Institutional Repository - Research Portal
Dépôt Institutionnel - Portail de la Recherche
researchportal.unamur.be
University of Namur

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Visualisation de séries temporelles sur PDA

Randolet, Frédéric

Award date:
2004

Awarding institution:
Universite de Namur

Link to publication

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 18. Apr. 2024

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur
Institut d'Informatique
Année académique 2003-2004

Visualisation de séries temporelles sur PDA

par Frédéric Randolet

Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de Maître en Informatique

Résumé

Les séries temporelles sont très souvent utilisées dans la vie quotidienne, allant de la météorologie à la bourse. L'évolution annuelle des cours de la bourse entre dans cette dernière catégorie. Ces grandes quantités de données ont besoin d'outils (du traditionnel graphique en barre aux nouvelles techniques comme la visualisation en spirale) pour pouvoir être observées. Ceux-ci existent pour les ordinateurs, mais aussi pour les systèmes embarqués. Malheureusement, les systèmes embarqués souffrent de nombreuses limitations au niveau de l'affichage d'information mais aussi au niveau des interactions avec l'utilisateur. Ce travail tente de trouver de nouvelles visualisations pour ce séries temporelles s'étalant sur de longues périodes. Ces visualisations seront ensuite adaptées au PDA pour finalement être évaluées par des utilisateurs.

Abstract

Time series are often used in everyday's life, ranging from Finance to Meteorology. The annual evolution of the stock market quotes enter in this last category. This large amount of data needs tools(from the more traditional bar charts to novel proposals such as spiral visualizations) to be reasoned. Those tools exist for computers but also for mobile devices. Unfortunately, the mobile devices do suffer limitations especially when it comes to user interaction and display of information. This work try to find new time series visualizations. Those visualizations will be next adapted to PDA to finally be rated by users.

Je remercie mon promoteur, M. Noirhomme, pour ses encouragements pendant le stage et pour la lecture critique et constructive du mémoire.

Je tiens à remercier le professeur L. Chittaro pour l'accueil et les conseils procurés pendant les trois mois de stage.

Je remercie également ma famille pour son soutien tout au long de ce travail et toutes les personnes qui m'ont aidé.

Table des matières

Introduction **1**

1 Etat de l'art **3**

1.1 Introduction 4

1.1.1 Qu'est-ce que l' " information " ? 4

1.1.2 Qu'est-ce que la " visualisation " ? 4

1.1.3 Qu'est-ce que la " visualisation d'informations " ? 4

1.1.4 Les tâches dans la visualisation d'information ? 6

1.2 Classification des types de représentations 6

1.2.1 La photographie 7

1.2.2 Les schémas 7

1.2.3 Les graphiques 7

1.2.4 Les tableaux 7

1.2.5 Le langage verbal 7

1.2.6 Le langage mathématique 8

1.2.7 Conclusion 9

1.3 Information Visualization (IV) rencontrées pour des sites boursiers 9

1.3.1 Introduction 9

1.3.2 Les techniques de visualisation 9

1.4 Méthodes de visualisation d'informations boursières en général 12

1.4.1 Pixel Bar Chart 12

1.4.2 Technique en segments de cercle 13

1.4.3 Data Tube 14

1.4.4 Recursive Pattern Technique 15

1.5 Applications existantes 16

1.5.1 Les sites web 16

1.5.2 MidCast[1] . . . 16
1.5.3 Pocket stock monitor(PSM)[2] . . . 17
1.5.4 PocketPCCharts[3] . . . 18

2 Les couleurs et le son **21**
2.1 Les couleurs . . . 21
2.1.1 L'espace des couleurs . . . 21
2.1.2 Les principes cognitifs . . . 22
2.1.3 Utilisation de couleurs . . . 25
2.2 Le son . . . 26
2.3 Conclusion . . . 29

3 Analyse des besoins **31**
3.1 Introduction . . . 31
3.2 Utilisateurs . . . 31
3.2.1 Types d'utilisateur . . . 31
3.2.2 Caractéristique de l'utilisateur . . . 32
3.3 Environnement . . . 34

4 Visualisations sur PDA **39**
4.1 Introduction . . . 39
4.2 La couleur en informatique . . . 39
4.3 L'échelle de couleur . . . 40
4.4 3 visualisations . . . 42
4.4.1 Circle Chart . . . 42
4.4.2 Brick Wall Chart . . . 43
4.4.3 Stacked Bar Chart . . . 44
4.4.4 Interactions avec l'utilisateur . . . 45
4.4.5 Les visualisations secondaires . . . 46
4.4.6 Le son . . . 46
4.4.7 Personnalisation . . . 47
4.4.8 Aide aux visualisations . . . 47

[1] www.hillcast.com
[2] www.pocketx.net/products/psm.html
[3] http ://www.pocketpccharts.com/

5 Outils de développement **49**
5.1 Le PDA et ses limites . . . 49
5.1.1 Le PDA . . . 49
5.1.2 Matériel utilisé . . . 50
5.1.3 Limites . . . 51
5.2 La plateforme Microsoft .NET . . . 53
5.2.1 Qu'est-ce que .NET ? . . . 53
5.2.2 Architecture .NET . . . 53
5.2.3 Le Compact Framework . . . 55
5.2.4 Le langage Csharp . . . 57
5.3 Autres langages . . . 57
5.3.1 Java J2ME . . . 57
5.3.2 Waba et Superwaba . . . 59
5.3.3 Embedded C++/VB . . . 60
5.4 Conclusion . . . 60

6 Implémentation **61**
6.1 Interpolation des couleurs . . . 61
6.2 Interaction . . . 62
6.2.1 Brick Wall Chart et les visualisations secondaires . . . 62
6.2.2 Stacked Bar Chart . . . 63
6.2.3 Circle Chart . . . 63
6.2.4 Le son . . . 63
6.3 Détails d'implémentation . . . 64
6.3.1 L'historique des actions . . . 64
6.3.2 Backup des historiques . . . 66
6.4 Limites et améliorations . . . 67

7 Evaluation de l'application **69**
7.1 Objectifs de l'évaluation . . . 69
7.2 Présentation de l'échantillon des utilisateurs . . . 69
7.3 Présentation du questionnaire . . . 70
7.3.1 Profil de l'utilisateur . . . 70
7.3.2 Présentation du test : . . . 71
7.3.3 Organisation des tests . . . 73
7.4 Analyse des résultats . . . 74
7.4.1 Tests ANOVA : Analyse de la variance à deux facteurs . . . 74

7.4.2 Test de préférence 78
7.5 Remarques et améliorations suggérées par les utilisateurs 81
7.6 Conclusion 82

Conclusion **83**

Bibliographie **85**

Annexes **88**

Table des figures

1.1 Exemple de préattention par rapport aux couleurs 5
1.2 Processus de création des visualisations de l'information 6
1.3 Graphique en courbe continue 10
1.4 Graphique en barres 10
1.5 Graphique en chandeliers 11
1.6 Graphique des volumes 11
1.7 Multi-Pixel Bar Chart représentant 405,000 Transactions 13
1.8 Technique de segment en cercle pour des données en 8 dimensions 13
1.9 Technique de segment en cercle pour des données en 8 dimensions 14
1.10 Technique du Data Tube 15
1.11 Recursive Pattern Technique 16
1.12 Un graphique simple et un chandelier japonais avec Midcast 17
1.13 Mini-Teletext Screen et graphique intraday 18
1.14 Evolution " intraday " et chandelier japonais 19

2.1 Le cercle chromatique de Itten 22
2.2 Les douze couleurs du cercle chromatique et leur valeur de clarté de gris 23
2.3 Exemple de préattention avec recherche fructueuse 25
2.4 Exemple de préattention avec recherche infructueuse 25

4.1 Le cube RGB 40
4.2 Echelle 4 couleurs 41
4.3 Deux types de Circle Chart : CC1 et CC2 42
4.4 Brick Wall Chart 44
4.5 Stacked Bar Chart 45
4.6 Les deux visualisations secondaires 46

5.1 HP Pocket PC 3900 Series 50
5.2 Clavier infrarouge azerty pour Palm et Pocket PC 52

5.3 L'architecture .NET 54
5.4 L'architecture de la J2ME 58

7.1 Table de χ_2 88
7.2 Table de Fisher avec probabilité de 1% d'être dépassées 89
7.3 Table de Fisher avec probabilité de 5% d'être dépassées 90

Glossaire

[ADO] *ActiveX Data Objects*, permet à un programme client d'accéder et de manipuler des données de différentes sources

[ASP] *Active Server Pages*, standard permettant de développer des applications Web interactives

[BIOS] *Basic Input/Output System*, petit programme de contrôle du matériel

[BWC] *Brick Wall Chart*, visualisation utilisant la métaphore du calendrier développée dans ce travail

[CC] *Circle Chart*, visualisation circulaire utilisant la métaphore de l'horloge développée dans ce travail

[CDC] *Connected Device Configuration*, configuration pour appareils de faibles ressources

[CLDC] *Connected Limited Device Configuration*, configuration pour appareils de faibles ressources

[CLI] *Common Language Infrastructure*, norme sur la structure de différents langages informatiques

[CVM] *Card Virtual Machine*, machine virtuelle Java pour les systèmes embarqués

[CLR] *Common Language Runtime*, sorte de machine virtuelle

[DNA] *Distributed interNet Architecture*, architecture de développement

[ECMA] *European Computer Manufacturers Association*, association des constructeurs informatiques européens

[GPRS] *General Packet Radio Service*, technologie de réseau étendu sans fils

[IHM] *Interaction Homme Machine*, discipline de l'informatique qui étudie les outils d'interaction entre l'homme et la machine, notamment au niveau de l'ergonomie des logiciels.

[IIS] *Internet Information Service*, service de gestion de service Internet

[IV] *Information Visualization*, visualisation d'information

[JAE] *Java Application Environnement*, environnement de développement d'application Java

[JSP] *Java Server Pages*, standard permettant de développer des applications Web interactives

[JVM] *Java Virtual Machine*, machine virtuelle qui exécute des programmes Java

[KVM] *Kylobyte Virtual Machine*, machine virtuelle Java pour les systèmes embarqués

[ODBC] *Open DataBase Connectivity*, format défini par Microsoft permettant la communication entre des clients bases de données fonctionnant sous Windows et les systèmes de gestion de base de données du marché

[PDA] *Pocket Digital Assistant*, assistant digital personnel

[SBC] *Stacked Bar Chart*, visualisation utilisant la métaphore du calendrier développée dans ce travail

[SDRAM] *Synchronous Dynamic*, type de mémoire vive permettant une lecture des données synchronisée avec le bus de la carte-mère

[SQL] *Structured Query Language*, langage de requêtes structuré, i.e. langage de définition, de manipulation et de contrôle de données

[SOAP] *Simple Access Object Protocol*, protocole de communication

[TFT] *Thin Film Transistor*, technologie d'affichage d'image

[UMTS] *Universal Mobile Telecommunication System*, technologie de réseau étendu sans fils

[XML] *eXtensible Markup Language*, Langage à balises extensible, langage permettant de mettre en forme des documents grâce à des balises

Introduction

Les séries temporelles sont largement utilisées dans des domaines aussi divers que la météorologie ou la finance. Des techniques de visualisation sont utilisées afin d'observer et analyser ces séries temporelles.

Par ailleurs, des systèmes embarqués, dont les PDA, sont de plus en plus présent dans la vie quotidienne. Leur utilisation ne peut donc pas être négligée, et de nombreuses alternatives aux applications dédiées aux ordinateurs standards sont maintenant développées pour de tels systèmes embarqués.

Le développement de séries temporelles ne doit donc pas négliger cette opportunité qu'offre un PDA dont l'atout principal est la mobilité. Cependant, cet appareil possède plus de limitations qu'un ordinateur classique tant au niveau de la taille de l'écran qu'au niveau de la mémoire. C'est pourquoi certaines techniques de visualisation ne peuvent être conçues pour de tels appareils.

Ce travail consiste en la conception, le développement et l'évaluation de nouvelles visualisations sur PDA pour des séries temporelles. Les données boursières sont le type de données utilisées pour le développement des visualisations.

Le premier chapitre fait l'état de l'art des différentes techniques de visualisations boursières pour des séries temporelles mais aussi des applications existantes développées pour les PDA et des sites boursiers.

Le deuxième chapitre présente les couleurs et le son afin de comprendre les différents aspects psychologique de la vision des couleurs et les possibilités offertes par l'utilisation du son. Comme les visualisations utilisent largement les couleurs, il était donc important de s'attarder sur la compréhension du rôle que peuvent jouer celles-ci dans les visualisations.

L'analyse des besoins est le sujet du troisième chapitre. Avant de développer un outil, la

question principale à se poser est de savoir s'il est utile de développer une énième application pour la visualisation de séries temporelles. Ensuite, les objectifs sont fixés pour le développement des visualisations.

Le quatrième chapitre est consacré à la conception des visualisations. Il explique comment celles-ci sont construites ainsi que les mécanismes d'interaction mis en oeuvre car les interactions jouent un rôle important dans les visualisations. Les trois visualisations développées sont basées sur des métaphores comme le calendrier (Brick Wall Chart, Stacked Bar Chart) ou encore l'horloge (Circle Chart).

La partie plus technique commence au cinquième chapitre en développant les limitations des PDA au niveau de ses composants ou de sa taille, avec son petit écran, et de son utilisation avec le stylo qui s'avère imprécis dans certains cas. C'est aussi dans ce chapitre que le choix du langage de développement est introduit car nombreuses sont les solutions de développement pour PDA et toutes ont leurs avantages.

Le sixième chapitre décrit les principales méthodes d'implémentation utilisées, ses limitations de développement et les améliorations possibles.

Le dernier chapitre est consacré à l'évaluation de l'application développée, nous souhaitons tester si les visualisations développées atteignent les buts fixés dans l'analyse des besoins. Cette expérimentation permet de voir si les visualisations sont toutes efficaces, ou si une d'entre elle présente des faiblesses ou des difficultés de compréhension. De plus, l'expérimentation peut également indiquer des préférences pour certaines visualisations.

Chapitre 1

Etat de l'art

L'informatique a pris une place importante dans notre vie quotidienne, notre monde est devenu très complexe. Il n'existe plus beaucoup de systèmes sophistiqués qui ne soient informatisés. Les besoins sont toujours croissants, et des outils de plus en plus nombreux (le web, les réseaux, etc.) nous donnent accès à une quantité énorme de données. Ce sont donc ces gigantesques amas d'information qu'il faut stocker. Chaque année, de 1 à 2 exabytes de données sont produits. Plusieurs questions se posent alors : Comment présenter ces données de manière claire ? Comment donner un sens à ces données ? Comment les comprendre ? Les techniques classiques de présentation sont malheureusement souvent insuffisantes, et n'assure pas une bonne compréhension des structures à cerner(souvent nécessaire avant le processus de décision).

On a vu émerger une thématique centrée sur la nécessité d'aider l'utilisateur dans l'exploration ou l'analyse de données, en développant des outils logiciels exploitant les capacités de traitement du système visuel humain : les techniques de visualisation de l'information.

La visualisation de l'information (IV) est une branche de l'IHM (Interaction Homme-Machine) récente (une dizaine d'années) qui a été créée pour subvenir aux besoins de plus en plus complexes dans l'interprétation des données, pour la modélisation informatique de données brutes. IV est aussi souvent apparentée à la psychologie cognitive, à l'infographie ou encore à la cartographie.

Le défi des IV est de transformer ces données en information (donner un sens à des données), et les rendre compréhensibles, utilisables par quiconque. Fournir des outils adéquats, d'une manière telle que les données soient comprises par une personne, est la condition première pour parvenir à ce but.

Avant de parler plus en détail des différentes IV techniques, il est nécessaire de comprendre ce que représente exactement une technique de visualisation.

1.1 Introduction

1.1.1 Qu'est-ce que l' " information " ?

Définition de Nicolas Schöffer[1] :
L'information est

- Toute émission, réception, création, retransmission, de signaux groupés oraux ou écrits, sonores, visuels ou audiovisuels,
- en vue de la diffusion et de la communication d'idées, de faits, de connaissances, d'analyses, de concepts, de thèses, de plans, d'objets, de projets, d'effets de toute sorte, dans tous les domaines,
- par un individu, par des groupes d'individus ou par un ou plusieurs organismes [...].

L'information ne possède pas de définition exacte car c'est un **concept abstrait**, qui ne possède **pas de caractéristique physique** ; on ne peut pas toucher l'information en tant que telle. On peut toutefois remarquer que l'information suggère une interprétation pour être comprise. Par exemple, si l'image d'une pomme est montrée à un enfant, il pensera au fruit, à sa couleur ; mais elle peut évoquer chez un peintre un tableau de Magritte. La transmission d'information fait appel à un processus cognitif, d'apprentissage. Nous le verrons dans un autre chapitre, l'apprentissage joue un rôle important dans la transmission d'informations. On considère souvent qu'une information ne peut exister que sous forme écrite, or il est possible que celle-ci soit présentée sous la forme de son.

1.1.2 Qu'est-ce que la " visualisation " ?

Le mot visualisation évoque souvent un élément graphique, une image, un schéma. En réalité, il s'agit d'un processus cognitif qui permet de former une image mentale d'un élément, et de le comprendre. Plus particulièrement, on entend par visualisation l'utilisation de représentations visuelles interactives (supportées par des ordinateurs) de données pour amplifier la cognition de celles-ci.

1.1.3 Qu'est-ce que la " visualisation d'informations " ?

Trois points important dans la définition :

- La visualisation d'informations est une **transformation** de celles-ci (les informations possédant une correspondance dans le monde physique) afin de les transposer **dans un espace de représentation visuelle** (espace en deux ou trois dimensions en général).

[1] article de Jean Mandelbaum paru dans Le Monde le 1er août 1982

Prenons l'exemple de la météorologie : l'image d'un nuage crachant des gouttes d'eau évoque un temps pluvieux. On s'aperçoit qu'il y a eu une transformation de l'information. La définition d'un espace de représentation est nécessaire pour une bonne compréhension des informations transmises.

