contenu de son formulaire (sections, composantes, libellés, etc.), le système va

les analyser afin de définir la complexité du formulaire, en fonction du résultat, il va suggérer à l'utilisateur le modèle de présentation le plus adéquat et finalement, le système va générer le formulaire en fonction du choix de l'utilisateur. Nous pensons aussi à créer de nouvelles règles d'optimisation de l'utilisation de l'espace-écran et d'améliorer l'affichage des composantes. Toutes ces idées nous paraissent de bonnes trouvailles et comme le dit si bien mon père : « *des chercheurs qui cherchent, on trouve, mais des chercheurs qui trouvent, on cherche* ». Je souhaite faire partie de ces chercheurs qui trouvent.

BIBLIOGRAPHIE

- Abele, D. (2001). *Programmation de dispositifs électroniques à faibles ressources de calcul et J2ME*. Rapport de mémoire en vue de l'obtention du diplôme postgrade en informatique et organisation, Université de Lausanne.
- Abowd, G., & Mynatt, E. (2000). Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7, pp. 513-535.
- Al Faraj, K., Vigouroux, N., & Mojahid, M. (2008). Seven-Segment Input 7SI : Évaluation expérimentale dans des situations dégradées de mobilité. *IHM'08*, (pp. 107-110). Metz, France.
- Anquetil, E., & Bouterche, F. (2004). Conception d'un micro éditeur d'encre électronique et embarquement d'un système de reconnaissance d'écriture manuscrite sur téléphone mobile. *Actes des premières journées francophones : mobilité et ubiquité*, (pp. 151-157). Nice, France.
- Baffoun, S. (2001). *Modèle et système d'aide pour l'attribution de ressources financières à des activités de formation continue : volet interface utilisateur*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada.
- Baffoun, S., & Robert, J.-M. (2006). Enjeux et défis de la conception des interfaces pour les assistants numériques personnels. *Ergo'IA 2006 - L'humain comme facteur de performance des systèmes complexes* (pp. 297-300). Bidart, Biarritz, France: ESTIA.INNOVATION.

- Baffoun, S., & Robert, J.-M. (2006). État de l'art des techniques de présentation d'information sur écran d'assistant numérique personnel. *Actes de la conférence IHM'06* (pp. 27-34). Montréal, Canada: ACM Press.
- Baffoun, S., & Robert, J.-M. (2008). Étude empirique de formulaires en vue de leur utilisation sur des assistants numériques personnels. *20ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, (pp. 103-106). Metz, France.
- Bahloul, K. (2003). *Mobilité et Wireless : quels enjeux technologiques et stratégiques pour les entreprises ?* Un livre blanc, IDC France.
- Bakmezjian, J., & Mauclerc, A. (2004). *Programmation mobile avec C#.Net - Pocket PC, Smartphone et Tablet PC*. DUNOD.
- Bastien, J., Leulier, C., & Scapin, D. (1998). *L'ergonomie des sites web*. (I. J.-C. Hidoine, Éd.) Paris: Créer et maintenir un service Web.
- Baudisch, & Rosenthalz. (2003). Halo: A Technique For Visualizing Off-Screen Locations. *In Proceedings of CHI 2003* , pp. 481-488.
- Baudisch, Lee, & Hanna. (2004b). Fishnet, a Fisheye Web Browser With Search Term Popouts: A Comparative Evaluation With Overview And Linear View. *Proceedings of AVI 2004* , 133-140.
- Baudisch, P., Xie, X., Wang, C., & Ma, W. (2004a). Collapse-to-Zoom: Viewing Web Pages on Small Screen Devices by Interactively Removing Irrelevant Content. *Proc., ACM UIST'2004* , 4.
- Bederson, B., & Clamage, A. (2004). DateLens : A Fisheye Calendar Interface For PDAs. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* , 11 (1), 90-119.

- Bederson, B., & Hollan, J. (1994). Pad++ : A Zooming Graphical Interface For Exploring Alternate Interface Physics. *Proc., ACM UIST'94*, (pp. 17-26).
- Bederson, B., Meyer, J., & Good, L. (2000). Jazz: An Extensible Zoomable User Interface Graphics Toolkit In Java. *UIST'2000, ACM Symposium on User Interface Software and Technology, CHI Letters*, 2, pp. 171-180.
- Belatar, M., & Poirier, F. (2007). Glyph2PPC : a reduced onscreen keyboard for text input on PDA. *In Proceeding of HuMaN07*, (p. 2). Timimoun, Algeria.
- Belatar, M., & Poirier, F. (2008). HandiGlyph : une méthode de saisie de texte sur dispositifs mobiles pour personnes handicapées. *IHM'08*, (pp. 81-84). Metz, France.
- Belatar, M., & Poirier, F. (2007). UniGlyph : une méthode universelle pour la saisie de texte sur diispotifs mobiles. *19ème Conférence francophone sur l'interaction Homme-Machine*, (p. 8). Paris, Framce.
- Bergman, E. (2000). *Information appliances and beyond - Interaction design for consumer products*. (M. Kaufmann, Éd.)
- Bernard, M., Chaparro, B., & Thomasson, R. (2000). Finding Information On The Web: Does The Amount Of Whitespaces Really Matter ? *Usability News* .
- Björk, S., & Redström, J. (1999a). An Alternative To Scrollbars On Small Screens. *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems, ACM*, (pp. 316-317). Pittsburgh, Pennsylvania.
- Björk, S., Bretan, I., Danielsson, R., & Karlgren, J. (1999b). WEST : A Web Browser For small Terminals. *Proc., ACM UIST'99*, (pp. 187-196).

- Björk, S., Holmquist, L., Ljungstrand, P., & Redstrom, J. (2000). PowerView: Structured Access to Integrated Information On Small Screens. In *Ext. Abstracts of CHI'2000, ACM Press*, pp. 265-266.
- Buchanan, G., Jones, S., Thimbleby, H., Marsden, G., & Pazzani, M. (2001). Improving Mobile Internet Usability. *Proc. 10th Internet, WWW Conf.* (pp. 673-680). New York: ACM Press.
- Calvary, G. (2002). Plasticité des interfaces : une nécessité ! *Information-Interaction-Intelligence, Actes des deuxièmes Assises nationales du GDR I3*, (pp. 247-261). Editions, Cépaduès.
- Canals, G., Nigay, L., & Pucheral, P. (2002). Mobilité : accès aux données et interaction homme-machine. *Assises Nationales du GDR I3, Information-Interaction-Intelligent*, (pp. 119-139).
- Card, S., Moran, T., & Newell, A. (1983). *The psychology of human computer interaction*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Castonguay, R. (2002). *Le défi des formulaires – dans un contexte de prestation électronique de services.* Récupéré sur <http://www.webmaestro.gouv.qc.ca/ress/Webeduc/2002juin/RCastonguay.ppt>
- CESMO. (2004). *Les applications de mobilité en entreprises*. France: CESMO Consulting.
- Chaari, T. (2003). *Étude de l'adaptabilité de XML pour des interfaces utilisateurs multi-terminaux – le projet SEFAGI*. Lyon: Mémoire de DEA, Institut National des sciences appliquées de Lyon.

- Chi, E., & Riedl, J. (1998). An Operator Interaction Framework For Visualization Systems. *Actes de la conférence InfoVis '98, Research Triangle Par*, (pp. 63-70). USA.
- Delotte, O. (2002). *Étude des protocoles XML pour la plasticité des interfaces Homme Machine*. Mémoire de DEA, INSA, ICTT, Lyon, France.
- eTForecasts. (2005). *Rapport d'eTforecasts*. Récupéré sur <http://www.etforecasts.com/>
- Fishkin, K., Moran, T., & Harrison, B. (1998). Embodied user interface : towards invisible user interfaces. *Proc. EHCI'98* (p. 16). Kluwer Academic Publishers.
- Fitts, P. (1954). The Information Capacity Of The Human Motor System In Controlling The Amplitude Of Movement. *Journal of experimental psychology* , 47 (6), 381-391.
- Friceau, B. (2001). *La visualisation des espaces d'informations*. Centre Universitaire d'enseignement du journalisme de Strasbourg. Strasbourg, France: Multimédia de l'information.
- Frishkopf, L., & Harmon, L. (1961). Machine reading of cursive script. Dans I. C. Cherry (Éd.), *Information Rheory (4 th London Symp.)* (pp. 300-316). London, England: Butterworths.
- Furnas, G. (1986). Generalized Fisheye Views. *Published in Human Factors in Computing Systems CHI'86*, (pp. 16-23).
- Goldberg, D., & Richardson, C. (1993). Touch-Typing With A Stylus. *Proceeding of the INTERCHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 80-87). New York: ACM.
- Gustafson, S., Baudisch, P., Gutwin, C., & Irani, P. (2008). Wedge : clutter-free visualisation of off-screen locations. *CHI'02*, (p. 10). Florence, Italy.

Gutwin, C., & Fedak, C. (2004). Interacting with Big Interfaces on Small Screens: A Comparison of Fisheye, Zoom, and Panning Techniques. *Proceedings of Graphics Interfaces 2004*, (pp. 145-152). London, Ontario.

Healey, N. (2000). The EPOC User Interface In The Psion Series 5. Dans E. Bergman (Éd.). *Information Appliances and Beyond*.

Heilig, M. (1992). Enter the experiential revolution . *Proceeding of Cyberarts Conference*, (pp. 292-305). Pasadena.

Immler, C., & Salomon, N. (2000). *Palm*. Édition Micro Application.

Immler, C., Kreinacke, M., & Spallek, A. (2000). *Internet - WAP*. Micro Application.

ISO. (1998). *ISO9241- Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV)*. Norme Internationale ISO, Partie 17, Dialogues de type remplissage de formulaires.

Jones, M., Buchanan, G., & Thimbleby, H. (2002). Sorting Out Searching On Small Screen Devices. *Proceedings of the 4th International Symposium on Mobile HCI* (pp. 81-94). Pisa, Italie: In Paterno, F.

Jones, M., Marsden, G., Mohd-Nasir, N., Boone, K., & Buchanan, G. (1999). Improving Web Interaction on Small Display. *Int. J. of Comp. and Telecom. Network* , 31, 1129-1137.

Jul, S., & Elson, S. (1998). Critical zones in desert fog : Aids to multiscale navigation. *In UIST'98*, (p. p).

Kaljuvee, O., Buyukkokten, O., Molina, H., & Paepcke, A. (2001). Efficient Web Form Entry On PDAs. *Proc., ACM WWW10*, (pp. 663-672). Hong Kong.

- Kamba, T., Elson, S., Harpold, T., Stamper, T., & Sukaviriya, P. (1996). Using Small Screen Space More Efficiently. *Proc., ACM CHI'96, Vancouver, Canada* (p. 7). Boston: ACM Press.
- Kölsch, M., & Turk, M. (2002). Keyboards Without Keyboards: A Survey Of Virtual Keyboards. *UCSB Technical Report 2002-21, University of California*. Santa Barbara,.
- Laarni, J. (2002). Searching For Optimal Methods Of Presenting Dynamic Text on Different Types of Screens. *Proc., ACM CHI'2002*, (pp. 219-222).
- Lamping, J., Rao, R., & Pirolli, P. (1995). A Focus+Context Technique Based On Hyperbolic Geometry For Visualizing Large Hierarchies. *In Proceeding of Human Factors in Computing Systems, ACM CHI'95*, (pp. 401-408).
- Leblanc, G. (2002). *C# et .Net*. Eyrolles.
- Lesher, G., & Moutton, B. (2000). A Method For Optimising Single-Finger Keyboards. *Proceeding of the RESNA 2000*.
- Leung, Y., & Apperley, M. (1994). A Review And Taxonomy of Distortion-Oriented Presentation Techniques. *Journal ACM Transaction on Computer-Human Interaction , 1* (2), 126-160.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archive of Psychology , 140*, 1-55.
- Malacria, S., & Lecolinet, E. (2008). Espace de caractérisation du stylo numérique. *IHM'08*, (pp. 177-184). Metz, France.
- Matias, E., Mackenzie, I., & Buxton, W. (1996). One-handed touch typing on a QWERTY keyboard. *Human-Computer Interaction , 11* (1), pp. 1-27.

- Mayhew, D. (1992). *Principles And Guidelines In Software User Interface Design.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Mckillup, S. (2006). *Statistics explained : an introductory guide for life scientists.* (C. U. Press, Éd.) Illustrated.
- Millerand, F., & Martial, O. (2001). *Guide pratique de conception et d'évaluation ergonomique de sites Web.* Centre de recherche informatique de Montréal, Montréal.
- Mohageg, M., & Wagner, A. (2000). Design Considerations For Information Appliances. *Information appliances and beyond.*
- Myers, B. (1995). User Interface Software Tools. *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 2 (1), pp. 64-103.
- Nassah, F. (2002). *Mobilité et Wireless – Quelle approche et stratégie des entreprises ?* Livre blanc IDC France.
- Nigay, L., & Coutaz, J. (1996). Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. (Hermès, Éd.) *Technique et sciences informatiques*, 15, pp. 1195-1225.
- Nogier, J. *Ergonomie du logiciel et design web.* (2, Éd.) Paris: Dunod – 01 Informatique.
- Ortelli, R. (2003). *Styles d'interaction dans les PocketPC : analyses et comparaisons.* Université de Genève - Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Genève.
- Perlin, K. (1998). QuickWriting : Continuous Srtylus-Based Text Entry. *Proc. of the 11th ACM Symposium on User Interface Software and Technology.*
- Perlin, K., & Fox, D. (1993). Pad : an alternative approach to the computer interface. *In Proceeding of 1993 ACM SIGGRAPH Conference*, (pp. 57-64).

- Pierre, S. (2003). *Réseaux et systèmes informatiques mobiles: Fondements, Architectures et Applications*. Montréal: Presses Internationales Polytechnique (PIP).
- Plouznikoff, N. (2008). *Interface diffuse : conception, développement et évaluation d'un nouveau paradigme d'interaction Humain-Ordinateur porté*. Thèse de doctorat, École Polytechnique, Montréal, Canada.
- Poirier, F., & Belatar, M. (2006). Évaluation d'analogies scripturales pour la conception d'une méthode de saisie en mobilité - Uni-Glyph. In *proceeding of Ergo'IA 06*, (pp. 333-336). Biarritz, France.
- Poirier, F., & Schadle, I. (2004). État de l'art des méthodes de saisie de données sur dispositifs nomades. Typologie des approches. *IHM 2004*, (p. 8). Namur, Belgique.
- Poirier, F., & Schadle, I. (2005). Interfaces réduites pour l'entrée de texte - État de l'art et présentation du communicateur Sibylle pour l'aide à l'écriture de personnes handicapées. *Revue de l'interaction homme-machine*, 6 (2), 63-89.
- Pook, S., Lecolinet, E., Vaysseix, G., & Barillot, E. (2000). Des aides transparentes de navigation et un nouveau type de menu pour les interfaces zoomables. *Actes d'ERGO-IHM'00*, (pp. 170-177). Biarritz, France.
- Potter, R., Weldon, L., & Schneiderman, B. (1988). Improving the accuracy of touch screens: an experimental evaluation of three strategies. *Proc. CHI'88*, (pp. 27-32).
- Rao, R., & Card, S. (1994). The table Lens :Merging Graphical And Symbolic Representations In As Interactive Focus+Context Visualization For Tabular Information. *Proc., ACM CHI'94*, (pp. 318-322).