– L'interprétation visuelle de l'information met en jeu des **aspects cognitifs** qui doivent être pris en compte lors de l'étude d'aspects informatiques de la visualisation. Par induction de la définition d'information, les principes cognitifs, le mécanisme de perception et de reconnaissance d'informations visuelles doivent être compris lors de la conception de techniques de visualisation.
Un exemple est le principe de préattention : Ce principe est utilisé constamment et par tout individu. Il consiste en la perception sans effort, d'un coup d'oeil et en temps constant [Fekete].

FIG. 1.1 – Exemple de préattention par rapport aux couleurs

La figure notée 1.1 montre qu'il y a plus d'éléments bleus que rouges. Cela permet, par exemple dans une série de données triées suivant différentes variables, de détecter facilement les éléments les plus isolés. Pour cette raison, il est nécessaire dans le développement de nouvelles techniques de visualisation d'informations de garder constamment en mémoire ces principes fondamentaux.

– La visualisation d'informations ne doit pas être dissociée d'une éventuelle possibilité d'interaction avec l'information via les représentations produites. Pour rappel, le domaine informatique dans lequel la visualisation d'information s'est développée est l'IHM : Interaction Homme Machine. Il est donc normal de trouver le terme interaction dans la définition proposée ici. Il existe de nombreux types d'interaction. On notera par exemple la possibilité de colorier des éléments de même type ou encore l'utilisation d'un zoom. De nombreuses visualisations n'interagissent pas directement avec l'utilisateur mais l'interaction peut s'avérer très efficace, améliorant la visualisation elle-même. Elle doit être considérée comme un élément faisant partie de la visualisation.

1.1.4 Les tâches dans la visualisation d'information ?

Les visualisations permettent l'accomplissement d'une série de tâche qui répondent à des objectifs que doivent réaliser les visualisations.

- **Recherche** : il s'agit de recherche simple basique, issue en générale d'une question simple et qui peut trouver sa réponse directement, sur présentation des données. Par exemple : Quel est la distance entre Namur et Bruxelles ?
- **Navigation** : aller plus profondément dans l'exploration des données en permettant de voyager à travers celle-ci. Cette particularité induit une grande interactivité avec l'utilisateur qui peut parcourir les différentes possibilités de la visualisation jusqu'à trouver l'élément qu'il recherchait
- **Analyse** : certains outils fournissent une analyse des données ; en général, il s'agit de concepts mathématiques comme la distance, utilisant des techniques statistiques comme le clustering ou la corrélation.
- **Surveillance, conscience** : des systèmes de mise à jour des données peuvent, via les visualisations, permettre de surveiller celle-ci, d'être informé de tout écart inhabituel dans leur comportement.

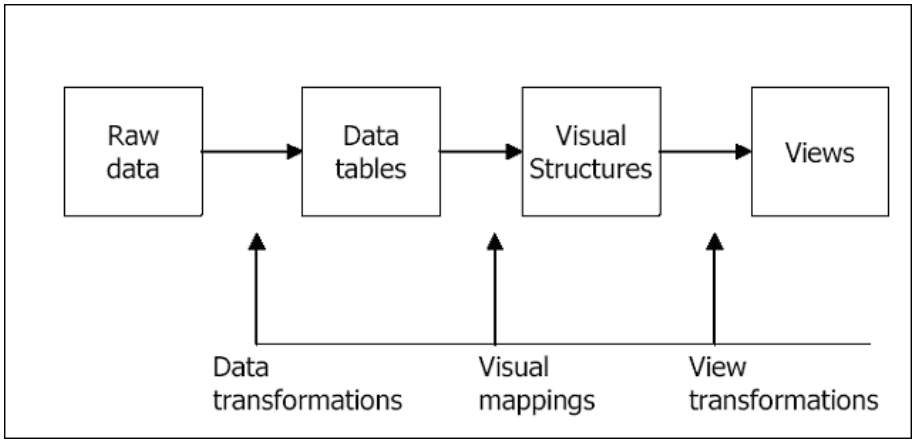

FIG. 1.2 – Processus de création des visualisations de l'information

1.2 Classification des types de représentations

Une première classification permet de mettre en évidence six catégories principales classées de la représentation la plus proche du réel (analogie avec ce qui est représenté) à la représentation la plus abstraite (qui fait appel à l'arbitraire).

1.2.1 La photographie

La photographie est le produit d'une saisie du réel. C'est donc la représentation la plus proche du réel. Cependant, les choix du photographe (objectif, cadrage,...) influencent la photographie, celle-ci n'est donc pas une copie neutre d'un instantané du réel car elle requiert une interprétation. Par exemple, l'utilisation de filtres déformants ou colorants, ne permet parfois pas de se représenter l'objet photographié.

1.2.2 Les schémas

Cette catégorie regroupe les dessins, les croquis, les diagrammes,.... Le schéma, contrairement à la photographie, est une figuration simplifiée, fonctionnelle et modélisante du réel. Le degré de ressemblance avec l'objet schématisé dépend de la qualité du schéma utilisé. Un dessin détaillé peut être fortement ressemblant au réel contrairement à un schéma qui par sa simplicité peut demander un plus gros effort de compréhension de la part du lecteur. Un dessin sera souvent associé à un objet réel, tandis qu'un schéma pourra être utilisé pour des principes plus abstraits (par exemple l'organigramme d'une société représente l'organisation de celle-ci).

1.2.3 Les graphiques

Les graphiques sont utilisés pour représenter des données quantitatives ou nominales, ils se construisent à partir d'axes à deux ou trois coordonnées. Quelques uns des différents types de graphiques : graphiques à barres, figuratifs, en secteurs (fromages), linéaires, nuage de points, histogrammes....

1.2.4 Les tableaux

Les tableaux, comme les graphiques, regroupent des données essentiellement quantitatives. Il n'y a pas de types différents de tableaux mais seulement des présentations différentes suivant leur ordonnancement : Tableaux ordonnés (croissants, décroissants), tableaux désordonnés, tableaux semi-ordonnés. Cas particulier : utilisation de tableaux pour des données non-quantitatives : la lecture n'est aisée que pour les utilisateurs familiarisés par de tels concepts. Par exemple l'échelle regroupant les divers éléments visuels formant un panneau de prévision météorologique.

1.2.5 Le langage verbal

Cette catégorie regroupe en réalité deux types de représentations différentes : le texte écrit, le langage parlé.

Le texte écrit

Comme son nom l'indique, il est une suite de mots formant des phrases représentant des informations de tous types. On retrouve ce type de représentation dans les journaux, par exemple pour une prévision météorologique.

Le langage parlé

L'utilisation du son pour représenter des informations est présente partout dans notre quotidien. La vulgarisation des appareils stéréos a permis à l'information d'être répandue plus efficacement, en particulier avec la radio. Les textes peuvent être soit lus directement (c'est le procédé généralement utilisé), soit constitués par la génération automatique d'une séquence de mots, qu'un automate lirait au fur et à mesure (par mot ou par syllabe) que l'information lui parvient. Le son peut également être utilisé, non pas pour représenter la totalité de l'information, mais comme assistant à la bonne compréhension de l'information. Cette assistance dans certains domaines est souhaitable et vivement conseillée, en particulier dans le domaine médical. En effet certaines photographies numériques permettent de voir une quantité énorme d'information mais pas de pointer certains détails de manière sûre. Le recours au son peut alors guider l'individu dans la recherche d'information utiles. L'utilisation du son ne se limite pas au langage verbal ou à un simple signal, il peut représenter des données numériques continues et offrir les mêmes informations qu'un graphique.

1.2.6 Le langage mathématique

Le langage mathématique est souvent utilisé pour représenter une séquence complexe de calculs, un raisonnement compliqué d'un processus faisant appel à des fonctions mathématiques, mais aussi pour représenter un ensemble d'objets abstraits qu'il serait difficile de décrire autrement. Ce langage a l'avantage d'être non-ambigu, i.e. une phrase dans le langage mathématique ne peut avoir qu'une seule signification. Malgré tout, il existe des cas où le langage mathématique peut être plus complexe à comprendre ; par exemple l'ensemble des nombres impairs peut facilement être caractérisé en langage mathématique :

$$\forall x \epsilon N \exists i \epsilon N : x^2 * +1 = i$$

Toute le sens sous-entendu dans ces trois mots " ensemble nombres impairs " sera plus facilement compris que sa définition mathématique.

1.2.7 Conclusion

Cette classification des différentes visualisations ne repose pas sur un critère de meilleure visualisation. La photographie, tout en étant la plus " respectueuse " du réel, ne permet pas de représenter un lien de parenté, de même que les mathématiques décrivent difficilement le bleu de l'océan. On constate qu'il faut faire le choix du type adéquat de représentation par rapport au problème rencontré. Ce choix est important car si celui-ci est mauvais, l'objet reproduit ne le sera pas de manière optimale.

1.3 Information Visualization (IV) rencontrées pour des sites boursiers

1.3.1 Introduction

Les informations boursières contiennent essentiellement des données quantitatives ordonnées (i.e. la caractéristique principale des graphiques), aussi appelées séries temporelles chronologiques. Les différents organismes boursiers brassent un nombre gigantesque de données ; rendre ces données lisibles et utilisables n'est donc pas une manipulation simple. Dans ce cas, certaines techniques de visualisations ne peuvent être utilisées (car elles ne seront pas exploitables) pour la présentation de données relatives au marché boursier, par exemple les photographies. Les visualisations les plus utilisées seront les tableaux ainsi que les graphiques. Un soin particulier doit être apporté au niveau de la compréhension d'un tel ensemble de données du à sa quantité et à la précision que ces informations nécessitent. Les données qui sont régulièrement utilisées sont les différents cours d'une valeur (ouverture, clôture, le plus bas, le plus haut) ainsi que le volume d'action de cette valeur. Dans la suite de ce texte, le volume ne fera l'objet d'aucune étude.

1.3.2 Les techniques de visualisation

Les tableaux

Les tableaux sont souvent utilisés pour classer, stocker les informations relatives à une action, lui donner un cours à un moment précis mais rarement pour montrer son évolution. Les tableaux ont l'avantage de présenter des données plus complètes et plus précises comparés aux graphiques.

Les graphiques

Introduction aux différents types de graphiques boursier : Les graphiques servant à la visualisation d'informations boursières possèdent leurs propres codes et représentations, même si ceux-ci sont moins précis que les tableaux, ils suffisent souvent pour donner une tendance, une

évolution et peuvent même afficher un nombre plus important d'information par rapport aux tableaux. Etant donné que ce mémoire se concentre sur des intervalles de temps relativement longs, les graphiques ci-dessous ne concernent que de tels intervalles.

La courbe continue : Cette courbe représente les cours de clôture de l'action pour chaque jour reliés entre eux par une ligne. C'est la représentation la plus simple et la plus compréhensible au premier coup d'oeil.

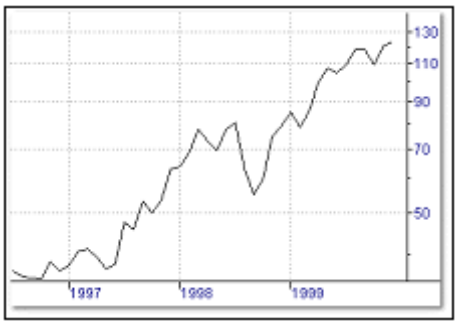

FIG. 1.3 – Graphique en courbe continue

Le graphique en barres : C'est une représentation plus complète que la courbe continue car elle présente 4 données au lieu de 1. Chaque élément du graphique représente un jour. La limite supérieure de chaque ligne verticale représente le cours le plus haut de la journée, la limite inférieure représente le cours le plus bas. Le cours d'ouverture est représenté par un segment orienté vers la gauche, le cours de clôture par un segment orienté vers la droite.

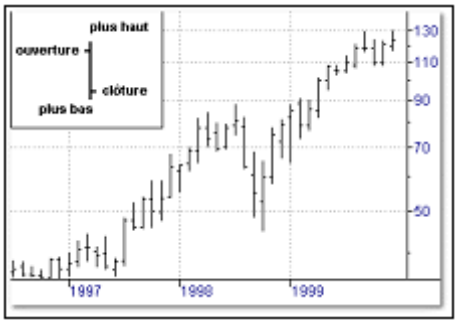

FIG. 1.4 – Graphique en barres

Les Bougies, Chandeliers ou Candlesticks : Cette représentation est semblable au Bar Chart mais présente un élément supplémentaire à savoir la possibilité de savoir du premier coups d'oeil (suivant le principe de préattention) si le cours a augmenté ou baissé pendant une période donnée. Le cours le plus haut de la journée sur le graphe est la limite supérieure de chaque segment vertical, la limite inférieure est le cours le plus bas. Chaque rectangle coloré représente la différence entre le cours d'ouverture et le cours de clôture. La couleur de ce rectangle varie en fonction de la position du cours de clôture par rapport à celui d'ouverture. Ainsi, il sera coloré si le cours s'est vu augmenté durant la journée, et blanc dans le cas contraire.

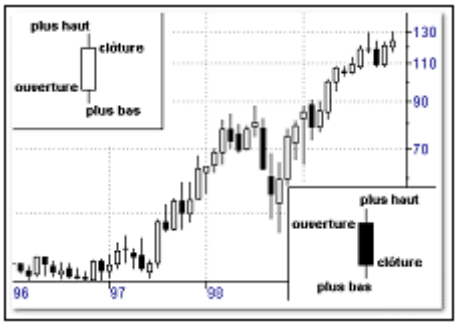

FIG. 1.5 – Graphique en chandeliers

La représentation des volumes : Le volume est représenté en bas du graphique dans une échelle différente de celle du cours. Ce graphique reste lisible mais l'évolution du volume peut dans certains cas être moins perceptible, de plus, l'utilisation de deux échelles différentes sur une même représentation peut rendre son interprétation plus délicate.

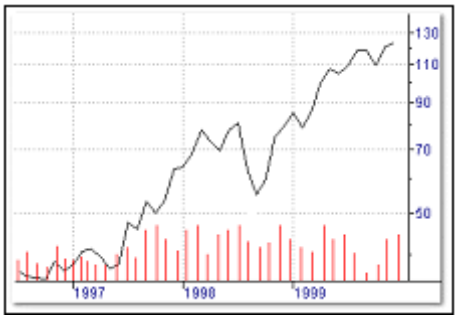

FIG. 1.6 – Graphique des volumes

1.4 Méthodes de visualisation d'informations boursières en général

Mis à part les graphiques classiques rencontrés, que ce soit dans les sites web ou dans certaines applications, il existe encore bien d'autres méthodes de visualisation de cours de la bourse. Celles-ci utilisent largement la couleur, fournissant une source d'inspiration supplémentaire à la conception de nouvelles visualisations. [Polanco&Zartl] présentent quelques techniques parmi ces méthodes.

1.4.1 Pixel Bar Chart

Le Pixel Bar Chart [Keim] est un dérivé du Bar Chart classique. Le but est de représenter toutes les données telles quelles. Ainsi, chaque pixel représentera une donnée.

Contrairement à la construction des colonnes d'un Bar Chart, le Pixel Bar Chart utilise un ou deux attributs pour déterminer leur hauteur et leur largeur. Dans le cas d'un seul attribut, c'est soit l'axe des X ou des Y qui varie en fonction de la valeur de l'attribut, et s'il y a deux attributs, les abscisses et les ordonnées varieront tous les deux en fonction de ceux-ci.

Le Bar Chart classique ne permet pas d'afficher un grand nombre de données étant donné la perte de place engendrée par les différences de hauteur des colonnes. L'alternative trouvée par le Pixel Bar Chart est de représenter chaque donnée par un pixel, ainsi, chaque pixel aura une signification et sera porteur d'information et donc l'utilisation de l'espace sera optimisé.

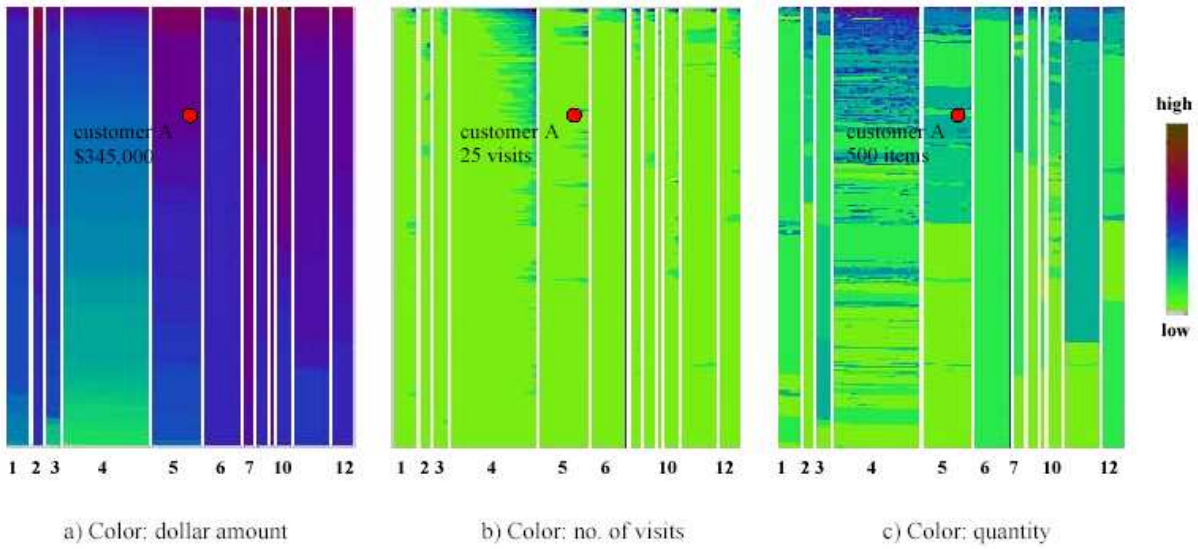

FIG. 1.7 – Multi-Pixel Bar Chart représentant 405,000 Transactions

1.4.2 Technique en segments de cercle

Cette visualisation a été créée pour de grands ensembles de données à plusieurs dimensions. Le cercle est divisé en segments, un segment est réservé à chaque attribut. Ce sont les attributs qui vont déterminer la distribution des données. L'arrangement en pixel, chaque pixel représentant une valeur de l'attribut, commence par le centre du cercle et se termine à l'extrémité du segment.

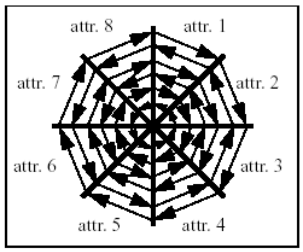

FIG. 1.8 – Technique de segment en cercle pour des données en 8 dimensions

La figure suivante montre une application concrète utilisant la technique en segments. Il s'agit de 50 cours d'actions. Les couleurs claires représentent une valeur élevée, tandis que les couleurs sombres sont des valeurs plus faibles.

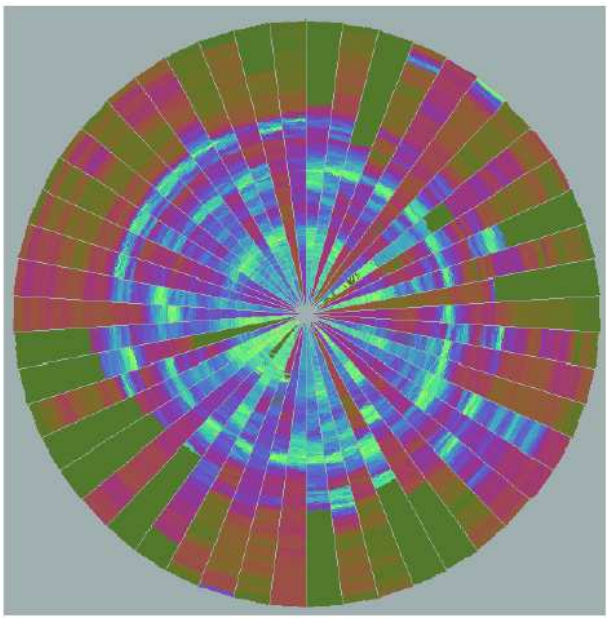

FIG. 1.9 – Technique de segment en cercle pour des données en 8 dimensions

1.4.3 Data Tube

Cette technique utilise une espace en 3 dimensions, augmentant le nombre d'attribut par rapport à la technique en segments décrite précédemment. Pour imaginer cette visualisation, il faut se représenter un tube dont l'intérieur serait découpé en lignes représentant l'évolution d'un attribut. Les données sont des séries temporelles à plusieurs variables. Par les interactions, il est possible de voyager à l'intérieur de ce tube et ainsi de voir l'évolution des actions.

Dans la figure suivante, le Data Tube a été utilisé pour représenter 50 actions de la bourse. L'échelle est cette fois déterminée par les différentes nuances de gris.

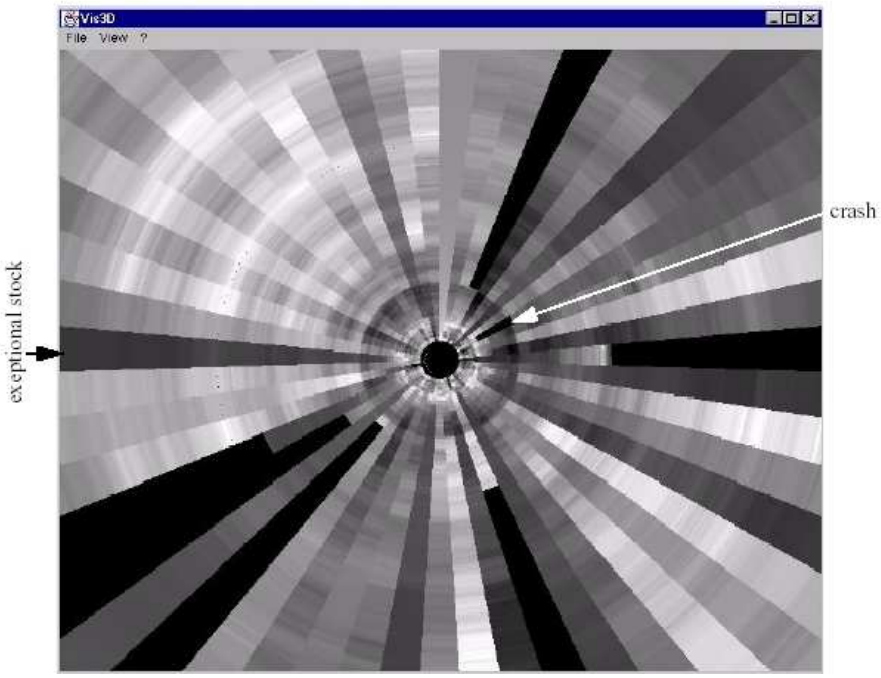

FIG. 1.10 – Technique du Data Tube

1.4.4 Recursive Pattern Technique

Cette méthode se prête bien à la visualisation de séries temporelles de données. Dans ce cas, chaque attribut sera affiché dans une fenêtre séparément des autres attributs, et à l'intérieur de chaque fenêtre sera donc représentée l'évolution de cet attribut. Chaque valeur de l'attribut sera représentée par un pixel et plus exactement par la couleur de ce pixel. L'ordonnancement des fenêtres a une grande importance dans cette visualisation, ainsi, pour permettre à l'utilisateur de voir les valeurs des différents attributs mais à un même moment, l'arrangement des pixels à l'intérieur d'une fenêtre sera le même que l'arrangement des fenêtres elles-mêmes.

A la figure suivante, les cours du Dow Jones, Gold, IBM and USDollar sont représentés grâce à la Recursive Pattern Technique. Les 7 barres verticales représentent les 7 années d'évolution du cours de ces actions et la subdivision des barres en 12 représente les 12 mois qui composent une année. La division en barres et leur subdivision sont dictés par les pattern. Il existe des pattern de plusieurs niveaux ; dans cet exemple, les années sont des pattern de niveau 3, les mois sont des pattern de niveau 2 et les jours sont des patterns de niveau 1. Les couleurs de forte luminosité représentent les cours d'action les plus hauts, et inversement pour les cours d'action les plus faibles.

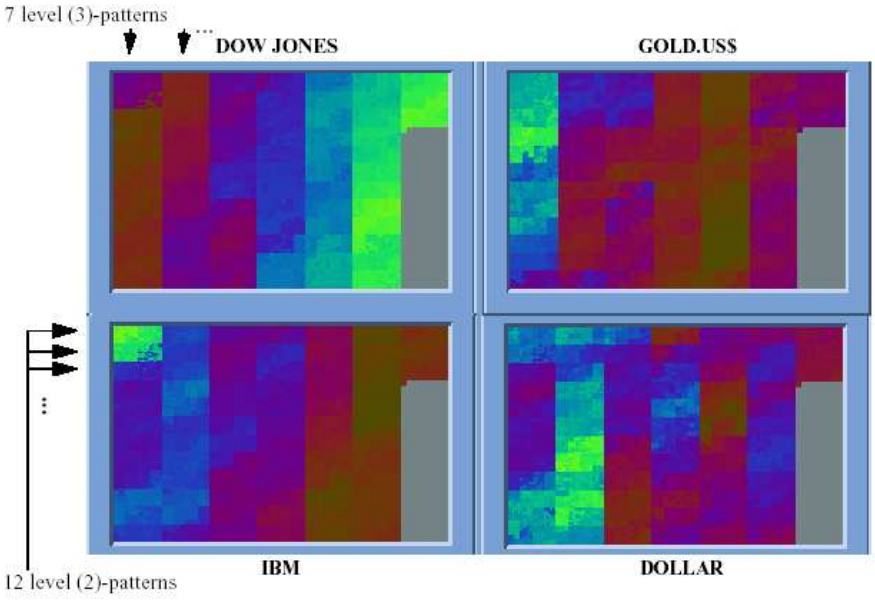

FIG. 1.11 – Recursive Pattern Technique

1.5 Applications existantes

1.5.1 Les sites web

Dans la multitude de sites web boursiers, certains ont adapté leur présentation pour la rendre compatible avec un PDA. Par exemple, le site http ://pda.businessweek.com/ donne un ensemble de services via une interface étudiée pour les PDA. Dans la partie suivante, ces sites dédiés seront ignorés pour se concentrer sur les applications développées.

1.5.2 MidCast[2]

Développé par HillCast Technologies, Midcast est une application pour les réseaux sans fils dans le domaine des services financiers. Elle met les données de la bourse dans les mains des observateurs du marché en leur délivrant des informations boursières avec des graphes et des tableaux sur téléphones mobiles ou PDA. MidCast est une application Java qui donne les changements de prix des actions, leurs volumes, la dernière quantité échangée, la valeur la plus haute et la plus basse d'une action, à l'ouverture sous forme de charts, de graphiques.... Le logiciel est en contact permanent avec le serveur qui lui distribue les données financières incluant les valeurs, les détails des actions, des tableaux et des graphes pour les afficher sur le GSM ou bien le

[2]www.hillcast.com

PDA. MidCast possède une interface graphique avec des tableaux journaliers et des historiques. Il peut opérer sur 100 dispositifs dont les téléphones mobiles et les PDA, ce qui rend celui-ci très portable. Rem. : les captures ont été prises avec un GSM et non avec un PDA.

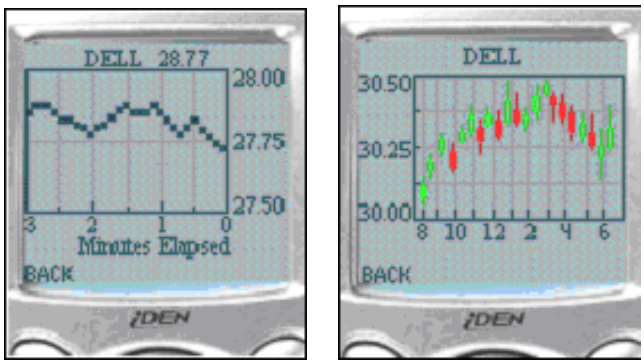

FIG. 1.12 – Un graphique simple et un chandelier japonais avec Midcast

1.5.3 Pocket stock monitor(PSM)[3]

PSM propose des graphiques intraday (i.e. l'évolution du cours d'une action pendant un jour). Il a été développé en utilisant une technologie Java : PersonalJava qui permet au service d'être supporté par différents appareils équipés de la Java Virtual Machine (JVM). Il est connecté en permanence avec un service de streaming basé à Hong Kong, spécialement étudié pour les PDA. Les différents atouts de ce logiciel : Mini-Teletext Screen : les données sont mises à jour en temps réel (voir Fig.6). Portfolio : gestion d'un portfolio avec évolution, gain et perte en temps réel. Price Alerts : possibilité d'être averti lorsque une action est en chute. Hong Kong Indices : seuls les indices du marché de Hong Kong sont disponibles. Intra-day Charts : graphiques de l'évolution de la journée. Financial News : tableau des 10 dernières annonces du marché.

[3] www.pocketx.net/products/psm.html

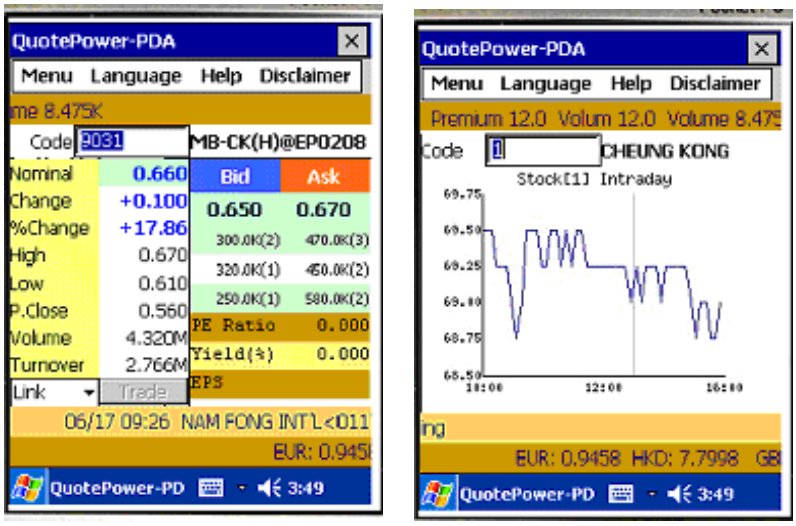

FIG. 1.13 – Mini-Teletext Screen et graphique intraday

1.5.4 PocketPCCharts[4]

Pocket Charts est une application développée pour les PDA's de type Pocket PC uniquement. C'est un logiciel permettant d'accéder en temps réel à des données relatives à la bourse, mais aussi de gérer ces informations sans être connecté directement à Internet. En effet, une fois celles-ci téléchargées sur le Pocket PC, il est possible de les consulter sans être connecté à Internet. C'est un outil très complet, disposant de nombreux atouts dont l'ergonomie et l'interactivité des visualisations sont très bien conçues. Les graphiques vont d'un intervalle de quelques heures à 3 ans et permettent de sauter d'un type à l'autre via un système de zoom, un des éléments jouant sur l'interactivité du logiciel. C'est un des meilleurs programme actuellement qui a été une source d'inspiration importante dans le développement des interactions développées pour l'étude de nouvelles visualisations.

[4] http ://www.pocketpccharts.com/

FIG. 1.14 – Evolution " intraday " et chandelier japonais

Chapitre 2

Les couleurs et le son

2.1 Les couleurs

Le premier chapitre a montré que l'utilisation de couleurs était courant dans les IV. Un chapitre ultérieur expliquera les nouvelles visualisations. Celles-ci utilisent des couleurs, pour cette raison, il est important de bien les comprendre au niveau de l'IHM. Nous allons d'abord présenter les couleurs et leurs propriétés pour ensuite montrer les différents principes cognitifs utilisés inconsciemment dans la perception de celles-ci.

2.1.1 L'espace des couleurs

Il existe trois couleurs primaires à partir desquelles il est possible de composer les autres couleurs. Cependant, il peut être utile d'élargir cette base. Le cercle chromatique [Itten] présente ainsi une palette de 12 couleurs dont 6 principales qui sont : le vert, le bleu, le violet, le rouge, l'orange et le jaune.

Une couleur est perçue grâce à la lumière et plus particulièrement par rapport à la longueur d'onde de la radiation perçue. Une couleur est appelée pure si elle est composée de rayons de même longueur d'onde.

FIG. 2.1 – Le cercle chromatique de Itten

En utilisant les couleurs présentent dans le cercle chromatique et en les combinant, il est possible de composer n'importe quelle couleur.

2.1.2 Les principes cognitifs

Nous comprenons maintenant comment les couleurs d'une image sont composées, nous pouvons dés lors tenter de comprendre comment nous percevons celles-ci.

En chimie, une couleur est composée de pigments, c'est ce qui lui donne son aspect coloré. Cette pigmentation est aussi appelée la réalité des couleurs. Cette réalité possède un sens pour l'homme à partir du moment où celui-ci voit la couleur. Mais l'homme ne perçoit la couleur transmise à son oeil et ne se fait une idée de la couleur que par des comparaisons de couleurs et par contrastes.

Ainsi, la perception qu'un individu a d'une couleur est souvent différente de la réalité de la couleur. Un carré gris sur fond blanc paraîtra plus sombre sur fond blanc que sur fond noir.

Les contrastes

Le contraste est un élément essentiel dans la perception des couleurs. Généralement, on considère que le contraste entre deux couleurs concerne la différence de luminosité entre celles-ci. Ainsi, le contraste se définit comme ***l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre une région sombre et une région claire de cette image*** [Kaddour 99].

Une couleur rouge avec une couleur jaune auront un contraste fort, tandis qu'une couleur verte accompagnée d'une couleur bleue aura un faible contraste. Mais il existe plusieurs formes de contrastes qui nous apparaissent différents.

En voici les principaux :

1. **Contraste de la couleur en soi :**

Le contraste le plus simple des sept contrastes. Le bleu, le jaune et le rouge sont les expressions les plus fortes du contraste de la couleur en soi. De la même manière, l'utilisation de couleurs extrêmes (i.e. noir et blanc), change la perception des couleurs. Ainsi, la couleur noir (resp. blanc) mise à côté d'une couleur l'éclaircira (resp. l'assombrira). Par contre, le noir(resp. blanc) associé à une couleur assombrira (resp. éclaircira) celle-ci.

2. **Contraste clair-obscur :**
   Il n'y a qu'un noir maximum et qu'un blanc maximum, mais il existe une infinité de tons gris s'échelonnant sur une large gamme continue entre le blanc et le noir. Bien entendu cette échelle ne vaut pas que pour le noir et le gris.

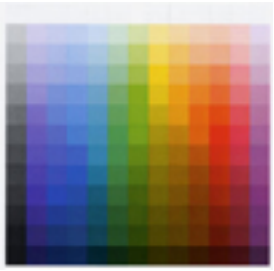

FIG. 2.2 – Les douze couleurs du cercle chromatique et leur valeur de clarté de gris

Nous remarquons que les couleurs pures (i.e. le bleu pur, le rouge pur, etc.) correspondent à des degré de clarté de gris différents. De cette manière nous observons que le jaune pur possède une clarté plus forte que le violet pur par exemple. Il est possible de ramener toute couleur à du gris, par rapport à sa luminosité. Par exemple, pour imprimer un document en échelle de gris, c'est ce principe qui est utilisé. Le rouge sera un gris foncé, le jaune un gris assez clair. En réduisant une couleur à du gris grâce à sa luminosité, il est possible de déterminer le contraste clair-obscur.

3. **Contraste chaud-froid :**
   Le contraste de ce type le plus important est le contraste entre le rouge-orangé (couleur chaude) et le bleu-vert (couleur froide). Par observation du cercle chromatique, le jaune est la couleur la plus claire et le violet est le plus foncé. Or, à angle droit de ces deux couleurs extrêmes dans le contraste clair-obscur, se trouvent les deux pôles du contraste chaud-froid.

4. **Contraste des complémentaires :**
   Deux couleurs complémentaires sont définies par ***deux couleurs pigmentaires dont le mélange donne un gris de ton neutre***, i.e. ces deux couleurs sont opposées dans le cercle chromatique. Plus simplement, le mélange de deux couleurs complémentaires donne

du gris. Il y a une seule couleur complémentaire par rapport à une autre couleur, cette relation est de plus réciproque.