- Raynal, M., & Truillet, P. (2006). Le clavier FishEye. *Proceedings of the 18th International Conference of the Association Francophone d'interaction Homme-Machine. 133*, pp. 289-290. Montréal, Canada: ACM International Conference Proceeding Series.
- Robertson, G., & Mackinlay, J. (1993). The Document Lens. *Proc. ACM UIST'93*, (pp. 101-108).
- Safin, S., Juchmes, R., & Leclercq, P. (2008). Du crayon au stylo numérique : influence des interprétations numériques sur l'activité graphique en tâches de conception. *IHM'08*, (pp. 191-198). Metz, France.
- Sarkar, M., & Brown, M. (1992). Graphical Fisheye Views Of Graphs. *Proc., ACM CHI'92*, (pp. 83-91).
- Saulnier, A. (2005). La perception du mouvement dans les systèmes de visualisation d'informations. *IHM'05*, (pp. 185-192). Toulouse, France.
- Schneiderman, B. (1998). *Designing The User Interface: Strategies For Effective Human-Computer*. (Addison-Wesley, Éd.) Interaction.
- Schneiderman, B. (1996). The Eyes Have It : A Task By Data Taxonomy For Information Visualization. *Actes de la conférence Visual Language'96*, (pp. 336-343). Boulder, USA.
- SCTQ. (2001). *Les formulaires électroniques et les téléprocédures dans l'administration publique québécoise*. Secrétariat du Conseil du Trésor Québec. Inforoute gouvernementale.
- Sears, A., & Schneiderman, B. (1991). High precision touch-screens : design strategies and comparisons with a mouse. *Int. J. Man-Mach. Stud.* , 34 (4), 593-613.

- Smith, D., Irby, C., Kimball, R., Verplank, W., & Harslem, E. (1982). Designing the Star User Interface. Dans *Perspectives on the computer revolution* (pp. 261-283). Norwood, NJ, USA: Ablex Publishing Corp.
- Snoddy, G. (1926). Learning and stability. *Journal of Applied Psychology*, 10, 1-36.
- Spence, R., & Apperley, M. (1982). Data Base Navigation : an office environment for the professional. *Behaviour & Information Technology*, 1 (1), pp. 43-54.
- Spool, J., Scanlon, T., Schroeder, W., Synder, C., & Deangelo, T. (1997). Web Site Usability: A Designer's Guide. *User Interface Engineering*.
- Teck, F. (2003). *Adaptive User Interfaces For Small Mobile Devices*. Récupéré sur <http://lumumba.luc.ac.be/~mieke/Papers/TermPaperFinal.doc>
- Thevenin, D. (2001). *Adaptation en interaction homme-machine : le cas de la plasticité*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- Tullis, T. (1997). Screen Design. Dans T. L. In M.G. Helander (Éd.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (éd. 2, pp. 503-531). North-Holland.
- Uguen, G., & Poirier, F. (2004). Variations pour une nouvelle méthode de saisie de données : Glyph. *Rencontres jeune chercheurs en interaction Homme-Machine*, (p. 4). Lacanau.
- Venolia, D., & Neiberg, F. (1994). T-Cube : A Fast, Self-disclosing Pen-Based Alphabet. *Proceedings on Human Factors in Computing System : Celebrating interdependence* (pp. 265-270). ACM Press.
- Vernier & Nigay. (2000). Espace de conception pour les interfaces multimodales. In *proceedings of Colloque sur la MultiModalité*, (pp. 35-39). Grenoble, France.

- Vernier, F. (2001). *La multimodalité en sortie et son application à la visualisation de grandes quantités d'information*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- Vidal, B. (2001). *Applications mobiles avec Oracles : Bases de données embarquées, applications pour PDA et téléphones mobiles, portails multicanaux*. Eyrolles.
- Vogel, D., & Baudisch, P. (2007). Shift : a technique for operating pen-based interface using touch. *CHI'07*, (p. 10). San Jose, California, USA.
- Ward, D. (2001). *Adaptive Computer Interfaces*. Thèse doctorat, Scurchill College, Cambridge University.
- Weiser, M. (1993). Some Computer Science Issues In Ubiquitous Computing. *Communications of the ACM* , 36 (7), pp. 75-84.
- Weiser, M. (1991). The Computer Of The 21st Century. *Scientific American* , 265 (3), 66-75.
- Wigdor, D., & Balakrishnan, R. (2003). TiltText: Using Tilt For Text Input To Mobile Phones. *Proceedings of the 16h Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, ACM* , p. 10.
- Wobbrock, J., Forlizzi, J., Hudson, S., & Myers, B. (2002). WebThumb: Interaction Techniques for Small-Screen Browser. pp. 205-208.
- Wobbrock, J., Myers, B., & Kembel, J. (2003). EdgeWrite : A Stylus-Based Text Entry Method Designed For High Accuracy and Stability Of Motion. *ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST'03*.

- Yee, K. (2003). Peephole Displays: Pen Interaction On Spatially Aware Handheld Computers. *Proc., ACM CHI'2003* , 1, pp. 1-8.
- Zellweger, P., Mackinlay, D., Good, L., Stefi, M., & Baudisch, P. (2003). City Lights: Contextual Views In Minimal Space. *Proc., ACM CHI'2003* , pp. 838-839.
- Zhai, S., Hunter, M., & Smith, B. (2000). The Metropolis Keyboard – An Exploration Of Quantitative Technique For Virtuel Keyboard Design. *In proceeding of ACM symposium on user Interface Software and Technology (UIST 2000)*, (pp. 119-128). San Diego, California.
- Ziat, M., & Gapenne, O. (2005). Étude préliminaire visant la détermination de seuils de confort pour un zoom haptique. *IHM'05*, (pp. 3-10). Toulouse, France.

ANNEXES

ANNEXE A :

**LISTE DES FORMULAIRES DES CINQ
DOMAINES D'INSPECTION**

Tableau A.1 : Les 35 formulaires des trois domaines d'inspection

		Nom du formulaire
MAPAQ	1	Rapport d'inspection
	2	Inspection basée sur le risque
	3	Constat d'infraction
	4	Rapport d'infraction sur constat
	5	Enquête sur les toxi - infections alimentaires
	6	Rapport de vérification de l'efficacité du rappel
	7	Plainte relative aux aliments et à la santé animale (Dossier plaignant)
	8	Procès-verbal de prélèvement
STCUQ	1	Demande d'ajustement à l'horaire
	2	Rapport
	3	Probation nouveau personnel chauffeur - Rapport de l'inspecteur
	4	Chronométrage
	5	(pas de titre)
	6	Formulaires - accidents & incidents
	7	Feuille de kilométrage de la patrouille
	8	(pas de titre)
	9	Évaluation de la propreté des véhicules
	10	Rapport d'inspection
	11	Rapport des heures de travail - INSPECTION
	12	Rapport d'infraction général
	13	Rapport d'urgence de l'inspecteur-contrôleur (Accident & Incident)
	14	Rapport d'enquête et d'analyse d'accident de travail du personnel chauffeur

Tableau A.1 : Les 35 formulaires des trois domaines d'inspection (suite et fin)