Un exemple de paires de couleurs complémentaires :
- Jaune $\longleftrightarrow$ violet
- Orange $\longleftrightarrow$ bleu
- Rouge $\longleftrightarrow$ vert

5. **Contraste simultané :**

   Ce contraste fait intervenir la loi fondamentale de l'harmonie qui veut que pour chaque couleur, l'oeil tente de compenser cette couleur pour obtenir un gris neutre [Chevreul]. Par exemple, si nous regardons un fauteuil vert et que nous fermons les yeux, le fauteuil apparaîtra rouge par compensation. Pour démontrer ce type de contraste, il est commun d'effectuer l'expérience suivante : prenons un carré de couleur à l'intérieur duquel nous plaçons un autre carré gris cette-fois. Chaque couleur produit simultanément sa couleur opposée (complémentaire) sur le carré gris.

6. **Contraste de qualité :**

   Par qualité d'une couleur, il faut entendre le degré de pureté ou de saturation d'une couleur. La pureté d'une couleur a été définie plus haut, la saturation est juste un synonyme à ce terme.

   Une couleur pure qui est obscurcie ou éclaircie perd de sa luminosité. Ajouter du blanc à une couleur pure donnera un ton plus pâle à la couleur, tandis qu'une couleur pure mélangée à du noir assombrira la couleur, lui faisant perdre dans les deux cas de la saturation.

   Considérant une couleur pure, il est possible de diminuer sa qualité. Ainsi, la couleur pure donnera mieux que la couleur diminuée.

7. **Contraste de quantité :**

   Les couleurs claires ont besoin de moins d'espace pour être remarquées que les couleurs sombres.

Pour résumer nous pouvons constater certaines propriétés des couleurs :
- Certaines couleurs sont plus claires que d'autres.
- Certaines couleurs sont plus facilement détectables que d'autres.
- Une couleur claire (resp. sombre) entourée de couleurs sombres (resp. claires) sera plus facilement détectée.

Ces différents aspects de la couleur sont importants car ce sont eux qui sont utilisés inconsciemment dans l'utilisation des différentes visualisations. De plus, ces principes pourront servir plus tard dans l'interprétation du logiciel pour comprendre les résultats obtenus lors de l'évaluation de celui-ci.

La préattention

La préattention est un principe inconscient qui permet de remarquer directement certains éléments au premier coup d'oeil sans analyser quoi que ce soit. Il existe deux types de préattention : préattention par rapport aux formes et aux couleurs (le cas qui nous intéresse). Lors de la recherche d'un élément, on a l'habitude de penser que la recherche est séquentielle et qu'elle se fait élément par élément mais ce n'est pas toujours le cas. En effet, l'exemple suivant montre le contraire. Le but pour l'oeil est d'identifier la présence ou non d'un élément rouge.

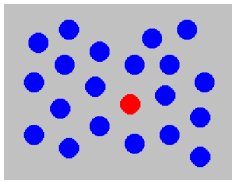

FIG. 2.3 – Exemple de préattention avec recherche fructueuse

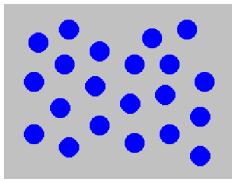

FIG. 2.4 – Exemple de préattention avec recherche infructueuse

Au premier coup d'oeil, l'observateur peut directement et précisément dire que la première figure possède un rond rouge et la deuxième figure n'en possède pas. De plus, il pourra désigner précisément et rapidement quel est l'élément recherché.

Ce phénomène est du au fait que l'observateur effectue plusieurs **recherches visuelles en parallèle**. Tous les éléments présents dans la figure sont simultanément perçus. De plus, le temps de recherche est indépendant du nombre d'éléments.

2.1.3 Utilisation de couleurs

Nous venons de voir que les couleurs sont régies par certaines lois. Leur utilisation doit donc faire l'objet de quelques précautions. Les propriétés suivantes sont à respecter pour ne pas créer des aberrations de couleurs [Stasko].

- Ne pas utiliser trop de couleurs différentes pour faciliter l'assimilation de celles-ci en particulier dans l'utilisation d'une échelle de couleur.

- Utiliser les couleurs pour de larges régions. Il est inutile de s'en servir pour dessiner de simples lignes, ou une figure seule.
- Utiliser le rouge et le vert pour des données qui apparaissent au centre d'une visualisation car l'oeil n'est pas très sensible à ces couleurs.
- Utiliser du blanc, du noir ou du jaune en périphérie pour la raison contraire au point précédent.
- Les couleurs adjacentes (se référencer au cercle chromatique) doivent varier dans les tons.
- Les couleurs adjacentes autour du bleu sont à éviter.
- Les couleurs à haute saturation sont également à proscrire.
- Les couleurs sont appréciées pour les groupements et les recherches d'éléments.
- Faire attention aux effets de couleurs comme il a été expliqué dans les différents types de contrastes.
- ...

Il est toutefois évident que certaines propriétés dépendent du contexte. Par exemple la première propriété doit être ignorée dans la conception de visualisation utilisant une échelle de couleur. Ces conseils concernent le domaine de l'IHM et pas exclusivement la visualisation de l'information. De même cette liste n'est en aucun cas exhaustive mais montre simplement que l'utilisation de couleurs doit répondre à certains critères et ne peut donc pas être prise à la légère.

Nous avons pour le moment défini ce qu'on entend communément par couleur pour montrer que celles-ci possèdent des propriétés lorsqu'on les utilise. Ensuite nous avons défini une liste non-exhaustive de règles à observer pour la réalisation de visualisations.

2.2 Le son

Hormis quelques exceptions [Demoulin&Schöller], le son est rarement utilisé pour représenter des données proprement dites. Dans le développement de logiciels, le son ne joue pas un rôle très important en général. Dans le cadre de ce travail, le son sera un acteur non-négligeable. Non pas que le son apportera des informations supplémentaires mais il contribuera à la conception de l'interface d'un logiciel sur PDA.

Pourquoi utiliser le son ?

L'utilisation d'un PDA est tout à fait différente d'un ordinateur. Ce dernier possède un clavier et une souris qui permettent de naviguer dans une interface tandis qu'un PDA ne met à disposition que quelques touches et un stylo. Il y a donc une grande différence dans les possibilités d'interaction (environ 104 touches pour un clavier d'ordinateur contre 5 touches plus les flèches multi-directionnelles pour pour le PDA), surtout en ce qui concerne les raccourcis clavier qui

sont courants dans les logiciels sur ordinateur. Le son pourrait fournir un apport supplémentaire par rapport à ce manque en particulier avec la reconnaissance vocale.

Le clavier et la souris permettent des contacts "tactiles" avec l'interface. Par là, il faut comprendre que lorsqu'un "clic" à la souris est effectué, l'utilisateur entend et ressent ce "clic". De même si on tape sur un clavier, la sensation de toucher est présente[1].

Dans l'utilisation d'un stylo pour un PDA, nous devrions avoir un contact physique et donc une sensation semblable à l'utilisation d'une souris. Malheureusement un écran de PDA possède un film protecteur qui empêche de sentir correctement l'écran. Ainsi, il est fréquent d'avoir l'impression d'avoir pressé un bouton alors que celui-ci ne l'a pas été. De plus, ce stylo est beaucoup moins précis que la souris, à cause de ce film protecteur.

De la même manière, l'utilisateur peut faire des erreurs sans s'en rendre compte. Brewster et Crease ont précisé quelques problèmes possibles lors de la sélection d'un élément dans un menu [Brewster&Crease 99] :

- Erreur de sélection : l'utilisateur choisit un mauvais élément
- Glissement d'un élément : l'utilisateur sélectionne accidentellement un élément lorsqu'il relâche le bouton
- Glissement d'un menu : le curseur quitte le menu lorsque le bouton est relâché.

Les erreurs de glissement sont plus souvent commises par des utilisateurs expérimentés qui effectuent de nombreuses opérations simples, et n'attendent donc pas nécessairement un feedback visuel à chaque étape de la séquence d'opérations. Plus un utilisateur devient familier avec un logiciel et plus les tâches qu'il effectue suivent une même séquence, plus ce dernier n'attendra pas le feedback visuel de ses actions.

La fermeture de tâche arrive logiquement à la fin de la tâche. Cependant il est possible qu'un utilisateur effectuant de nombreuses tâches ferme celle-ci alors qu'elle n'est pas terminée. Cette situation engendre alors un retour en arrière et l'utilisateur doit recommencer une séquence d'actions, ce qui peut être fâcheux dans certaines situations.

Les différentes utilisations du son

[NFS97], la sonification est définie comme l'utilisation de son non-parlé afin de donner une information.

Il existe donc différents types de sonification, mais nous n'allons en présenter que quelques-unes [Hermann 02].

- **Les signaux d'alarme :**

[1] C'est aussi la principale raison de l'échec du clavier sans touche fonctionnant par projection infrarouge des touches du clavier. Les utilisateurs n'avaient pas de sensations tactiles similaires à un clavier classiques et ne savaient pas quand ils avaient effectivement tapé sur une touche ou non

La première application utilisant du son dans une interface fut un signal d'alerte. Ces signaux prévenaient l'utilisateur même si celui-ci effectuait une tâche. La son était produit directement par un émetteur présent dans l'ordinateur, le BIOS annonçant ainsi l'état de l'ordinateur grâce à ce son.

- **L'audification :**
  Cette méthode est intéressante car elle ne fonctionne que pour des séries temporelles. Elle consiste en l'interpolation des valeurs de ces séries en ondes. Une série de son correspond alors à une série de données. Par exemple une série temporelle comportant des données composées de valeurs entières comprises entre 1 et 7. En attribuant à chaque valeur une note (1 = do, 2 = ré, 3 = mi...), il est possible de représenter la série grâce à ces notes. Il peut être utile aussi de régler la fréquence des notes pour correspondre à l'intervalle de temps pour de grandes séries temporelles par exemple.
- **Les earcons :**
  Méthode utilisée pour la navigation de visualisation de type "arbre" et pour la transmission de messages complexes. Les earcons sont en réalité une simple combinaison de sons ou un sample de morceaux qui ont une signification complexe que l'utilisateur doit apprendre. Grâce à cette technique, il est possible par l'intermédiaire d'un earcon de transmettre une information complexe très rapidement. L'utilisateur doit apprendre les sons ainsi que leur signification et cela représente donc le plus gros désavantage de cette méthode.
- **Les icônes sonores :**
  La sonification utilise un son métaphorique de la tâche accomplie. Par exemple, une bouteille d'eau qui se remplit produira un son semblable et pourra être utilisé pour symboliser une barre d'avancement de (télé)chargement.
- **Mapping de paramètre :**
  C'est une forme de "scatter plot" sonore. A chaque donnée correspond un événement sonore dont les propriétés sont décidées par les valeurs des données. Ainsi, les ensembles de données décideront de la fréquence, la durée, le volume, la vitesse des vibrations, etc. des sons. C'est la méthode la plus riche mais qui possède néanmoins quelques inconvénients importants : la sonification varie en fonction de l'espace de représentation, de plus, les sons sont limités par les paramètres des instruments.

Un autre type de sonification est la synthèse vocale. Ce système fonctionne autant pour du texte en entrée avec les outils de reconnaissance vocale, mais aussi en sortie avec la génération de voix.

La reconnaissance vocale est très utile dans des domaines où les mains sont occupées par une autre tâche mais aussi dans les applications pour handicapés. Un autre avantage est le débit de la reconnaissance vocale car pour écrire un texte en utilisant un logiciel de reconnaissance vocale

qui écrit le texte au fur et à mesure que celui-ci est émis prend moins de temps que d'écrire ce même texte avec un clavier.

Au début de la synthèse vocale, les voix étaient digitalisées par ordinateur et le son ne paraissait pas très humain. Aujourd'hui, de véritables comédiens sont chargés de prononcer des mots qui sont alors réassemblés pour former une phrase. Les systèmes les plus performants n'utilisent pas des mots mais des syllabes qui sont mises ensemble pour former des mots et des phrases. Cette technique est utilisée par les logiciels de type Text-To-Speech (du texte à la parole) qui convertissent du texte écrit en texte parlé.

2.3 Conclusion

Nous venons de voir que l'utilisation des couleurs et des sons peut être puissant. En effet, les sons peuvent être utilisés pour représenter des séries temporelles, des informations simples, parfois complexes et même du texte grâce à la synthèse vocale. Mais il sert aussi pour des fonctions de saisie de données par la reconnaissance vocale. Les couleurs peuvent elles aussi représenter des séries temporelles, des informations complexes mais également mettre en évidence certaines informations rapidement à l'aide des contrastes.

Cependant, leur utilisation devient parfois problématique, par exemple une nouvelle fois à cause des contrastes dans le cas des couleurs, ou encore de la période d'apprentissage pour la sonification. Il sera donc primordial dans la suite de ce travail de prendre quelques précautions concernant ces deux concepts.

Mais l'utilisation du son et de la couleur peuvent être couplées pour apporter encore plus d'informations. Il ne faut donc pas considérer leur utilisation comme exclusive mais plutôt comme deux moyens utilisés en coopération.

Chapitre 3

Analyse des besoins

3.1 Introduction

L'avènement des systèmes embarqués depuis quelques années a vu le développement de nouveaux types d'appareils. C'est ainsi que le PDA, au départ substitut de l'agenda classique, se veut polyvalent et complet au niveau des possibilités d'utilisation. La bourse n'y échappe pas et, comme présenté dans l'état de l'art, les logiciels lui faisant la part belle sont nombreux.

Mais avant de développer une quelconque application, la question de l'utilité de celle-ci se pose. C'est pourquoi cette étude est réalisée, afin de montrer qu'il y a un réel besoin, une possibilité de développer une nouvelle application utile.

[Noirhomme], nous allons définir le type d'utilisateur visé par l'application pour ensuite définir l'environnement de celle-ci. Pour finir, les tâches elles-mêmes seront décrites.

3.2 Utilisateurs

3.2.1 Types d'utilisateur

Différents types d'utilisateurs peuvent être définis dans la consultation d'informations boursières. Premièrement, il est possible de distinguer l'utilisateur curieux, possédant quelques actions ou aucune, qui consulte la bourse sans pour autant spéculer sur les cours, mais plutôt pour observer la santé du marché et de ses actions. Le deuxième profil est le business man consultant régulièrement la bourse et réagissant aux sursauts des courbes de ses actions. Ce type d'utilisateur comprend aussi les experts dont l'économie est leur domaine et qui apprécient la bourse au point de la consulter régulièrement.

Ces deux profils seront les deux principaux rencontrés pour ce genre d'application. Nous définirons donc le premier type d'utilisateur comme "utilisateur occasionnel" et le deuxième

type comme "utilisateur expert".

3.2.2 Caractéristique de l'utilisateur

Utilisateur occasionnel

1. Attributs physiques :
   - Age :
     Il n'existe pas de tranche d'âge particulière pour les observateurs de la bourse. Malgré tout, il est possible de définir un âge minimum à partir duquel un individu est plus sensibles aux différents indices boursiers. Ainsi, il est rare de voir une personne de moins de 20 ans s'intéresser à la bourse.
   - Incapacités physiques :
     Il existe des solutions logicielles et des méthodes de visualisations pour des personnes souffrant de handicaps visuels. Cependant, il est préférable de ne pas souffrir de handicap visuel pour utiliser le produit composé ici.
2. Attributs mentaux :
   - Capacités particulières :
     Les utilisateurs ne disposent pas de capacités particulières mais certains d'entre elles peuvent être familiarisées avec les visualisations boursières classiques.
   - Expérience avec l'ordinateur et le PDA :
     Actuellement, beaucoup de personnes possèdent un ordinateur, que ce soit à la maison ou au bureau. Très peu d'individus ne sont pas familiarisés avec les ordinateurs. Cependant, pour la bourse, les médias, que ce soit papier ou télévisés (émissions ou télétexte), permettent de consulter les informations boursières. L'information la plus facilement accessible et mise à jour en permanence est sans doute celle diffusée sur les sites Internet. Cependant, dans le cas où un utilisateur ne se préoccupe des courbes de la bourse qu'occasionnellement, celui-ci peut le faire via l'intermédiaire d'autres médias que l'ordinateur. L'expérience dans les domaines informatique ira donc du zéro à une bonne connaissance des logiciels ou des sites boursiers.
   - Qualification générale :
     Pour ce type d'utilisateur, la qualification générale peut être de tout type.
   - Connaissance des langues :
     Les utilisateurs étant francophones, le français est la langue la plus généralement utilisée. Mais l'anglais est une langue incontournable au niveau des technologies, par exemple pour les sites internet, et sa connaissance peut être appréciée.
3. Caractéristiques du travail :

- Fonction :
  Le but du travail de l'utilisateur est d'une part de se tenir au courant de l'actualité du marché et de s'informer plus précisément au sujet de quelques cours d'action. Des visualisations boursières permettent à l'utilisateur de voir l'évolution des cours de la bourse, de voir précisément le cours d'une action.
- Flexibilité dans le travail :
  La bourse ouvre avant 9h avec la mise en file des ordres de la dernière séance de négociation et des nouveaux ordres consignés, et ferme à 16h. Cependant les informations boursières sont consultables en permanence, ainsi, aucun horaire particulier n'est privilégié.

Utilisateur expert

1. Attributs physiques :
   - Age :
     Les mêmes remarques que pour le profil des utilisateurs occasionnels peuvent être faites, à savoir que la tranche d'âge ne devrait pas être plus basse que 20 ans.
   - Incapacités physiques :
     Il existe des solutions logicielles et des méthodes de visualisation pour des personnes souffrant de handicaps visuels. Cependant, il est préférable de ne pas souffrir de lourd handicap visuel pour utiliser le produit composé ici.
2. Attributs mentaux :
   - Capacités particulières :
     Les utilisateurs experts utilisent régulièrement les différents moyens de se tenir au courant de l'évolution du marché, c'est pourquoi ceux-ci seront familiarisés avec la plupart des différentes techniques de visualisation d'information boursière. Bien sûr, chaque utilisateur aura son propre média de prédilection, cependant, Internet semble être le moyen le plus facile.
   - Expérience avec l'ordinateur et le PDA :
     Etant donné que les utilisateurs de type expert se renseignent régulièrement sur l'actualité de la bourse, ceux-ci auront déjà utilisé régulièrement un ordinateur, notamment pour surfer sur les sites boursiers. D'autres, plus portés sur la technologie, utilisent un PDA comme outil de mise à jour des informations boursières.
   - Qualification générale :
     Les utilisateurs experts, bien que n'ayant pas tous une formation en économie, connaissent les principes fondamentaux de l'économie et de la bourse. Par exemple, une personne possédant un compte en banque fourni peut devenir un spéculateur quotidien bien que

celui-ci ne possède aucune formation économique.