	Nom du formulaire
Régie du bâtiment du Québec	1 Demande de remboursement des frais de déplacement
	2 Déclaration des travaux
	3 Planification et réalisation des activités
	4 Liste des sous-traitants et particulier
	5 Gains déclaratoires
	6 Déclaration du contrevenant
	7 Déclaration des témoins
	8 Rapport de vérification
	9 Autorisation d'absence
	10 Avis de défectuosités
	11 Fiche de vérification
	12 Fiche de vérification - préventive
	13 Inspection préventive en gaz

ANNEXE B :

**LISTE DES FORMULAIRES DE L'ÉCOLE
POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL**

Tableau B.1 : Les 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal

Nom du formulaire	
1	Autorisation de publication et de diffusion d'un rapport technique
2	Liste des fichiers ou des documents soumis pour la publication d'un rapport technique
3	Dépanneur en programmation
4	Formulaire de candidature
5	Formulaire de consentement
6	Contrat d'études hors Québec
7	Accord de coopération pour une cotutelle de thèse de doctorat
8	Cotutelle de Thèse - Fiche technique
9	Exemption aux cours GCH1530 et GLQ1100
10	Projet de fin d'études
11	Demande de présentation de thèse ou de mémoire par articles
12	État de la contribution dans le cas d'un article à coauteurs
13	Transfert dans le nouveau programme de baccalauréat
14	Proposition et modification de choix de cours - Programme d'échange
15	Proposition et modification de choix de cours - certificat
16	Accord de codirecteur de mémoire ou de thèse
17	Proposition et modification de choix de cours au trimestre d'été
18	Plan d'étude des programmes de perfectionnement en ingénierie des diplômés en génie de l'étranger
19	Passage de la maîtrise au doctorat
20	Mesure d'accommodement pour les étudiants ayant une déficience
21	Fiche de demande d'équivalences aux certificats
22	Demande de confidentialité de mémoire ou de thèse
23	Changement de directeur d'études ou de recherche
24	Admission au programme de baccalauréat - Maîtrise intégré
25	Rapport d'appréciation sur un candidat aux études supérieures
26	Abandon de cours ou des études aux études supérieures
27	Demande d'exemption des droits de scolarité majorés
28	Plan d'études aux études supérieures

Tableau B.1 : Les 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal (suite)

	Nom du formulaire
29	Nomination du représentant du doyen de la faculté des études supérieures aux soutenances de thèse à l'école poly
30	Nomination du jury d'examen d'une thèse de doctorat
31	Nomination du jury d'examen d'un mémoire de maîtrise
32	Changement de programme (même spécialité)
33	Formulaire d'admission
34	Formulaire pour demande d'un espace de travail
35	Demande de prolongation de délai maximal
36	Inscription en maintien de dossier actif
37	Formulaire d'abandon des études - Baccalauréat
38	Demande de révision de copie d'examen
39	Demande de relevé de notes pour l'ordre des ingénieurs (OIQ)
40	Paiement par carte de crédit
41	Adhésion au système de dépôt direct
42	Changement de spécialité, concentration ou orientation du baccalauréat
43	Fiche de demande d'équivalences
44	Demande de rendez-vous
45	Dérogation de préalable ou de corequis
46	Modification d'un plan d'études
47	Proposition et modification de choix de cours (étudiants libre 2eme cycle)
48	Demande d'interruption d'études
49	Note de service - Attribution des postes
50	Feuille de temps
51	Approbation du sujet de recherche de maîtrise ou de doctorat
52	Motivation d'absence - demande d'étudiant
53	Plan d'études
54	Formulaire de changement du dossier
55	Formulaire demande de permis de stationnement étudiants cycles supérieurs (AÉCSP)
56	Attestation d'absence - Activité(s) évaluée(s)

Tableau B.1 : Les 72 formulaires de l'École Polytechnique de Montréal (suite et fin)

Nom du formulaire	
57	Candidature d'inscription concentration génie biomédical
58	Dérogation de préalable ou de corequis aux programmes de certificats
59	Exemption de crédits de cours au programme de doctorat
60	Examen en vue de l'exemption du cours INF1005
61	Exemption du cours MTH1006 - algèbre linéaire
62	Exemption du cours MTH1101 - Calcul I
63	Grille de vérification pour le dépôt de mémoire ou de thèse
64	Enregistrement au microprogramme complémentaire en mobilité et posture
65	Pré-test de mathématiques
66	UMI
67	Vérification de l'orthographe du nom apparaissant sur le diplôme
68	Cours de mise à jour Z-050 Mathématiques fondamentales
69	Tests Diagnostiques - Admission au trimestre d'hiver
70	Demande de copie de relevé de notes
71	Demande de surveillance d'examens
72	Bourses Études supérieures 2006-2007

ANNEXE C :

**LA LONGUEUR DES FORMULAIRES DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL**

Tableau C.1 : Longueur des formulaires de l'École Polytechnique de Montréal

Numéro formulaire	Total des composantes	Nombre de sections	Longueur
1	20	3	23
2	32	4	36
3	64	4	68
4	37	2	39
5	13	2	15
6	96	3	99
7	22	7	29
8	52	9	61
9	16	3	19
10	50	1	51
11	66	7	73
12	19	1	20
13	9	4	13
14	180	1	181
15	182	1	183
16	38	9	47
17	75	1	76
18	60	4	64
19	41	4	45
20	38	4	42
21	85	4	89
22	29	2	31
23	32	4	36
24	35	5	40
25	50	3	53
26	30	4	34
27	30	4	34
28	142	3	145
29	17	3	20
30	41	3	44
31	33	3	36
32	16	2	18
33	141	19	160
34	11	1	12
35	20	2	22
36	24	3	27
37	30	2	32
38	39	5	44
39	15	1	16

Tableau C.1 : Longueur des formulaires de l'École Polytechnique de Montréal

(suite et fin)

Numéro formulaire	Total des composantes	Nombre de sections	Longueur
40	30	2	32
41	5	1	6
42	19	3	22
43	206	1	207
44	7	1	8
45	21	1	22
46	53	1	54
47	177	2	179
48	17	2	19
49	54	4	58
50	136	6	142
51	23	1	24
52	103	5	108
53	144	6	150
54	17	3	20
55	30	5	35
56	28	2	30
57	21	4	25
58	19	3	22
59	49	3	52
60	6	1	7
61	12	1	13
62	17	2	19
63	51	3	54
64	20	1	21
65	5	1	6
66	3	1	4
67	8	1	9
68	6	1	7
69	12	1	13
70	28	5	33
71	49	3	52
72	28	5	33

ANNEXE D :

**LES TROIS FORMULAIRES UTILISÉS LORS
DE DÉVELOPPEMENT DES QUATRE
MODÈLES**



BUREAU DES AFFAIRES ACADEMIQUES

CANDIDATURE D'INSCRIPTION
CONCENTRATION GÉNIE BIOMÉDICAL

Nom de l'étudiant : [REDACTED]	Matricule : [REDACTED]
Grade : Baccalauréat en ingénierie	Programme : [REDACTED]
Département : [REDACTED]	Diplôme postulé : B.Eng.

Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical.

Concentration contingentée et réservée exclusivement aux étudiants provenant des programmes de:

Génie chimique, Génie électrique, Génie mécanique, Génie physique

Programme actuel : [REDACTED]

Nombre de crédits complétés au programme actuel: [REDACTED]

Je joins à la demande : [REDACTED] une lettre de motivation

[REDACTED] une copie du dernier relevé de notes du cégep (portant la mention d'obtention du DEC)

[REDACTED] les autres relevés de notes, le cas échéant

Important : Je suis conscient que je ne pourrai pas obtenir mon diplôme dans cette nouvelle concentration avant mai 2009.