- Connaissance des langues :
  La même remarque que pour le profil des utilisateurs occasionnels peut être faite : le français est la langue maternelle utilisée mais certains possèdent des notions, avancées ou élémentaires de la langue de Shakespeare.

3. Caractéristiques du travail :
   - Fonction :
     Le but du travail de l'utilisateur expert est de se tenir au courant de l'actualité des marchés boursiers, en particulier de ses actions. Ainsi, en étant conscient de la santé de son portefeuille, il pourra le gérer par le biais de la vente et de l'achat d'actions. Le jeu de la spéculation est aussi important pour quiconque possède des actions et souhaite les faire fructifier, l'utilisateur pourra donc utiliser diverses techniques lui permettant de prédire le comportement de certaines d'entre elles.
   - Flexibilité dans le travail :
     La bourse ouvre avant 9h avec la mise en file des ordres de la dernière séance de négociation et des nouveaux ordres consignés, et ferme à 16h. Même si les différentes informations boursières sont consultables en permanence, les personnes les plus spéculatives préféreront voir les cours des actions pendant la journée.

3.3 Environnement

1. Introduction :
   Bien qu'il existe plusieurs types d'utilisateurs, les deux types seront considérés en même temps dans cette section. En effet, les environnements d'utilisation du produit sont les mêmes pour les utilisateurs occasionnels ou experts.

2. Localisation du produit :
   Le produit peut être utilisé en tout lieu. Il est préférable de se placer à un endroit disposant d'une connection Internet, que ce soit sans fil comme le norme bluetooth ou encore relié à un ordinateur. En effet, même si on ne dispose pas de connection à Internet, il ne faut pas que le produit soit inutilisable.
   L'utilisation d'un PDA relié à un ordinateur est courant car le PDA peut se synchroniser avec l'ordinateur. Régulièrement, l'utilisateur d'un PDA dépourvu de technologies sans fils met à jour son PDA pour que celui-ci contienne les mêmes renseignements que son ordinateur, pour les mails, l'agenda, et autres applications.
   L'environnement ne devra pas être trop sombre, pour permettre une bonne lisibilité des informations.

3. Position :

   La position importe peu mais la position assise offrira un meilleur confort et une plus grande précision. Il n'est pas exclu d'utiliser le produit en marchant.

4. Matériel :
   - Hardware de base :
     Le produit sera exécuté sur un PDA de type Pocket PC exclusivement.
   - Interface
     Le stylo fourni avec le Pocket PC servira à interagir avec le produit. Un clavier infra-rouge peut être utilisé mais son utilisation n'est pas obligatoire.
   - Connexion au réseau :
     Toutes les connexions compatibles avec les Pocket PC sont acceptées car celles-ci disposent d'une débit suffisant pour transmettre les informations nécessaires au fonctionnement du produit.

5. Logiciel et système d'exploitation :
   - Software requis pour exécuter le produit :
     Dans le cas où l'utilisateur désirerait travailler avec son PDA en synchronisation avec son ordinateur, celui-ci devra utiliser un logiciel de synchronisation compatible avec le Pocket PC comme ActiveSync par exemple.
   - Software portable :
     Aucun logiciel n'est nécessaire pour la consultation d'une action. Cependant, aucune gestion avancée de portefeuille n'est permise. Donc, si l'utilisateur désire acheter ou vendre ses stocks, il doit le faire par l'intermédiaire d'un autre produit.

6. Tâches [1] :

   (a) Consultation des cours des actions :
   - But de la tâche :
     Permettre à un utilisateur de visualiser l'évolution du cours d'une action sur un intervalle de un an comme sur un intervalle plus petit comme un mois par exemple.
   - Alternative :
     Comme déjà cité, il existe de nombreuses alternatives pour visualiser le cours d'une action sur un intervalle d'un an : les sites web, les applications existantes. Cependant, même si elles semblent fournir le même service, la plupart des applications ne permettent pas une bonne visualisation de ces données boursières.

[1] Les tâches sont les mêmes pour les utilisateurs occasionnels ou experts à part la gestion simple du portefeuille d'action et la fréquence d'utilisation du produit. Pour cette raison, les tâches ne seront pas divisées selon le type d'utilisateur.

- Sortie :
  Le résultat à l'écran est un choix de visualisations représentant une action.
- Fréquence de la tâche :
  Une à deux fois par jour pour l'utilisateur occasionnel. Plus et parfois même beaucoup plus pour les utilisateurs experts.
- Durée de la tâche :
  Suivant le nombre d'actions à visualiser, la durée peut osciller entre 1 minute dans le cas où un utilisateur désire simplement se souvenir d'un élément, à plus de 15 min si le nombre d'action est grand et que celles-ci sont analysées en détail.
- Flexibilité de la tâche :
  Il n'y a pas de séquence prédéfinie pour voir les courbes de la bourse. De même, le choix des visualisations est à l'appréciation de l'utilisateur. La seule contrainte est logique à savoir qu'il faut sélectionner une action avant de pouvoir la visualiser.
- Compétences et connaissances :
  Aucune compétence particulière n'est requise à part savoir lire et écrire.
- Dépendances de la tâche :
  Une connexion au réseau n'est pas obligatoire mais est vivement souhaitée pour se mettre à jour par rapport à la situation réelle de la bourse.
- Tâches jointes :
  Aucune tâche n'est reliée à celle-ci.

(b) Gestion simple d'un portefeuille d'action :

- But de la tâche :
  Permettre à un utilisateur de gérer de manière simple un portefeuille d'action. Par gestion, on entend la sélection, l'ajout, la suppression d'un ensemble de symboles d'actions.
- Alternative :
  Certains logiciels proposent une gestion avancée de portefeuilles d'actions. Les sites internet donnent cette possibilité par l'intermédiaire de cookies, et les applications par l'enregistrement de paramètres.
- Sortie :
  Le résultat de la gestion des actions est une sauvegarde des actions visualisées et celles qui sont présentes dans le portefeuille.
- Fréquence de la tâche :
  La sélection d'une action se fait autant de fois que l'utilisateur désire changer l'action qu'il est en train de voir. La fréquence de cette tâche dépend donc de l'intensité avec laquelle l'utilisateur consulte la bourse.

- Durée de la tâche :
  La gestion étant simple, l'ajout, la suppression et la sélection d'une action ne prennent que peu de temps. Moins d'une minute semble être le temps moyen d'exécution de cette tâche.
- Flexibilité de la tâche :
  De même que pour la consultation des actions, cette tâche ne suit pas un scénario prédéfini. Par contre, cette tâche intervient obligatoirement avant la consultation des cours d'actions.
- Compétences et connaissances :
  Aucune compétence particulière n'est requise à part savoir lire et écrire.
- Dépendances de la tâche :
  Cette tâche ne requiert pas de connexion ni de ressources particulières. Cependant, pour valider l'ajout d'une action et vérifier si celle-ci existe, une connexion Internet est nécessaire.
- Tâches jointes :
  Aucune tâche n'est reliée à celle-ci.

(c) Consultation du cours exact d'une action à un moment précis :

- But de la tâche :
  Donner à l'utilisateur la possibilité de voir précisément les différents renseignements d'une action pour une date précise.
- Alternative :
  Si les logiciels ou les sites boursiers proposent des visualisations de données boursières, celles-ci sont toujours accompagnées de la possibilité de consulter plus précisément les données d'une action pour un jour déterminé.
- Sortie :
  Divers renseignements comme les différents types de cours d'une action sont affichés à l'écran.
- Fréquence de la tâche :
  Tout dépend de la précision voulue par l'utilisateur. La plupart du temps, celui-ci utilise des données plus précises pour comparer des cours de journées différentes. Pour un utilisateur expert, cette tâche sera utilisée fréquemment, c'est-à-dire au moins deux fois par visualisation et moins pour les utilisateurs occasionnels.
- Durée de la tâche :
  L'action en elle-même dure très peu de temps mais sa durée peut augmenter si l'utilisateur désire avoir longtemps sous les yeux les différentes informations supplémentaires.

- Flexibilité de la tâche :
  De même que pour la consultation des actions et la gestion du portefeuille, cette tâche ne suit pas un scénario prédéfini. Par contre, cette tâche intervient obligatoirement après ou pendant la visualisation d'une action.
- Compétences et connaissances :
  Aucune compétence particulière n'est requise à part savoir lire et écrire.
- Dépendances de la tâche :
  Cette tâche ne requiert pas de connexion ni de ressources particulières. Cependant, pour valider l'ajout d'une action et vérifier si celle-ci existe, une connexion Internet est nécessaire.
- Tâches jointes :
  Aucune tâche n'est reliée à celle-ci.

Chapitre 4

Visualisations sur PDA

4.1 Introduction

Le domaine de recherche de ce travail porte sur les séries temporelles, i.e. des séries de données qui s'étendent sur une période de temps comme par exemple l'évolution de la température sur une année ou encore des graphiques d'évolution de vente d'un produit. Les séries temporelles qui ont servi de base de recherche sont l'évolution du cours d'une seule action sur un intervalle de un an. Comme le nombre de jours réels de la bourse correspond au nombre de jours ouvrables d'une année, nous aurons donc environ 250 jours à afficher. Dépendant de la visualisation, le nombre de données à afficher pour une journée variera entre 1 et 4. Le nombre total maximum d'informations à afficher sera donc de plus ou moins 1000 ; celles-ci devront donc être affichées simultanément sur l'écran du PDA.

L'étude de l'état de l'art a montré qu'il existait déjà de nombreux types de visualisations, et notamment utilisant la couleur. Les visualisations développées dans ce travail utilisent également la couleur.

4.2 La couleur en informatique

Il existe différents formalismes pour représenter les couleurs en informatique :

- Le codage RGB : Red(Rouge) - Green(Vert) - Blue(Bleu)
- Le codage HSL : Hue(Teinte) - Saturation - Luminance
- Le codage CMY : Cyan, Magenta, Yellow(Jaune)
- Le codage CIE : Parce que les couleurs peuvent être affichées différemment selon les périphériques d'affichage, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) a établi des standards qui permettent de définir des couleurs indépendamment des périphériques utilisés. Pour cela, elle a utilisé des critères basés sur la perception de la couleur par notre système

visuel.

- Le modèle YUV : variante de RGB
- Le modèle YIQ : très proche du modèle YUV

Nous ne nous intéresserons qu'au "codage RGB". Ce formalisme représente une couleur[1] par un triplet de type r,g,b dans lequel r, g et b sont tous les trois des octets. Le codage RGB définit donc un espace en 3 dimensions tel que le montre le cube RGB. Il est ainsi possible de

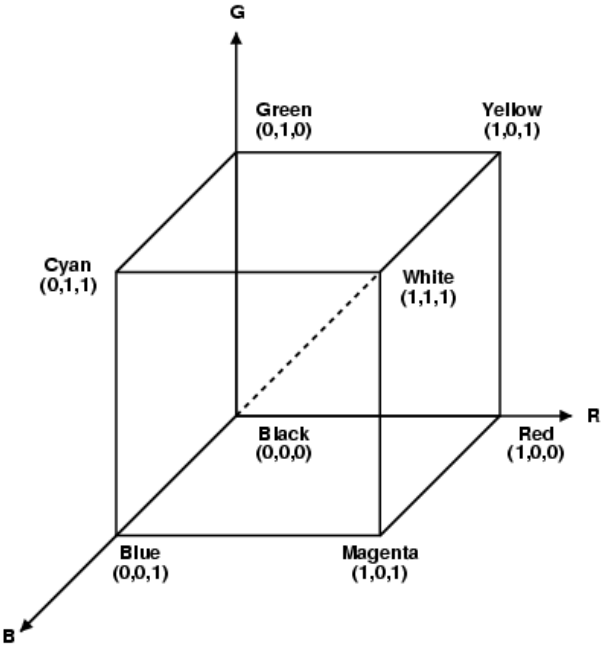

FIG. 4.1 – Le cube RGB

composer 2^{24}, soit 16 millions de couleurs différentes. Chaque élément du triplet possède des valeurs comprises entre 0 et 255, du foncé au clair. Pour le gris, il faut que les trois éléments du triplet soient égaux, i.e. r=g=b. Les valeurs extrêmes du gris forment le blanc et le noir.

4.3 L'échelle de couleur

Le choix de l'échelle est difficile car il faut trouver une palette adéquate. En effet, utiliser une large gamme de couleur permet d'afficher une large échelle de valeurs mais n'est certainement pas facile à utiliser, et encore moins à maîtriser.

Par exemple, si l'échelle de couleur utilisée comporte du rouge, du bleu, du vert, du jaune et du violet, la correspondance entre les couleurs et les valeurs qu'elles sont censées représenter

[1] en réalité, il s'agit d'un élément dont la couleur est représentée par un triplet RGB.

est difficile. Pourtant, ce choix de couleur permet de représenter un grand nombre de valeurs différentes.

Par contre, utiliser une échelle de gris permet d'apprécier immédiatement quelle couleur représente quelle valeur. Mais le nombre de valeurs différentes qu'il est possible d'afficher avec une échelle de gris est très petit et convient moins bien pour représenter des séries temporelles possédant un grand nombre de valeurs différentes.

Il faut donc trouver le juste milieu entre rapidité d'apprentissage et grandeur de l'échelle de représentation des valeurs.

Ainsi, le choix d'une échelle de couleur se restreint à l'utilisation d'un maximum de 2 couleurs principales. Pour plus de cohérence, il faut que les couleurs soient adjacentes dans le disque chromatique. [Spencer], le choix de l'échelle jaune-rouge s'avère être la meilleure échelle. En effet, celle-ci a l'avantage d'être assimilée très rapidement. Si une échelle de ce type est montrée à des utilisateurs, ceux-ci demandent assez rarement de revoir celle-ci car ils ont assimilé tout de suite que le jaune correspondait à une valeur faible et le rouge à une forte.

Pour augmenter le nombre de variations de couleurs, des dégradés vers le blanc et le noir sont ajoutés mais ne modifient en rien la facilité d'utilisation de l'échelle. En effet, le blanc se trouvant avant le jaune au niveau de la luminosité et le noir après le rouge, cela ne perturbe pas l'ordre logique de l'échelle qui va de la couleur la plus clair à la plus foncée.

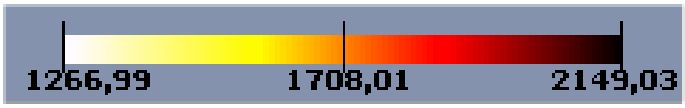

FIG. 4.2 – Echelle 4 couleurs

L'échelle comporte donc 4 couleurs principales croissantes en luminosité : blanc-jaune-rouge-noir, soit en les faisant correspondre au code RGB (255,255,255)-(255,0,255)-(255,0,0)-(0,0,0) . Cela fournit 3 intervalles de couleurs et pour chaque intervalle, une quantité de variation de couleur ; dans ce cas, nous aurons $256 * 3$, soit 768 couleurs.

Le nombre de valeurs différentes pour une action peut aller jusque 1000 et le nombre de couleurs différentes est de 768. On voit dés lors qu'il y a une différence entre le nombre de valeurs à afficher et le nombre de couleurs disponibles, une couleur peut correspondre à plusieurs valeurs.

4.4 3 visualisations

4.4.1 Circle Chart

Circle Chart (noté CC) cache en réalité deux visualisations basées sur la même idée : la métaphore de l'horloge inspirée par la technique de division du cercle en segment. Les deux visualisations vont de paire car elles possèdent chacune un avantage et un inconvénient. CC ne permet de voir l'évolution que d'un seul type de cours d'une action.

Etant donné que CC utilise une échelle de couleur, l'écran est divisé en 2 parties : la partie supérieure (la partie principale) utilisée pour l'affichage des données et la partie inférieure pour l'affichage de cette échelle.

En effet, l'espace de représentation est un cercle. Celui-ci est naturellement divisé en douze partie afin de former les mois. Le sens de lecture des mois est le sens horlogique (métaphore de l'horloge encore une fois).

Circle Chart 1

Après avoir construit les mois, il faut maintenant découper ces mois en jour. Chaque mois compte un nombre de jour différents allant de 19 à 21 jours[2]. Ainsi, les mois auront des longueurs différentes.

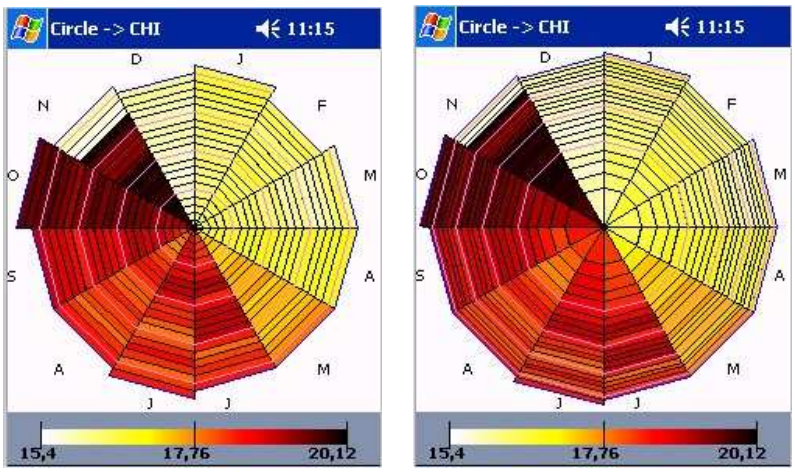

FIG. 4.3 – Deux types de Circle Chart : CC1 et CC2

Comme le montre la figure, les jours sont représentés par de petits polygones. Chacun de ces polygones possède la même longueur, ce qui procure un aspect de cohérence à l'ensemble.

[2]Pour rappel, seuls les jours ouvrables sont pris en compte

Les informations sont ajoutées en colorant le cercle (et donc l'intérieur de chaque polygone) par interpolation.

L'inconvénient majeur de cette visualisation réside dans le fait que les jours proches du centre (i.e. les jours du début de mois) sont trop petits pour être discernés clairement, ce qui rend l'information confuse. Par contre, les autres jours apparaissent clairement et sans confusion.