Signature de l'étudiant [REDACTED]

Date [REDACTED]

N.B. : Vous devez déposer ce formulaire au Bureau des affaires académiques, local : A-203.2.

RÉSERVÉ AU BUREAU DES AFFAIRES ACADEMIQUES

 Relevé de notes de Polytechnique, le cas échéant Dossier complet

Remarque : [REDACTED]

Signature du représentant du BAA [REDACTED]

Date [REDACTED]

DÉCISION DU COMITÉ DE SÉLECTION

 Candidature retenue Candidature non retenue

Raison : [REDACTED]

Signature autorisée du Bureau des affaires académiques [REDACTED]

Date [REDACTED]

BAA-BI-ET-12F
(12-2005)
(Rev. 09-2006)

1 - Bureau des affaires académiques

2 - Département

3 - Etudian[REDACTED]

[REDACTED]

Département de génie informatique

Formulaire de candidature

DÉPANNEUR EN PROGRAMMATION**Identification**

Nom : _____ Prénom : _____ Matricole : _____

Tél. : (____) - ____ Ass. Sociale : ____ Date de naissance : ____ / ____ / ____

Adresse : _____ Ville : _____ Code postale : _____

Courriel : _____ Citoyen canadien : Résident permanent : Autre : (joindre un permis de séjour du gouvernement canadien)**Dossier scolaire****Étudiants au Baccalauréat**

Nbr. de trimestres complétés : _____ Nbr. de crédits cumulés : _____ Moyenne cumulative : _____

Spécialité : _____ Orientation : _____

Étudiants aux cycles supérieurs

Niveau : _____ Spécialité : _____

Indiquer la note obtenue :

3.307 ING1025	3.430 INF2701	IF200 INF1101	IF202 INF2500	IF231 INF2600	IF302 INF3600	IF335 INF4700	IF401 INF2300	IF430 INF2700
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

(joindre votre bulletin)

ExpérienceConnaissance du langage C/C++ : Excellente Bonne Passable Nulle **Autres expériences pertinentes :**> Avez-vous déjà été : répétiteur , chargé de laboratoire

Si oui, pour quel(s) cours : _____

> Autres : _____

Disponibilité

Heure	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
15:00					
16:00		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
17:00	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
18:00		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19:00	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Remettre avec ce formulaire, votre bulletin et votre Curriculum Vitae au secrétariat D-5480 (Pavillon Decelles) ou par courriel.

EMPLOYEUR (SI IL Y A LIEU)				
NOM DE L'EMPLOYEUR	ADRESSE (NUMERO/QUELLE)	ENVIRON (BUREAU/PATHODEME POSTAL)		
TELEPHONE AU TRAVAIL ()	POSTE ()	TELEPHONE ()		
DECRIVE BREVEMENT LA NATURE DE VOS OCCUPATIONS SI VOUS POSTULEZ UN CERTIFICAT OU SI VOUS AVEZ D'AUTRE LES ETUDES DEPUIS PLUS D'UN TRIMESTRE.				
NOMBRE D'ANNÉES D'EXPÉRIENCE DE TRAVAIL:				
NOM COMPLET DU PÈRE	NON	PRÉS		
NOM COMPLET DE LA MÈRE OU LA NAISSANCE	NON	PRÉS		
SECTION RESERVÉE AUX CANDIDATS DES ÉTUDES DE 2^e ET 3^e CYCLES (APRÈS obtention du diplôme d'ingénieur) VEUILLEZ DONNER CI-DESSOUS, AUX ENDROITS APPROPRIÉS, DES DÉTAILS SUR VOTRE CONNAISSANCE DES LANGUES FRANÇAISE ET ANGLAISE. EXCELLENT E-BONNE F-BAIBLE				
LANGUE	JE LIS	JE COMPREHENS	JE PARLE	JE PARLE
FRANÇAIS				
ANGLAIS				
DEMANDE DE BOURSE OU D'AIDE FINANCIÈRE				
AVEZ-VOUS OBTENU UNE BOURSE PERSONNELLE POUR LES ÉTUDES PROJETÉES? OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>				
SI OUI, ORGANISME	MONTANT \$	DATE	MOIS	
AVEZ-VOUS FAIT UNE DEMANDE DE BOURSE?	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>	SI OUI, ORGANISME		
DEMANDEZ-VOUS UNE AIDE FINANCIÈRE?	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>	SI OUI, EST-CE UNE CONDITION ESSENTIELLE À VOTRE AMBITION?	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>	
PENDANT VOS ÉTUDES, OCCUPEZ-VOUS UN EMPLOI À TEMPS PLEIN? OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> SI OUI, EMPLOYEUR _____				
VEUILLEZ PODER POUR FIN DE RÉFÉRENCE, LE NOM ET L'ADRESSE DES TROIS PERSONNES CHOISIES PARMI VOS ANCIENS PROFESSEURS OU EMPLOYEURS				
<hr/> <hr/> <hr/>				
DECRIVE BREVEMENT, SI IL Y A CELA, L'EXPÉRIENCE DÉJÀ ACCORDE QUI VOUS DESERVEZ POUR VALER EN POSITION DES STAGES QUE VOUS VOUlez ENTREPRENDRE (PUBLICATIONS, TRAVAUX DE RECHERCHE, ETC.) DETALLEZ SUR UNE FEUILLE DES AVANTAGES				
VEUILLEZ INDICER LE DOMAINE DE SPÉCIALISATION DANS LEQUEL VOUS DESERVEZ POURSUIVRE VOS ÉTUDES ET LE SUJET DU PROJET QUI VOUS INTÉRESSE DETALLEZ SUR UNE FEUILLE DES AVANTAGES				
AVEZ-VOUS DÉJÀ DÉMOCRÉ UN PROFESSEUR DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE? OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> SI OUI, NOM DU PROFESSEUR: _____				
JE DEMANDE L'AUTORISATION DE RENDRE LE MÉMOIRE DANS UNE LANGUE AUTRE QUE LE FRANÇAIS <input type="checkbox"/>				
DESSERTEZ D'APRÈS SUIVANT:				
SECTION RESERVÉE AUX ÉTUDIANTS LIENCS				
TRIMESTRE		CHOIX DE COURS		
1 ^{er} CYCLE	<input type="checkbox"/>	AUTOMNE	<input type="checkbox"/>	SIGLE
2 ^{er} ET 3 ^{er} CYCLES	<input type="checkbox"/>	HIVER	<input type="checkbox"/>	INTITULÉ
CERTIFICAT	<input type="checkbox"/>	ETÉ	<input type="checkbox"/>	

ANNEXE E :

CERTIFICAT DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE



**ÉCOLE
POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

Comité d'éthique de la
recherche avec des
sujets humains

Adresse civique :
Campus de l'Université de Montréal
2900, boul. Édouard-Montpetit
École Polytechnique
2900, chemin de Polytechnique
H3T 1J4

Adresse postale :
C.P. 6079, succursale Centre-ville
Montréal (Québec) Canada
H3C 3A7

Téléphone : (514)343-4998
Télécopieur : (514)343-4992

École affiliée à
l'Université de Montréal

Membres réguliers du comité :
Ginette Desrosiers, INRSIT
Daniel Imbeau, génie industriel
Bernard Lapierre, étudiant*
André Phaneuf, Usinor
Pierre Savard, génie biomédical
Jean Choquette, secrétaire

* président du Comité

**CERTIFICAT D'ACCEPTATION D'UN PROJET DE
RECHERCHE PAR LE
COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC
DES SUJETS HUMAINS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE**

Montréal, le 29 mai 2007.

M. Sami Baffoun
Étudiant au doctorat
Département de mathématiques et de génie industriel
École Polytechnique de Montréal

N/Réf : Dossier CER-06/07-15

Cher M. Baffoun,

J'ai le plaisir de vous informer que le Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains de l'École Polytechnique a approuvé, lors de sa réunion du 28 mai 2007, votre projet de recherche intitulé «*Modèle et architecture de conception d'interfaces de formulaires électroniques pour les écrans de PDAs*» que vous réalisez sous la direction de Jean-Marc Robert.

Il est entendu que le présent certificat est valable pour le projet tel que soumis au Comité d'éthique de la recherche avec sujets humains. Le secrétaire du Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains doit immédiatement être informé de toute modification qui pourrait être apportée ultérieurement au protocole expérimental, de même que de tout problème imprévu pouvant avoir une incidence sur la santé et la sécurité des personnes impliquées dans le projet de recherche (sujets, professionnels de recherche ou chercheurs).

Nous vous prions également de nous faire parvenir un bref rapport annuel ainsi qu'un avis à la fin de vos travaux.

Je vous souhaite bonne chance dans vos travaux de recherche,

Bernard Lapierre
Président
Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains

c.c. : Jean-Marc Robert, MAGI
Jean Choquette, DRI

ANNEXE F :

LISTE DES QUESTIONS PAR FORMULAIRE

Tableau F.1 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire court

Zone	Niveau	Description de la tâche
Zone1	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Nom de l'étudiant" se trouvant dans la section intitulée "Information générale".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Programme actuel" se trouvant dans la section intitulée "Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical" de la sous-section intitulée "Concentration contingentée et réservée exclusivement aux étudiants provenant des programmes" (Programme actuel).
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Relevé de notes de Polytechnique" de la section intitulée "Réservé au bureau des affaires académiques".
Zone2	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Matricule" de la section intitulée "Information générale".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le texte intitulé "Une copie du dernier relevé de notes du Cegep (portant la mention d'obtention du DEC)" se trouvant dans la section "Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical" de la sous-section intitulée "Je joins à la demande" (documents joints).
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Signature du représentant du BAA" de la section intitulée "Réservé au bureau des affaires académiques".
Zone3	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Diplôme postulé" se trouvant dans la section intitulée "Information générale".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le texte attaché au libellé intitulé "Important" se trouvant dans la section intitulée "Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical" de la sous-section intitulée "Je joins à la demande" (Documents joints).
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Candidature non retenue" se trouvant dans la section intitulée "Décision du comité de sélection".
Zone4	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le nom de la sous-section intitulée "Concentration contingentée et réservée exclusivement aux étudiants provenant des programmes de "(Programme actuel) de la section intitulée "Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical" (Soumission de candidature).
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Date" se trouvant dans la section intitulée "Je désire soumettre ma candidature dans la concentration Génie biomédical" (Soumission de candidature) de la sous-section intitulée "Signature".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Date" se trouvant dans la section intitulée "Décision du comité de sélection".

Tableau F.2 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire intermédiaire

Zone	Niveau	Description de la tâche
Zone1	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Nom" se trouvant dans la section intitulée "Identification".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Nombre de crédits cumulés" se trouvant dans la section intitulée "Dossier scolaire".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Bonne" se trouvant dans la section intitulée "Expériences" de la sous-section intitulée "Connaissance du langage C et C++".
Zone2	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Numéro de téléphone" se trouvant dans la section intitulée "Identification".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Niveau" se trouvant dans la section intitulée "Dossier scolaire" de la sous-section intitulée "Étudiants aux cycles supérieurs".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Chargé de laboratoire" se trouvant dans la section intitulée "Expériences" de la sous-section intitulée "Autres expériences pertinentes".
Zone3	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Ville" se trouvant dans la section intitulée "Identification".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "IF200 INF1101" se trouvant dans la section intitulée "Dossier scolaire" de la sous-section intitulée "Étudiants aux cycles supérieurs".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher se trouvant dans le tableau ayant comme nom de ligne "16h00" et nom de colonne "Mer." se trouvant dans la section intitulée "Disponibilité".
Zone4	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Résident permanent" se trouvant dans la section intitulée "Identification".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "IF430 INF2700" se trouvant dans la section intitulée "Dossier scolaire" de la sous-section intitulée "Étudiants aux cycles supérieurs".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur le libellé contenant l'information sur le lieu de dépôt (local D-5480) des formulaires papier se trouvant dans la section intitulée "Information dépôt formulaire".

Tableau F.3 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire long

Zone	Niveau	Description de la tâche
Zone1	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Année" se trouvant dans la section intitulée "Demande d'admission" de la sous-section intitulée "Trimestre souhaité".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Téléphone à domicile" se trouvant dans la section intitulée "Profil du candidat" de la sous-section intitulée "Adresse de correspondance".
	<i>Niveau 3</i>	Choisir un élément de la liste déroulante correspondant à la colonne "Français" et la ligne "Je parle" du tableau se trouvant dans la section intitulée "Sections réservées aux candidats des études de 2e et 3e cycles (après obtention du diplôme d'ingénieur)" de la sous-section intitulée "Connaissance des langues (française et anglaise)".
Zone2	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Code du programme" se trouvant dans la section intitulée "Demande d'admission" de la sous-section intitulée "Diplôme postulé" de la sous-sous-section intitulée "Premier choix".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Établissement" se trouvant dans la section intitulée "Études antérieures (débuter par les plus récentes)" de la sous-section intitulée "Études antérieures 1".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Non" correspondant à la question intitulée "Si oui, est-ce une condition essentielle à votre admission ?" se trouvant dans la section intitulée "Sections réservées aux candidats des études de 2e et 3e cycles (après obtention du diplôme d'ingénieur)" de la sous-section intitulée "Demande de bourse ou d'aide financière" de la sous-sous-section intitulée "Demandez-vous une aide financière?" (Aide financière).
Zone3	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Programme" se trouvant dans la section intitulée "Demande d'admission" de la sous-section intitulée "Historique d'admission" de la sous-sous-section intitulée "Avez-vous déjà présenté une demande d'admission à l'École Polytechnique ?" (Admission à l'École Polytechnique ?).
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Nom de l'employeur" se trouvant dans la section intitulée "Employeur (s'il y a lieu)".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Veuillez indiquer le domaine de spécialisation dans lequel vous désirez poursuivre vos études et le sujet ou projet qui vous intéresse" se trouvant dans la section intitulée "Sections réservées aux candidats des études de 2e et 3e cycles (après obtention du diplôme d'ingénieur)" de la sous-section intitulée "Expérience et publication" correspondant à la sous-sous-section intitulée "Domaine de spécialisation".

Tableau F.3 : La liste des tâches à effectuer dans chaque zone pour le formulaire long

(suite et fin)

Zone	Niveau	Description de la tâche
Zone4	<i>Niveau 1</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Anglais" se trouvant dans la section intitulée "Profil du candidat" de la sous-section intitulée "Langue et origine" correspondant à la sous-sous-section intitulée "Langue d'usage (langue parlée au domicile)".
	<i>Niveau 2</i>	Cliquer sur le libellé intitulé "Date" se trouvant dans la section intitulée "Déclaration solennelle".
	<i>Niveau 3</i>	Cliquer sur la case à cocher intitulée "Certificat" se trouvant dans la section intitulée "Section réservée aux étudiants libres" de la sous-section intitulée "Choix du trimestre et de niveau d'étude" (Choix des études) correspondant à la sous-sous-section intitulée "Niveau d'étude".