Circle Chart 2

Le concept est le même mais apporte une solution au manque de lisibilité énoncé précédemment. Les jours proches du centre sont grossis ; en fait, au lieu de découper les jours par rapport à la longueur du rayon, ceux-ci seront construits de telle manière que chaque polygone les représentant ait la même aire.

Même si les jours proches du centre sont plus lisibles, cela se fait au dépend des jours à l'extérieur qui deviennent à leur tour moins lisibles. Ainsi, ces deux visualisations basées sur la métaphore de l'horloge peuvent être utilisées de manière complémentaire. Si l'utilisateur veut une approche plus globale, il se contentera du premier type de CC, et si il veut plus de précision, il choisira la seconde solution.

Il faut remarquer que ces deux types de CC sont cohérents. En effet, pour chaque visualisation, les jours ont les mêmes proportions (que ce soit par rapport au rayon du cercle ou par rapport l'aire d'un secteur du cercle) et la même forme. La visualisation aurait pu choquer si les jours avaient eu des longueurs ou des aires différentes car si les mois ont un nombre de jours différent, les jours auraient pu être construits de telle manière que les mois possèdent la même longueur ou la même aire.

4.4.2 Brick Wall Chart

Brick Wall Chart (noté BWC) utilise également une échelle de couleur au même titre que CC et donc l'écran sera de nouveau divisé en deux parties : la partie supérieure pour le BWC lui-même, la partie inférieure pour l'échelle. Cependant, il sera possible cette fois d'afficher jusqu'à quatre cours importants d'une action.

BWC utilise la métaphore du calendrier inspirée par le Pixel Bar Chart : les mois seront disposés en colonnes dans le sens gauche-droite, les jours sont distribués dans le sens bas-haut.

Que ce soit pour afficher 1 ou 4 cours, BWC aura la même disposition sur l'écran. Un jour correspond à un polygone et accueille par défaut un seul type de cours d'action. Pour afficher 4 cours différents, le polygone représentant un jour est alors divisé verticalement en 4.

La méthode de remplissage des polygones est la même que pour CC, les couleurs sont affichées par interpolation.

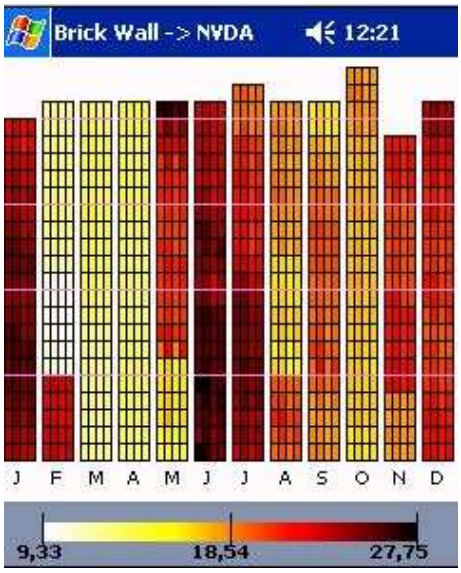

FIG. 4.4 – Brick Wall Chart

4.4.3 Stacked Bar Chart

Stacked Bar Chart (noté SBC) utilise par définition les graphiques en bâtonnets. SBC permet de voir l'évolution de deux cours, soit par exemple les cours d'ouverture et de fermeture[3]. Les couleurs (seulement le bleu et le rouge) sont encore utilisées ici mais simplement pour faire la distinction entre les bâtonnets superposés car l'échelle utilisée pour cette visualisation est classique avec le temps en abscisse et le cours en ordonnée.

La couleur rouge représente toujours le cours d'ouverture et la couleur bleue le cours de fermeture. Dans le cas où le cours d'ouverture est plus élevé que le cours de fermeture, le bâtonnet sera coloré verticalement jusqu'à la valeur correspondant au cours de clôture en bleu, et le reste du bâtonnet sera coloré en rouge. Dans le cas contraire, le rouge occupera la partie inférieure du bâtonnet et le bleu la partie supérieure.

[3]C'est le cas qui a été pris lors du développement et des tests du logiciel.

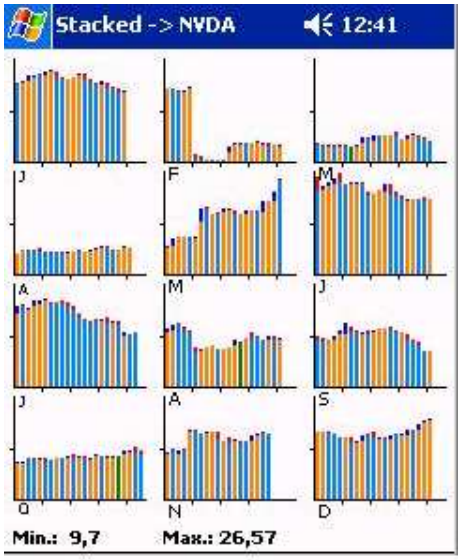

FIG. 4.5 – Stacked Bar Chart

4.4.4 Interactions avec l'utilisateur

La visualisation met en place une série d'interactions avec l'utilisateur.

La première est une info-bulle qui s'affiche, renseignant les quatre types de cours. Cet événement est appelé si l'utilisateur appuie avec le stylo sur une zone de l'écran correspondant à un jour de n'importe quelle visualisation. De cette manière l'utilisateur peut en tapant sur l'écran, consulter les cours de l'action à un moment précis. Cette info-bulle reste affichée tant que l'utilisateur a son stylo appuyé sur l'écran. L'info-bulle n'est donc pas verrouillée à l'écran dans l'attente d'une nouvelle action.

La deuxième est activée grâce au bouton de zoom qui permet de zoomer sur un mois particulier et d'avoir accès à des visualisations secondaires comme expliqué dans la section suivante. Ce zoom permet de passer d'une vue complète sur un intervalle de un an à une vue détaillée comprenant les différents cours d'une action pour un mois. La fonction zoom va de paire avec l'option dézoom qui permet de revenir à une vue d'ensemble.

Cette possibilité de zoomer peut résoudre en partie le problème du Circle Chart pour lequel certaines données (soit les jours de début de mois, soit les jours de fin de mois) sont peu lisibles. Au lieu de passer à l'autre mode de Circle Chart (passer de Circle Chart sans zoom au Circle Chart avec zoom, et inversément), les données pourront être vues en passant par la fonction zoom sur les visualisations secondaires, ce qui prend moins de temps à calculer, et donc peut s'avérer être une bonne solution alternative.

4.4.5 Les visualisations secondaires

Les visualisations secondaires sont au nombre de deux mais représentent toutes les deux l'évolution des quatre cours d'une action sur un laps de temps d'un mois. Ces visualisations sont sans aucun doute plus familières aux amateurs boursiers car elles sont classiques dans ce domaines : les graphiques en chandeliers et les graphiques en barres. Le premier type d'interaction concernant les info-bulles est toujours actif pour celles-ci. Ces deux graphiques secondaires apportent de la précision tout en affichant un nombre d'informations raisonnable, soit les 4 cours différents d'une action.

FIG. 4.6 – Les deux visualisations secondaires

4.4.6 Le son

Comme déjà expliqué le son ne jouera principalement qu'un rôle de confirmation des actions effectuées. En effet, le logiciel possédant de nombreux écrans de chargement, il est nécessaire d'avertir l'utilisateur de la bonne marche de celles-ci.

Malgré tout, le son intervient pour donner des informations supplémentaires car un signal sonore est émis lorsque l'utilisateur appuie sur une zone dont le cours est maximum, ou minimum pour la période affichée. Ce son est émis lorsque l'utilisateur tapes sur l'écran à cet endroit, l'information transmise par le son n'est donc qu'une confirmation de la recherche d'un extremum car l'utilisateur en tapant sur l'écran voit apparaître une info-bulle indiquant le cours de l'action. Et si l'utilisateur se réfère à l'échelle, il pourra voir que le cours est maximum. Grâce à ce son, il n'a donc plus besoin de se référer aux valeurs de l'échelle pour trouver l'extremum.

Le son est présent aussi dans la navigation, lorsque l'utilisateur sélectionne une opération dans le menu. Le problème a déjà été soulevé : parfois, l'utilisateur ne sait pas si il a bien tapé sur l'écran pour enclencher l'action ou non. Un son est émis lorsqu'une action est commandée,

de cette manière, l'utilisateur aura la confirmation de ses actes, de plus cela empêchera celui-ci de répéter une action déjà enclenchée ou une annulation prématurée d'une action en cours, et donc, moins d'erreur dans l'utilisation de l'application. Cette dernière remarque est à faire pour tous les logiciels qui en général utilisent ce stratagème également.

4.4.7 Personnalisation

Il est possible pour l'utilisateur de gérer simplement un profil d'action : ajouter, sélectionner, modifier ou supprimer. L'application fonctionne suivant un profil de l'utilisateur contenant une série d'actions de son choix. Ce n'est pas comme un portefeuille d'actions avec lequel on peut gérer complètement ses actions, en vendre et en acheter. Ici, cette gestion est simple et se limite donc à créer une liste d'actions qui seront visualisées.

De même, l'utilisateur peut préciser s'il est droitier ou gaucher ; de ce choix dépendra l'orientation des info-bulles affichées. Les info-bulles sont un élément important de l'application car ce sont les informations les plus précises qu'il peut être possible d'afficher. Ces info-bulles doivent donc être placées de manière à ne pas gêner l'utilisateur. Comme le stylo doit être en contact avec l'écran du PDA pour que les info-bulles soient visibles, celui-ci peut gêner l'utilisateur si les info-bulles apparaissent à certains endroits. Par exemple, si l'utilisateur est droitier, le stylo et la main couvriront une partie de l'écran, à droite de l'endroit où le stylo touche l'écran. Si l'info-bulle est affichée à droite du stylo, celle-ci sera partiellement masquée. Par contre si celle-ci est affichée à gauche, elle sera parfaitement visible. C'est pourquoi les info-bulles sont adaptées au type d'utilisateur.

4.4.8 Aide aux visualisations

Les graphiques, hormis les couleurs, sont fort dépouillés en information explicite. Il n'est jamais mentionné directement que tel jour est le 3 janvier, ni que tel autre est le 5ème jour ouvrable du mois. Ainsi, il est assez difficile de se repérer dans le temps. Pour cette raison, des repères sont affichés, ajoutant ainsi un "repère chronologique". Ces repères sont en fait des lignes colorées en rose affichées à chaque intervalle de 5 jours. Le rose est une couleur à la luminosité proche du jaune et rappelle également le rouge. Elle n'influencera donc pas la visualisation. La couleur utilisée pour ces lignes devait rester dans les mêmes tons que les couleurs de l'échelle car en utilisant une autre couleur comme le bleu par exemple, le jeu des différents contrastes, vus dans le chapitre sur la couleur et le son, auraient perturbé l'appréciation des couleurs dans les visualisations. Ces lignes facilitent le repérage des jours et permet de mieux apprécier la place des jours dans un mois. Par exemple, si l'utilisateur cherche le douzième jour d'un mois, il le trouvera plus vite avec ces repères que sans.

Deuxièmement, les visualisations utilisent des métaphores, que ce soit du calendrier ou de l'horloge, et donc impliquent intuitivement une répartition particulière des mois de l'année. Mais il arrive que cette répartition surprenne lorsque l'on passe d'une visualisation à l'autre, c'est pourquoi la première lettre de chaque mois est affichée en regard du mois correspondant. Certains mois possèdent les mêmes initiales comme par exemple les mois de mai et de mars. Ces mois seront donc marqués de la même lettre "M". Il est dés lors possible de les confondre encore. Mais le but de cette aide n'est pas d'éliminer toutes les erreurs possibles, car il suffit d'écrire le nom complet du mois. Dans ce cas, le nom à afficher serait trop long et engendrerait une utilisation moins optimale de l'espace disponible pour les visualisations. Ici, il est question d'aider l'utilisateur à faire moins d'erreurs tout en utilisant un maximum d'espace pour les visualisations.

Ces aides paraissent anodines mais sont nécessaires pour une bonne compréhension des graphiques observés et moins d'erreurs de navigation ou d'utilisation de la part de l'utilisateur.

Chapitre 5

Outils de développement

5.1 Le PDA et ses limites

5.1.1 Le PDA

Le PDA est un véritable outil personnel de productivité qui compte désormais plus de 30 millions d'utilisateur dans le monde. Au départ un agenda high-tech pour jeune cadre, il est l'objet nomade parfait pour avoir près de soi un outil avancé gérant les fonctionnalités classiques de l'agenda, carnet d'adresse, bloc-note, gestionnaire de tâches faisant office d'aide mémoire et messagerie. Le PDA est le modèle de la mobilité.

Les applications se sont multiplié avec l'expansion des PDA, et elles se veulent de plus en plus compatibles avec celles disponibles sur ordinateur. On trouve dans les PDA des programmes de bureautique allégés comme une calculatrice, un tableur, un traitement de texte et des visualiseurs pour de nombreux formats que ce soit image (jpeg, png,...) ou texte (pdf,...).

Mais les PDA sont de plus en plus prisés dans les domaines où la mobilité est essentielle. Que ce soit pour aider un médecin à obtenir des informations sur un patient en se connectant à une base de données grâce au PDA ou obtenir le stock restant de tel ou tel produit pour un commerçant, les programmes conçus pour PDA semblent faciliter le travail de certaines professions.

Utiliser des programmes et interfaces développées pour ordinateur est courant, et pour présenter de telles applications, il n'est pas toujours nécessaire de présenter les différentes caractéristiques matérielles de l'ordinateur, excepté pour des tests de performances par exemple. Cependant, le type d'application concernée par ce travail est basé sur les PDA.

Les PDA ressemblent dans leur architecture à un ordinateur, un PDA possède un processeur, de la mémoire, mais la grande différence réside dans le fait que ces composants sont adaptés à la taille du PDA et de ce fait sont miniaturisés. Comme un PDA s'utilise en général sans fil, c'est-à-dire sur batterie, l'énergie consommée ne doit pas être trop élevée. Pour cette raison les

composants seront différents : par exemple, des mécanismes d'optimisation de la gestion de la mémoire requièrent des calculs supplémentaires et donc de l'énergie. Ces mécanismes ne seront donc pas mis en place dans la mémoire d'un PDA.

Il peut donc être important de bien cerner les différentes limitations engendrées par les PDA, car celles-ci auront un impact dans la conception de nouvelles visualisations.

5.1.2 Matériel utilisé

L'appareil utilisé pour ce travail est un PDA de type Pocket PC. PDA signifie "Pocket Digital Assistant", de par cette dénomination, il est évident que cela n'en fait pas un ordinateur personnel mais un assistant portable.

FIG. 5.1 – HP Pocket PC 3900 Series

- Système d'exploitation : Microsoft Pocket PC 2002
- Processeur : 400 MHz Intel PXA250 Application Processor
- Ecran : Ecran couleur TFT translectif, couleurs 65K (i.e.65,536 de couleurs) ; Ecran tactile ; Résolution : 240 x 320 pixels ; Pas de .24mm.
- Mémoire : SDRAM : 64 MB ; Flash ROM : 32 MB ;
- Audio : Haut-parleurInput
- Méthode de capture : Reconnaissance écrite (écriture manuscrite), soft de clavier, reconnaissance de caractères, enregistrement de voix
- Dimensions : 13,5 x 8,5 x 1,5 cm
- Connection sans fil jusqu'à 115 Kbps

- Batterie : 1400 mAh Lithium Polymer
- Poids : 184 gr, batterie incluse

5.1.3 Limites

L'écran

L'écran mesure quelques centimètres à peine et ne permet pas de dépasser 240x320 pixels, c'est le principal désavantage d'un PDA. Bien entendu, le but d'un PDA n'est pas d'offrir des applications similaires à un ordinateur, mais l'écran est un obstacle à franchir dans le développement d'applications.

Les écrans TFT ont l'avantage de fournir un bon confort visuel, peuvent être vus sous de nombreux angles sans que les couleurs ne se dégradent ou que l'écran devienne illisible. Ils sont également plus rapide et offre un temps de réponse plus faible. Le principal désavantage de ces écrans est qu'ils consomment plus de batteries. Il y a 65k couleurs affichables, ce qui représente une large palette de couleurs et à ce niveau ne représente pas un inconvénient ou une limite dans le développement de logiciel sur PDA.

D'autres contraintes sont aussi à souligner : il est quasiment impossible d'afficher plus d'une application active ou de menus trop long ; la même remarque s'impose pour le nombre de fenêtre.

Le processeur

La série de processeurs de l'iPAQ Pocket PC Series va de 206 à 400Mhz. Comparé à la puissance des ordinateurs actuels, cela paraît peu mais cette puissance est largement suffisante pour utiliser des applications basiques comme par exemple les gestionnaires d'agenda, les logiciels de traitement de texte, les clients mail. Cependant, ces processeurs ne permettent pas d'utiliser des programmes multimédias puissants.

La mémoire

La mémoire est à associer au processeur. La SDRam offre un bon compromis prix-performance. Sa taille est proportionnelle au processeur et est parfaitement adaptée pour des applications comme celles citées dans le point précédent. Malheureusement, elle ne permet pas le stockage de gros fichiers.

Les mémoires des PDA ne sont pas les mêmes que celles des ordinateurs car le PDA ne dispose que de mémoire vive et ne permet donc pas de stocker de manière permanente les données. Ainsi, si la batterie est vide, il est possible de perdre des données précieuses.

Outils d'interaction

Par défaut, un PDA propose quelques boutons de navigation (quelques raccourcis vers le calendrier par exemple, et des touches multidirectionnelles) mais c'est surtout le stylo qui est utilisé pour les interactions. Le stylo est facile à utiliser, instinctif et remplace le clavier classique. Les logiciels fournis avec la plupart des PDA autorisent également la reconnaissance manuscrite ainsi que la reconnaissance de caractères. Cette dernière possède deux modèles de fonctionnement : caractère par caractère (dans ce cas l'utilisateur entre un seul caractère à la fois, le caractère est alors reconnu et ensuite seulement l'utilisateur peut entrer un autre caractère) ou à la volée (l'utilisateur écrit une suite de caractères qui seront reconnus dès que l'utilisateur aura fini de les écrire). Dans le premier cas, la reconnaissance est plus facile car les caractères ne sont pas liés entre eux. Par contre dans le deuxième cas, si l'utilisateur écrit dans des lettres qui ne sont pas capitales, c'est-à-dire comme une page manuscrite, la reconnaissance est plus délicate et amène de nombreuses erreurs. Par exemple les deux lettres "oi" collées ensemble et pas suffisamment séparées seront considérées comme le caractère "a". Il est donc conseiller d'utiliser des lettres capitales pour parvenir à une saisie performante.