ANNEXE G :
QUESTIONNAIRE REMPLI PAR LES
PARTICIPANTS PORTANT SUR DES
INFORMATIONS GÉNÉRALES AVANT LE
TEST

Recueil d'information générale sur le sujet

Étude sur les modèles de présentation de formulaire électronique sur écran de PDA

Tout le long de l'étude, vous allez naviguer et manipuler les 4 modèles de présentation de formulaires électroniques sur un PDA (assistant numérique personnel). En tant que participant vous devez réaliser trois tâches par modèle de présentation. L'objectif étant de tester les modèles de présentation de formulaire électronique sur un écran d'ordinateur de Poche (PDA). Pour chaque modèle, trois questions vous seront posées, à l'issue desquelles le système va mesurer le temps de réponse. Une caméra sera placée de telle sorte qu'elle puisse filmer seulement les manipulations et les interactions que vous allez faire sur l'écran du PDA. Des mesures qualitatives et quantitatives seront recueillies afin de comparer le temps de recherche d'un modèle à un autre. À la fin du test, un questionnaire vous sera remis afin de connaître votre taux de satisfaction par rapport aux 4 modèles. La durée maximale du test est de 60 minutes. Une rémunération vous sera accordée : 20\$/heure. En tant que participant, vous pouvez décider de vous retirer en tout temps des expériences.

Q1. Prénom : _____

Q2. Nom : _____

Q3. Sexe : [] Homme [] Femme

Q4. Date de naissance : ____ / ____ / ____

Q5. Êtes-vous droitier ?³⁰ [] Oui [] Non

Q6. Programme d'étude : _____

Q7. Avez-vous déjà suivi un cours portant sur les interfaces humain-ordinateur ?

[] Oui [] Non

Q8. Quel est votre niveau de familiarité avec l'informatique (ordinateur de bureau, laptop) ? [] Débutant [] Intermédiaire [] Avancé [] Expert

³⁰ Une des conditions pour la réalisation du test est que le sujet soit droitier.

Q9. Quel est votre niveau de familiarité avec les terminaux mobiles (PDA, téléphone cellulaire) ?

[] Débutant [] Intermédiaire [] Avancé [] Expert

Q10. Quelle est votre attitude face aux nouvelles technologies ?

[] Défavorable [] Neutre [] Favorable

Choix de la plage horaire :

L'étude va débuter le 1^{er} octobre 2008 et prendra fin le 30 octobre 2008. Voici les horaires dédiés à la réalisation des tests :

- ✓ Mardi de 9h00 à 18h00
- ✓ Mercredi de 9h00 à 18h00
- ✓ Jeudi de 14h00 à 18h00
- ✓ Vendredi de 9h00 à 18h00

Les tests débuteront au début de chaque heure (ex : 10h00, 11h00, 12h00, etc.).

Afin d'éviter les conflits horaires, on vous suggère de proposer trois dates/heures selon l'ordre de priorité qui vous convient. On vous assignera la date/heure en fonction de vos priorités, de votre ordre d'envoi de ce document (fixé par la date d'envoi de ce fichier par courriel) et des disponibilités restantes.

1. Votre premier choix :

Date de début du test	Heure de début du test
____/Octobre/2008	____h00

2. Votre deuxième choix :

Date de début du test	Heure de début du test
____/Octobre/2008	____h00

3. Votre troisième choix :

Date de début du test	Heure de début du test
____/Octobre/2008	____h00

ANNEXE H :

**QUESTIONNAIRE REMPLI PAR LES
PARTICIPANTS PORTANT SUR LE TEST**

Questionnaire

Code sujet : _____

Date du test : ____ / ____ / ____

Heure du test : ____ h ____

Type du formulaire :

- Formulaire court
- Formulaire intermédiaire
- Formulaire long

Donner votre opinion sur les énoncés suivants en cochant la case appropriée :

1 = Fortement en désaccord

2 = En désaccord

3 = Ni en accord, ni en désaccord

4 = D'accord

5 = Fortement d'accord

	1	2	3	4	5
Q1. Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Barre de défilement					
Q2. Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Menu					
Q3. Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Flip Zooming					
Q4. Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Arborescence					
Q5. Le modèle Barre de défilement est facile à apprendre					
Q6. Le modèle Menu est facile à apprendre					
Q7. Le modèle Flip Zooming est facile à apprendre					
Q8. Le modèle Arborescence est facile à apprendre					
Q9. Le modèle Barre de défilement permet de trouver rapidement les réponses aux questions					
Q10. Le modèle Menu permet de trouver rapidement les réponses aux questions					
Q11. Le modèle Flip Zooming permet de trouver rapidement les réponses aux questions					
Q12. Le modèle Arborescence permet de trouver rapidement les réponses aux questions					

	1	2	3	4	5
Q13. La navigation via le modèle Barre de défilement est plaisante					
Q14. La navigation via le modèle Menu est plaisante					
Q15. La navigation via le modèle Flip Zooming est plaisante					
Q16. La navigation via le modèle Arborescence est plaisante					
Q17. La présentation avec le modèle Barre de défilement donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire					
Q18. La présentation avec le modèle Menu donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire					
Q19. La présentation avec le modèle Flip Zooming donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire					
Q20. La présentation avec le modèle Arborescence donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire					
Q21. Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Barre de défilement					
Q22. Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Menu					
Q23. Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Flip Zooming					
Q24. Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Arborescence					
Q25. Le modèle Barre de défilement convient bien au formulaire sur PDA					
Q26. Le modèle Menu convient bien au formulaire sur PDA					
Q27. Le modèle Flip Zooming convient bien au formulaire sur PDA					
Q28. Le modèle Arborescence convient bien au formulaire sur PDA					

Évaluation comparative :

Répondre aux questions suivantes en cochant la case correspondante sur chaque ligne.

En rétrospective, quelle interface diffuse avez-vous trouvée :

	Modèle			
	Barre de défilement	Menu	Flip Zooming	Arborescence
Q29. Le plus facile pour naviguer				
Q30. Le plus difficile pour naviguer				
Q31. Le plus facile à apprendre				
Q32. Le plus difficile à apprendre				
Q33. Le plus intuitif				
Q34. Le plus facile à chercher l'information				
Q35. Le plus difficile pour chercher l'information				

Q36. Voyez-vous des avantages au modèle Flip Zooming ?

Si oui lesquels ?

Q37. Voyez-vous des inconvénients au modèle Flip Zooming ?

Si oui lesquels ?

Q38. Voyez-vous des avantages au modèle Arborescence ?

Si oui lesquels ?

Q39. Voyez-vous des inconvénients au modèle Arborescence ?