Cette méthode permet d'accélérer l'insertion de données et compense la lenteur du stylo. Un des problèmes majeurs du stylo (couplé avec le film de protection posé sur l'écran) est la sensation tactile qui n'est pas la même qu'avec un clavier ou une souris. De nombreux accessoires existent pour pallier les lacunes des PDA, notament les claviers infrarouges.

FIG. 5.2 – Clavier infrarouge azerty pour Palm et Pocket PC

Réseau

Le taux de transfert est un problème. Alors que les GSM permettent des transferts de données de 9.6 kbits/sec, GPRS 57.6 kbits/sec et l'UMTS 384 kbits/sec, les PDA ont en général un taux de transfert oscillant entre 64 et 144 kbits/sec. Cela représente donc un problème pour le transfert de gros paquets de données. De plus, certaines applications peuvent perturber les connections réseaux et diminuer le débit comme l'écoute de stations radio par exemple.

5.2 La plateforme Microsoft .NET

5.2.1 Qu'est-ce que .NET ?

De nombreux produits Microsoft sont aujourd'hui marqués du label ".NET" (prononcez Dot-NET). Au-delà de cet aspect marketing, .NET est une plateforme de développement composé de langages et de protocoles développés. Cette plateforme a pour but de permettre le développement rapide et simple d'applications Web inter-opérables, reposant sur une nouvelle architecture.

5.2.2 Architecture .NET

.NET est une plateforme et une technologie nouvelle, innovante mais parfois au détriment de la compatibilité avec les produits existants.

.NET supporte plus de 27 langages de programmation (Perl, Python, Cobol, Haskell, ML, Jscript, Ada, APL, Eiffel, Pascal, Fortran, ManagedC++, Visual Basic, C#, SmallTalk, Oberon, Scheme, Mercury, Oz, Objective Caml, J#, ...) qui se fondent tous sur une même hiérarchie de classe proposant les services de base. Le .NET Framework, qui est le modèle de programmation de la plate-forme .NET, fournit un environnement d'exécution, appelé CLR pour Common Language Runtime, qui exécute le code et offre des services qui simplifient le processus de développement.

.NET fait la part belle au protocole SOAP[1] et utilise intensivement le XML. SOAP et les Web Services sont en effet des éléments fondamentaux de la plateforme .NET, et un outil de propagande.

La dernière évolution en date chez Microsoft était DNA (Distributed interNet Architecture), qui, de par son nom, mettait l'accent sur les technologies de l'Internet ainsi que sur l'utilisation de web-services.

Cependant, il existe de grosses différences et des évolutions majeures en passant à .NET :

1. Le serveur Web IIS qui abandonne le modèle multi-threadé performant mais fragile au profit d'un modèle multi-processus.

[1]SOAP pour Simple Object Access Protocol est un protocole de Web Services.

FIG. 5.3 – L'architecture .NET

2. La technologie ASP, qui cède la place à ASP.NET (initialement baptisée ASP+), où les scripts interprétés cèdent la place à des codes compilés à leur première invocation, à la façon des pages JSP.
3. le langage VB.NET qui n'assure plus la compatibilité ascendante depuis VB6, car ce langage reçoit énormément d'apports (héritage, ...) de façon à remplir le contrat de service de la Common Language Specification (CLS).
4. Un nouveau langage nommé C# (prononcez "see sharp") voit le jour : il s'agit d'un langage objet moderne, sorte de synthèse entre C++ et Java . Le créateur de C# est Anders Hejlsberg, qui fût l'architecte de plusieurs langages et outils chez Borland, dont le célèbre Delphi.
5. Le nouveau modèle de programmation, basé sur SOAP et les Web Services change fondamentalement la façon de concevoir ses applications, et ouvre la voie vers un nouveau métier : la fourniture de services Web en ligne.

.NET utilise et respecte de nombreux standards tels que le W3C[2], l'IETF[3] ou l'ECMA[4] et ainsi assure une plus grande compatibilité. Un des nombreux reproches fait à Microsoft était son manque de respect par rapport aux normes, notamment avec Internet Explorer, mais ici, il nous prouve le contraire.

[2]Le W3C est le Consortium du World Wide Web qui crée des standards pour le Web

[3]L'Internet Engineering Task Force est un groupe informel et auto-organisé dont les membres contribuent à l'ingénierie et à l'évolution des technologies de l'Internet.

[4]European Computer Manufacturers Association, association de constructeurs

5.2.3 Le Compact Framework

Le Framework est le composant qui permet de développer et d'exécuter les applications et web services .NET. Il est composé du CLR (Common Language Runtime) et d'un ensemble unifié de librairies de classe.

Le CLR est responsable des services d'exécution comme la gestion de la mémoire, des processus mais a également un rôle au cours du développement notamment dans la gestion des cycles d'exécution, de la réduction des liens dynamiques....

Les classes de base fournissent les fonctionalités standards comme le management de thread, les fonctions input/output, les IHM....

Les classes de ADO.NET permettent aux développeurs d'interagir avec les données accédées via XML, ODBC, Oracle ou encore les interfaces SQL Server.

Ensemble, ces librairies fournissent une interface consistante de développement entre les différents langages supportés par le .NET Framework.

Les restrictions matérielles engendrées par les systèmes embarqués ne permettent cependant pas d'utiliser le Framework, c'est pourquoi il est nécessaire d'utiliser le .NET Compact Framework.

Ressemblance avec .NET Framework

1. CLR :

   Etant donné que le CLR se charge de la spécification du langage commun, il est normal qu'une partie du CLR soit réutilisée dans le Compact Framework. La taille du Common Language Runtime du .NET Compact Framework représente environ 12 pour cent de celle du Common Language Runtime de l'ensemble du .NET Framework.

2. Formats de fichier :

   Les formats de fichiers utilisés par les deux Framework sont les mêmes mais leur utilisation est propre au type de Framework utilisé à la compilation. Ainsi, il ne sera pas possible d'exécuter des composants compilés avec le Compact Framework dans le Framework général. Il n'est pas possible non plus d'exécuter dans le .NET Compact Framework un composant binaire compilé dans le .NET Framework.

3. Prise en charge de plusieurs langages :

   L'interopérabilité interlangage fait partie intégrante du .NET Compact Framework et les deux premiers langages à avoir été pris en charge sont C# et VB.

4. Système de type commun (CTS, Common Type System) :

   Des types primitifs communs sont disponibles et utilisables. Mais il est possible également de définir ses propres types.

5. Modèle de thread :
   Les deux infrastructures partagent un modèle de programmation multithread qui utilise le mécanisme d'ordonnancement du système hôte.

Différences avec .NET Framework

Les différences sont nombreuses et se situent aussi bien au niveau de la sécurité qu'au niveau des données.

1. Assemblys :
   Le .NET Compact Framework ne prend pas en charge le chargement d'assemblys dans une zone de code indépendante du domaine, ni les assemblys composés de plusieurs modules.
2. Tableaux :
   Au niveau des tableaux, le Common Language Runtime ne prend pas en charge les limites inférieures autres que zéro.
3. Web services :
   Le .NET Compact Framework est essentiellement une plate-forme de client élaboré et ne prend pas en charge ASP.NET. Le Web Mobile Toolkit est nécessaire pour ce type d'applications.
4. Précision virgule flottante :
   Seule Math.Round(double a) est prise en charge ; Math.Round(double a, double b) n'est pas prise en charge.
5. Délégation :
   Les délégués asynchrones, en particulier les méthodes BeginInvoke et EndInvoke, ne sont pas pris en charge.
6. Entrées/sorties
   Comme les E/S de périphériques ont lieu en mémoire vive, il est impossible de définir ou d'utiliser des attributs de fichier et de répertoire.
7. Mémoire et processeur :
   Le .NET Compact Framework est optimisé pour les systèmes alimentés par batterie et évite d'utiliser intensivement la mémoire vive et le temps processeur.
8. Accès distant :
   Le .NET Compact Framework ne prend pas en charge l'accès distant.
9. Sérialisation :
   Pour des raisons de taille et de performances, le .NET Compact Framework ne prend en charge ni la sérialisation binaire, ni la sérialisation SOAP.

10. Compatibilité :

    Les versions binaires des applications utilisant des expressions régulières dans le .NET Compact Framework ne sont pas compatibles avec celles des applications utilisant des expressions régulières dans le .NET Framework, mais leurs codes sources sont compatibles.

11. XML :

    Pour des raisons de taille, le .NET Compact Framework ne prend en charge ni la validation de schéma XML ni les requêtes XPath sur les documents XML.

12. Interfaces :

    Des contrôles Windows Forms sont spécialement conçus pour le .NET Compact Framework.

5.2.4 Le langage Csharp

Csharp est le langage mis en avant par Microsoft et constitue donc le produit phare de la gamme de produit .NET . Csharp est un langage orienté objet dérivé de C et de C++ sur le langage C-C++ (le nom évoque déjà une ressemblance entre les deux langages) dont il utilise en grande partie la syntaxe. Un des concepteurs de C# a d'ailleurs travaillé longtemps sur le projet Borland. Csharp utilise également des notions empruntées à Java comme le Garbage Collector. CSharp se caractérise par sa simplicité et son modernisme. CSharp est compilé comme du code managé, i.e. qu'il tire parti des services du CLS dont le garbage collector.

5.3 Autres langages

5.3.1 Java J2ME

Java 2 Micro Edition est une architecture technique dont le but est de fournir une base de développement aux applications pour des systèmes embarqués. J2ME est donc une version allégée de J2SE pour respecter les limitations des systèmes embarqués.

L'architecture J2ME se découpe donc en plusieurs couches :

1. Les profiles : Ils permettent à une certaine catégorie de terminaux d'utiliser des caractéristiques communes telles que la gestion de l'affichage par exemple.
2. Les configurations : Elles définissent une plate-forme minimale en terme de services.
3. Les machines virtuelles : Une JVM peut être adaptée à la puissance des systèmes qui la supporte (KVM, CVM,...).
4. Le système d'exploitation : Adaptation à l'environnement suivant le système d'exploitation (Windows CE, Palm Os, SavaJe, ...).

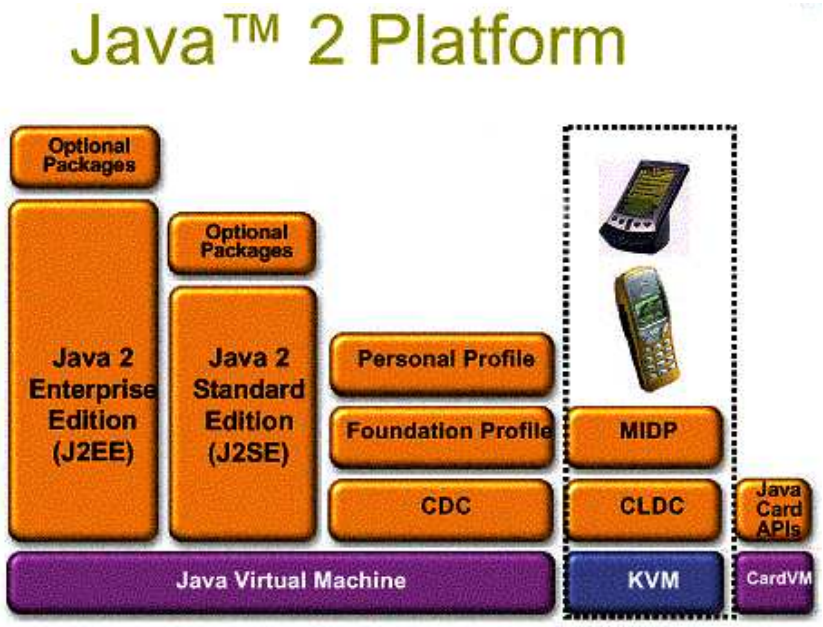

FIG. 5.4 – L'architecture de la J2ME

Plusieurs versions de J2ME sont disponibles et le choix de celles-ci est guidé par le système d'exploitation et les spécications matérielles.

L'avantage de cette architecture en couche est qu'en fournissant un ensemble d'API, elle permet à une application de s'exécuter sur plusieurs terminaux sans modification de son code. La plateforme propose ainsi deux configurations.

1. **CDC Connected Device Configuration :**

   Cette configuration concerne tout les appareils à ressources faibles ou limitées : les périphériques sans fil par exemple.

   Les caractéristiques requises par cette configuration sont les suivantes :
   - Minimum 521ko de ROM et 256ko de RAM.
   - Processeur 32 bits.
   - Connexion réseau obligatoire, avec ou sans fil.
   - Support des spécifications complètes de la machine virtuelle Java (CVM i.e. Card Virtual Machine).

     CDC fournit une machine virtuelle et une librairie de classes de base servant de support aux applications Java.

2. **CLDC Connected Limited Device Configuration :**

   Configuration destinée aux terminaux légers (GSM, PDA). Ces périphériques étant limités

en terme de ressources, l'environnement classique ne permet pas de respecter les contraintes d'occupation mémoire liés à ces appareils. J2ME définit donc un ensemble d'API spécifiques à CLDC et destiné à utiliser les particularités de chaque terminal d'une même famille (profile).

Les caractéristiques de cette configuration :

- Minimum de 160Ko à 512Ko de RAM, processeur 16 ou 32 bits, vitesse 16Mhz ou plus.
- Alimentation limitée, prise en charge d'une batterie.
- Connexion réseau non permanente, sans fil.
- Interface graphique limitée ou inexistante.

Ce sous-ensemble de classes Java doit être supporté par la machine virtuelle KVM (Kilobyte Virtual Machine). La KVM est beaucoup plus petite que la JVM classique, elle utilise seulement 80ko de mémoire au maximum mais elle s'avère également beaucoup plus lente, de 30 à 80% moins performante. Il n'y aucun compilateur Just-In-Time ni même de prise en charge des nombres flottants. Quant au Multi-threading et au Garbage Collector, ils demeurent supportés.

PersonalJava

PersonalJava est un JAE (Java Application Environment) pour des appareils connectés sur le réseau (ce qui est le cas avec les GSM ou les PDA) et exécute des programmes écrits en Java.

5.3.2 Waba et Superwaba

Waba est une plateforme de développement spécialisée pour les systèmes embarqués. Il fonctionne aussi bien pour les PDA que pour les gsm. Waba met à disposition un langage proche de Java et une machine virtuelle.

De même que le Compact Framework, Waba est un ensemble optimisé pour les systèmes embarqués (et sont même portables vers les PalmPilot), tant au niveau de la gestion de la mémoire qu'au niveau du processeur.

Cependant, Waba n'a pas de relation avec Sun Microsystems, mais leur politique interne a voulu que la programmation en Waba soit possible avec les outils classiques de Java. Pour cette raison et au même titre que le Compact Framework n'utilisait pas entièrement le Framework de .NET, le langage Waba utilisera un sous-ensemble de Java.

En outre, Waba utilise un sous-ensemble de la syntaxe de Java. Les applications Waba peuvent être exécutées dans des environnements où Java est disponible, ainsi que comme une applet Java. Les programmeurs familiarisés avec Java pourront donc développer facilement des applications Waba.

Superwaba est une plateforme open source pour les applications PDA. Comme Waba, Superwaba définit un langage, une machine virtuelle ainsi qu'un ensemble de classes de base. Les mêmes ressemblances à Java sont valables pour Superwaba.

5.3.3 Embedded C++/VB

Au départ, Microsoft avait développé une plateforme spécialement pour les systèmes embarqués : Embedded Visual Tools. Cet outil regroupait C++ et Visual Basic comme langage de programmation. Bien que la politique de Microsoft se soit orientée vers .NET, Embedded Visual Tools s'avère être une des solutions possible de développement. Un de ses points forts est que les fichiers compilés sont directement exécutables et ne requièrent pas de Machine Virtuelle comme c'est le cas pour Java.

5.4 Conclusion

Le choix du langage de programmation est délicat, car chacun de ces langages apporte son lot d'avantages et d'inconvénients. Cependant, le choix de Csharp s'imposait naturellement pour plusieurs raisons.

Premièrement, le système d'exploitation utilisé dans les Pocket PC est Windows CE, une version allégée de Windows. Choisir une technologie développée par Microsoft et adaptée aux Pocket PC n'était donc certainement pas un mauvais choix.

Deuxièmement, l'environnement .NET est un environnement particulièrement bien adapté aux Pocket PC. De plus, .NET a l'avantage d'être le produit phare de Microsoft, ce qui signifie que cette technologie possède de nombreuses solutions alternatives. Des patchs correctifs et des mises-à-jour sont donc facilement disponibles.

Finalement, Csharp est un langage nouveau, simple d'utilisation et particulièrement prisé en ce moment. Cela en fait donc le langage de programmation du moment.

Chapitre 6

Implémentation

Ce chapitre aborde une partie beaucoup plus technique. Nous allons ici discuter de l'implémentation, des difficultés rencontrées ainsi que des améliorations futures possibles.

6.1 Interpolation des couleurs

La particularité de cette application est l'utilisation des couleurs via une échelle de couleurs. A chaque valeur doit correspondre une couleur. La réciproque n'est pas nécessairement vrai. Nous avons vu auparavant qu'il y avait 768 couleurs possibles et qu'une année comptait environ 250 jours ouvrables.