Q40. Autres commentaires

ANNEXE I :

RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire

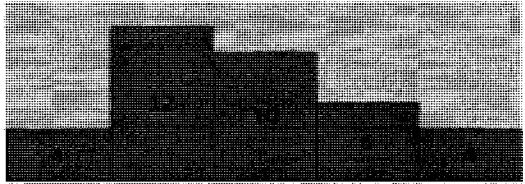
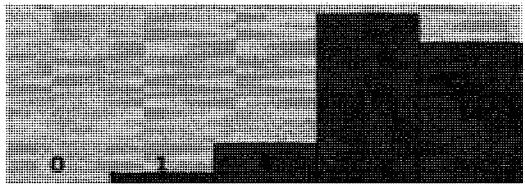
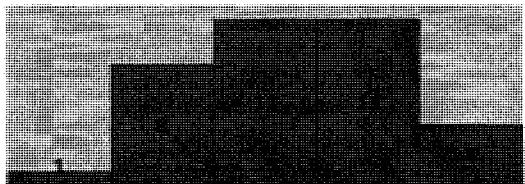
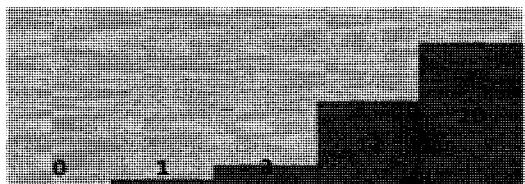
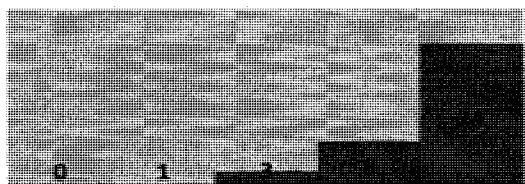
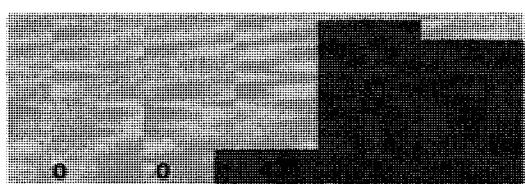
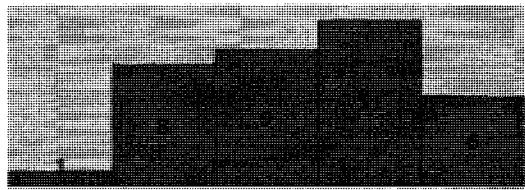
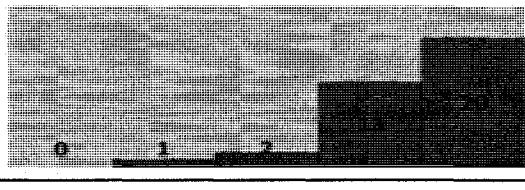
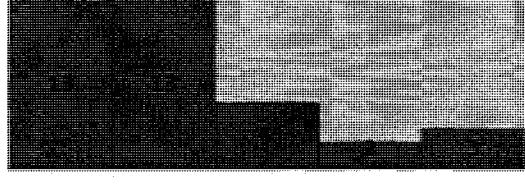
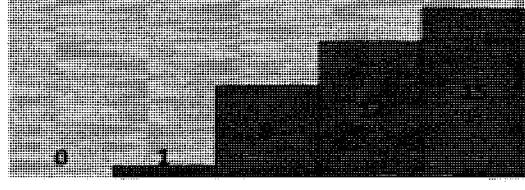
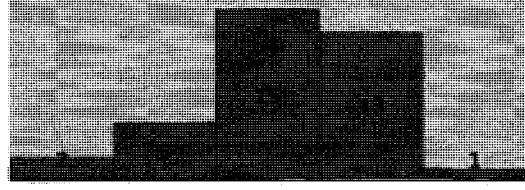
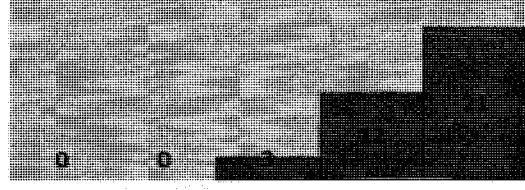
	Distribution des réponses (de 1 = fortement en désaccord à 5 = fortement d'accord)					Statistiques		
	1	2	3	4	5	Med	Moy	É. type
Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Barre de défilement		3	2.83	1.18				
Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Menu		4	4.22	0.76				
Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Flip Zooming		3	3.26	1.04				
Il est facile de répondre aux questions lorsqu'on utilise le modèle Arborescence		5	4.42	0.77				
Le modèle Barre de défilement est facile à apprendre		5	4.53	0.77				
Le modèle Menu est facile à apprendre		4	4.31	0.67				

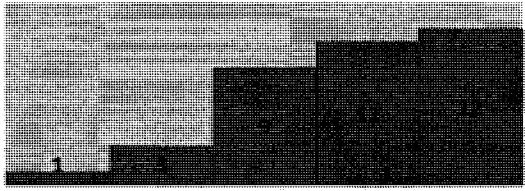
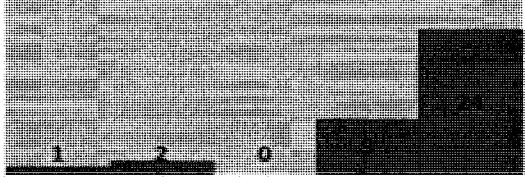
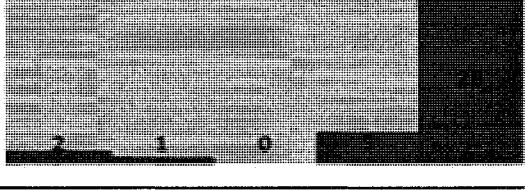
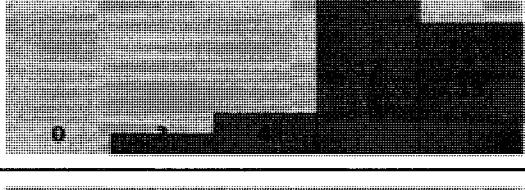
Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire
(suite)

	Distribution des réponses (de 1 = fortement en désaccord à 5 = fortement d'accord)	Statistiques				
		Med	Moy	É. type		
	1 2 3 4 5					
Le modèle Flip Zooming est facile à apprendre		3	3.37	1.11		
Le modèle Arborescence est facile à apprendre		5	4.44	0.73		
Le modèle Barre de défilement permet de trouver rapidement les réponses aux questions		2	2.14	1.22		
Le modèle Menu permet de trouver rapidement les réponses aux questions		4	4.14	0.87		
Le modèle Flip Zooming permet de trouver rapidement les réponses aux questions		3	3.17	0.91		
Le modèle Arborescence permet de trouver rapidement les réponses aux questions		5	4.5	0.65		

**Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire
(suite)**

	Distribution des réponses (de 1 = fortement en désaccord à 5 = fortement d'accord)					Statistiques		
	1	2	3	4	5	Med	Moy	É. type
La navigation via le modèle Barre de défilement est plaisante		2	2.64	1.15				
La navigation via le modèle Menu est plaisante		4	4	0.72				
La navigation via le modèle Flip Zooming est plaisante		3.5	3.47	1.08				
La navigation via le modèle Arborescence est plaisante		4	4.22	0.87				
La présentation avec le modèle Barre de défilement donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire		2	2.17	1.34				
La présentation avec le modèle Menu donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire		4	3.83	1				

Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire
(suite)

	Distribution des réponses (de 1 = fortement en désaccord à 5 = fortement d'accord)					Statistiques		
	1	2	3	4	5	Med	Moy	É. type
La présentation avec le modèle Flip Zooming donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire		4	3.83	1.08				
La présentation avec le modèle Arborescence donne une vue d'ensemble du contenu du formulaire		5	4.47	0.97				
Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Barre de défilement		5	4.56	1.05				
Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Menu		4	4.14	0.83				
Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Flip Zooming		3	3	1.1				

**Tableau I.1 : Statistiques descriptives des résultats de chaque énoncé du questionnaire
(suite et fin)**

	Distribution des réponses (de 1 = fortement en désaccord à 5 = fortement d'accord)					Statistiques		
	1	2	3	4	5	Med	Moy	É. type
Je pouvais facilement deviner le mode de fonctionnement du modèle Arborescence		5	4.64	0.68				
Le modèle Barre de défilement convient bien au formulaire sur PDA		2	2.17	1.16				
Le modèle Menu convient bien au formulaire sur PDA		4	4.19	0.75				
Le modèle Flip Zooming convient bien au formulaire sur PDA		3.5	3.36	1.07				
Le modèle Arborescence convient bien au formulaire sur PDA		4.53	4.53	0.7				