Pour rappel, l'échelle de couleur est constitué respectivement de blanc-jaune-rouge-noir. Comme une couleur est un triplet d'entiers compris entre 0 et 255 (conversion RGB d'une couleur), nous pouvons y faire correspondre les triplets suivant : (255,255,255)-(255,0,255)-(255,0,0)-(0,0,0). Nous aurons donc trois intervalles de valeurs :

- (255,255,255) $\longrightarrow$ (255,0,255)
- (255,0,255) $\longrightarrow$ (255,0,0)
- (255,0,0) $\longrightarrow$ (0,0,0)

Il suffit dés lors de remettre les valeurs de l'historique sur une échelle compatible avec l'échelle de couleur. Les valeurs oscillent entre une borne supérieure et une borne inférieure. Nous pouvons alors convertir les valeurs en pourcent.

$$x \epsilon [bi, BS] : pourcent = x * 100 \div (BS - bi) \tag{6.1}$$

Comme il existe trois intervalles de valeurs différentes pour les couleurs, les pourcentages obtenus devront être divisés en trois parties également. Ensuite, il sera facile de faire la correspondance avec un triplet.

```
/*i étant compris entre 0 et 767*/
switch (i/256)
{
    case 0 :
        return Color.FromArgb(255, 255-(i%255), 255);
    case 1 :
        return Color.FromArgb(255, 0, 255-(i%255));
    case 2 :
        return Color.FromArgb(255-(i%255), 0, 0);
}
```

De cette manière nous obtenons pour toute valeur, une couleur qui sera affichée à l'écran.

La conversion en pourcent n'est pas nécessaire, nous pourrions directement convertir les chiffres pour les calibrer à une échelle allant de 0 à 768. Mais grâce à ce système, il est très facile de changer d'échelle en ne modifiant que légèrement l'algorithme.

6.2 Interaction

Nous l'avons vu dans un chapitre précédent qu'il était possible de taper sur l'écran avec le stylo pour faire apparaître des info-bulles ou de zoomer. C'est de ce type d'interaction dont il est question dans cette section. Cette section permettra aussi de se faire une idée sur les quelques problèmes qui pourraient survenir lors l'utilisation du stylo.

Une première remarque à faire concerne les axes des abscisses et des ordonnées. D'habitude, ces axes sont représentés selon le plan cartésien : l'axe des abscisses est dessiné de la gauche vers la droite, l'axe des ordonnées du bas vers le haut. Nous utiliserons une orientation différente de ces axes pour correspondre aux caractéristiques d'implémentation des langages de programmation :

- L'origine se situe dans le coin supérieure gauche de l'écran.
- L'axe des abscisses est orienté de gauche à droite
- L'axe des ordonnées est orienté de haut en bas.

6.2.1 Brick Wall Chart et les visualisations secondaires

La détection dans Brick Wall Chart est la plus facile. La détection des mois se fait par rapport à l'abscisse, et les jours par rapport à l'ordonnée. Il n'y a pas de problème d'interaction particulier à noter car les zones correspondant aux jours sont assez grandes.

Les visualisations secondaires sont à priori fort différentes de Brick Wall Chart. Mais comme la détection du mois n'est pas nécessaire (pour rappel, les visualisations secondaires affichent

l'évolution du cours d'une action sur un mois déterminé), il ne reste plus qu'à connaître le jour pointé par le stylo. Cela se fait assez rapidement et simplement par rapport à la valeur en abscisse.

6.2.2 Stacked Bar Chart

Stacked Bar Chart est plus délicat. La détection des mois n'est pas beaucoup plus compliquée que pour Brick Wall Chart. On détecte d'abord la correspondance à un trimestre via les ordonnées, et ensuite le mois lui-même via les abscisses.

Comme les mois sont assez bien séparés les uns des autres, il ne devrait pas y avoir beaucoup d'erreur dans leur sélection par l'utilisateur.

Les jours sont détectés suivant les abscisses. Ceux-ci sont formés de seulement deux pixels en largeur. C'est suffisant pour les distinguer mais cela peut induire quelques problèmes lors de leur sélection.

6.2.3 Circle Chart

C'est dans Circle Chart que la difficulté croît. Il est impossible de détecter directement le mois, ou le jour en utilisant les valeurs en abscisses et en ordonnées telles quelles.

Les valeurs en abscisses et en ordonnées vont d'abord être utilisées pour connaître le trimestre correspondant.

Etant donné que chaque trimestre a la même forme, i.e. qu'on peut se ramener à un même quart de cercle par rotation, il faut maintenant déterminer le mois exact et le jour. Pour cela, il est nécessaire de prendre la distance par rapport au milieu du cercle.

De par les propriétés du triangle rectangle, il est possible de connaître l'angle que forme la droite joignant un point au centre du cercle. Connaissant cet angle, le mois peut donc être trouvé facilement.

Les jours sont calculés suivant la longueur les séparant du centre du cercle.

6.2.4 Le son

L'invocation du son est très simple en Csharp. En effet, ce bout de code très court au sein d'une classe suffit pour permettre cette invocation.

```
internal class Helpers
{
    [Flags]
    public enum PlaySoundFlags : int
    {
        SND_SYNC = 0x0000,  /* play synchronously (default) */
```

```
        SND_ASYNC = 0x0001,  /* play asynchronously */
        SND_NODEFAULT = 0x0002,  /* silence (!default) if sound not found */
        SND_MEMORY = 0x0004,  /* pszSound points to a memory file */
        SND_LOOP = 0x0008,  /* loop the sound until next sndPlaySound */
        SND_NOSTOP = 0x0010,  /* don't stop any currently playing sound */
        SND_NOWAIT = 0x00002000, /* don't wait if the driver is busy */
        SND_ALIAS = 0x00010000, /* name is a registry alias */
        SND_ALIAS_ID = 0x00110000, /* alias is a predefined ID */
        SND_FILENAME = 0x00020000, /* name is file name */
        SND_RESOURCE = 0x00040004  /* name is resource name or atom */
    }
    [DllImport("coredll")]
    public static extern bool PlaySound( string szSound,
                                IntPtr hMod, PlaySoundFlags flags );
}
```

Bien que le son ne soit pas la pièce maîtresse de ce travail, son utilisation permet de fournir des informations supplémentaires sans surcharger l'affichage.

Il faut remarquer que cette partie concernant le son est intégrée dans les interactions avec l'utilisateur, c'est pourquoi elle se trouve ici.

6.3 Détails d'implémentation

L'application utilise des données de la bourse. Il est naturel que ces données soient réelles et correspondent à l'évolution quotidienne de la bourse. Le premier problème se pose alors : comment utiliser l'historique des cours ?

6.3.1 L'historique des actions

La première solution serait de créer un historique d'une action qui ne serait pas automatiquement rafraîchit. Cette solution est facile à mettre en oeuvre. L'avantage de cette technique est que l'application ne doit pas nécessairement être connectée à un réseau. Le désavantage est la lourdeur des mises-à-jour des historiques par l'utilisateur. Cette solution ne sera pas adoptée car elle s'avère trop lourde pour l'utilisateur.

La deuxième solution consiste à télécharger automatiquement l'historique d'une action. Mais le téléchargement implique une application réseau. De nouveaux, plusieurs alternatives étaient proposées :

- **Les web services :**
  Cette solution est sans doute la plus intéressante à première vue. Les résultats sont fournis sur simple requête. Le web service permet de se décharger de la fonction de téléchargement et de vérification des cours de la bourse.
  Malheureusement, cette solution n'est pas envisageable car la plupart des web services sont payant. Ce travail étant réalisé dans un but pédagogique et de recherche, il n'est donc pas nécessaire de subsidier ce travail si une autre solution existe. Cette solution existant, elle sera développée un peu plus loin dans ce chapitre.
  Ne sont pas mentionnés les web services gratuits, car tout ceux rencontrés lors du développement ne proposaient le téléchargement des cours de la bourse que pour la journée même, et non pour un historique complet sur un an.
- **Les applications existantes :**
  S'il était possible de communiquer avec l'interface d'un logiciel boursier, il serait alors facile d'obtenir les cours de la bourse. Les applications existantes ne sont pas open source, et donc, il est difficile de communiquer avec celles-ci. C'est pourquoi cette solution a été rapidement abandonnée.
- **Les sites boursiers :**
  La dernière solution sera adoptée. Plusieurs raisons à ce choix :

  1. La gratuité du service :

     Les sites boursiers existants sont nombreux (www.nasdaq.com, www.boursorama.fr, finance.yahoo.fr,...) et ceux-ci proposent le téléchargement (sous forme de fichier excel ou xml par exemple) ou même la consultation d'historiques (dans ce cas, ce sont des tableaux générés dans des pages au format html, et donc directement consultable en navigant sur le site) de cours d'actions. Ces historiques sont gratuits et peuvent être accessibles directement, sans identification ou autre.

  2. La permanence du service :

     Comme dit précédemment, les sites boursiers qui proposent des historiques d'actions sont nombreux ce qui assure la longévité du service. Par exemple, si le logiciel utilise www.nasdaq.com comme source d'informations et que celui-ci est fermé, d'autres sites peuvent fournir le même service et donc le logiciel pourra toujours utiliser un site boursier comme source d'informations. Par contre, bien que les sites soient nombreux, ceux qui proposent réellement la consultation gratuite d'historiques sur de longues périodes de cours d'action sont beaucoup plus rare mais assez nombreux pour garantir d'avoir une solution de rechange en permanence.

Cette solution peut donc être choisie bien qu'elle ne soit pas optimale, les web services étant la solution idéale. Les pages html sont récupérées grâce à la requête get du protocole http. Les

url possèdent toutes le même modèle et ont différents paramètres comme le symbole de l'action, le jour qui commence l'historique, et celui qui le termine. En remplaçant ces paramètres par ceux souhaités, il est possible de récupérer les historiques de n'importe quelle action se trouvant sur le site finance.yahoo.fr. Ces pages sont ensuite parsées et stockées dans un fichier texte.

6.3.2 Backup des historiques

Nous savons maintenant comment acquérir les historiques du cours de n'importe quelle action. Avec cette méthode, les cours seront téléchargés chaque fois qu'un historique est demandé. C'est pourquoi un fichier comprenant l'historique d'une action est créé dés que cet historique est téléchargé. De cette manière, l'utilisateur pourra voir l'évolution de l'action autant de fois qu'il le désire sans télécharger de nouveau l'historique. L'application vérifiera que l'historique est à jour et mettra à jour celui-ci dans le cas contraire. C'est un moyen efficace de ne pas perdre trop de temps dans les téléchargements qui demande beaucoup de ressources tant au niveau calcul que réseau.

Logiquement le type de fichier doit être au format xml. Mais l'utilisation du xml avec le Compact Framework est différent de l'utilisation normale d'un fichier xml. Le framework .NET dispose d'une classe " ConfigurationSettings " dans l'espace de noms "System.Configuration" qui permet de récupérer des paramètres de configuration dans un fichier nommé "App.Config", lorsqu'il s'agit d'une application Windows ou "Web.Config" pour une application Web. Ces fichiers de paramétrage et cet objet sont très pratique et malheureusement le .Net Compact Framework n'en dispose pas. Pour cela, il faut recréer un fichier XML de configuration et une classe spéciale afin de combler ce manque et de pouvoir utiliser correctement les fichiers XML. On voit tout de suite que l'utilisation de fichiers XML n'est pas des plus intuitive mais semble pourtant la plus adapté pour ce type de données. Les accès ne sont pas vraiment plus rapide mais l'historique peut être mis sous forme d'une table suivant un schéma de donnée précis, et dans ce cas, le format XML est tout indiqué.

Malheureusement ce type de fichiers ne sera pas utilisé, c'est le format texte qui sera choisi. L'avantage est que la lecture et l'écriture d'un fichier texte est très simple.

Les données seront donc placées dans un fichier portant le nom du symbole de l'action. Par exemple, l'action de Nasdaq a pour symbole NSDQ, l'historique du Nasdaq sera donc sauvé dans un fichier NSDQ.txt. Ainsi, aucun fichier ne portera le même nom qu'un autre. Certains noms d'actions ont un point dans leur symbole. Exemple, la Greene County Bank possède le symbole GCBI.PK. Dans ce cas, le point est remplacé par un vide. Cela n'a aucune influence sur l'unicité des noms de fichiers.

6.4 Limites et améliorations

Le téléchargement et le traitement des données (le parsing et l'affichage des données) prends un temps moyen de 30 secondes. Ce temps pourrait être réduit si les données parsées étaient directement renvoyées au PDA, ce qui peut se faire via un serveur web.

La visualisation Circle Chart pourrait être améliorée et ne nécessiterait pas de passer d'un type de visualisation Circle Chart à l'autre, en laissant le centre du cercle vide, et en commençant l'affichage des données légèrement plus loin. Les jours de début de mois seront donc affichés assez clairement, ainsi que les jours de fin de mois.

Les données sont stockées sous le format texte, mais il serait plus judicieux de les enregistrer au format xml, qui peut s'avérer plus performant au niveau de la récupération des données. Le gain de performance se fait surtout dans la manière de récupérer les données provenant de ce type de fichier qui est plus efficace et moins lourde à gérer. Ce n'est donc pas un gain de vitesse d'accès aux données.

Chapitre 7

Evaluation de l'application

7.1 Objectifs de l'évaluation

L'évaluation de l'application intervient dans la suite logique du développement de celle-ci. Après avoir fait état de la situation actuelle des applications boursières sur PDA et après avoir développé une application permettant de voir l'évolution des cours de la bourse sur un large intervalle de temps, l'évaluation intervient pour faire état de l'efficacité de l'application quant aux objectifs qu'elle s'était fixé au départ. Il sera utile de comparer les différentes visualisations entre elles, au niveau de leur performance mais aussi au niveau des préférences de l'utilisateur.

Les tests permettent de répondre à certaines questions concernant l'application :

1. La précision des visualisations au niveau de la disposition temporelle des jours.
2. La rapidité d'utilisation, à savoir si certaines visualisations prennent moins de temps pour une même séquence de questions que d'autres.
3. Les préférences des utilisateurs. En utilisant trois visualisations différentes, voir laquelle ils préfèrent.
4. Avoir un feedback de l'utilisateur concernant ses impressions, ses remarques éventuelles, les améliorations possibles tant au niveau de l'utilisabilité que de l'utilité de l'application.
5. Constater d'éventuelles différences entre les visualisations.

7.2 Présentation de l'échantillon des utilisateurs

L'échantillon est composé de 20 personnes dont une majorité d'hommes (au nombre de 18). Toutes ces personnes sont volontaires à la participation au test. La moyenne d'âge est de 34.7 ans, et la tranche d'âge se situe entre 19 et 57 ans. La moitié de l'échantillon a entre 21 et 25 ans. Le domaine de la profession des utilisateurs est en majorité le domaine de l'informatique

avec 13 personnes. 4 autres utilisateurs proviennent de formations économiques et l'autre partie de l'échantillon travaille en administration. L'expérience en informatique est au minimum de 4 ans mais en moyenne celle-ci est de 13,6 ans, ce qui permet de dire que les utilisateurs sont familiarisés avec l'utilisation d'un ordinateur.

Par contre l'expérience dans les domaines liés à la bourse est en général beaucoup plus faible avec une moyenne de 4,15 ans d'expérience. De plus, 16 utilisateurs ont déclaré avoir acquis une connaissance dans la bourse depuis un an et moins. Cette différence s'explique par le fait que deux utilisateurs plus âgés ont une grande expérience (de plus de 30 ans) dans les domaines de la bourse.

L'expérience dans les Mobile Devices correspond pour chaque utilisateur à leur expérience dans les GSM. Avec l'expansion que celui-ci a connu depuis quelques années, il n'est donc pas surprenant de constater que l'expérience dans l'utilisation d'un GSM est de 4 ans. C'est la même moyenne que celle présentée précédemment concernant les domaines liés à la bourse mais dans ce cas-ci, l'échantillon est plus homogène : les chiffres oscillent entre 1 et 7 ans contre 0 et 32 ans pour l'expérience dans la bourse. L'expérience dans les Mobile Devices de type PDA est la plus faible avec un résultat de 0.58. Seuls 2 utilisateurs possèdent une expérience supérieure à 1 ans et plus de la moitié (12 personnes) n'ont aucune expérience.

7.3 Présentation du questionnaire

Lors de ce test, l'application a été simplifiée. Pour que tous les résultats des tests puissent être comparés, il était souhaitable que les données soient les mêmes. C'est pourquoi lorsque une action est sélectionnée, son historique ne correspond pas à l'état actuel de l'action. Les historiques ont donc été enregistrés au préalable et correspondent à ceux disponibles au 3 février.

Ainsi, tous les tests utilisant le même jeu de données, il sera possible d'en comparer les résultats et d'en tirer quelques conclusions.

7.3.1 Profil de l'utilisateur

La première partie de l'évaluation consiste à définir le profil de l'utilisateur. Ainsi, sont demandés la profession exercée, le domaine de cette profession, l'âge, le sexe. Ensuite, le profil est peaufiné par l'expérience de l'utilisateur.

Quelques précisions sont à donner pour mieux comprendre les termes employés dans ce profil :

- **Expérience dans le domaine de l'informatique :**
  Cela ne concerne pas seulement les programmeurs, mais plutôt la familiarisation avec l'informatique. Le but ici n'est pas de quantifier l'expérience mais plutôt de savoir depuis

combien de temps les principes fondamentaux de l'utilisation d'un ordinateur sont acquis et donc, de savoir si l'utilisateur se lance dans un test sans acquis.

- **Expérience dans les domaines liés à la bourse :**
  Le terme bourse est connu de toute le monde mais connaître sa définition est différent de la compréhension des principes importants de la bourse. Il est ici demandé de savoir si la bourse est un milieu inconnu ou au contraire, si les différents cours de la bourse ainsi que ses visualisations sont familiers. Les économistes possèdent en général une plus grande expérience dans ce domaine que les informaticiens de pure souche. Cette question est surtout importante lorsque l'utilisateur utilise une des visualisations secondaires qui sont les visualisations boursières classiques.
- **Expérience dans les "Mobiles Devices" :**
  Par Mobile Devices, il faut entendre Tablet PC, PDA mais surtout GSM. Or, étant donné l'énorme popularité de cet appareil, l'expérience dans ce domaine sera au minimum de un an. Des personnes utilisant un GSM depuis plusieurs années sont familiarisés avec l'utilisation de touches et d'un écran de petites tailles tout comme le PDA.
- **Expérience dans les PDA :**
  Il n'y a pas de distinctions entre un PDA haut de gamme possédant une connexion et une large gamme de programmes et un PDA qui effectue les fonctions essentielles d'agenda. L'essentiel est de savoir si un utilisateur est familiarisé avec l'utilisation d'un PDA.

De cette manière, un profil peut être généré pour chaque participant. Il sera également possible d'observer des corrélations entre les résultats obtenus après évaluation et les profils.

7.3.2 Présentation du test :

Le test lui-même se déroule en 4 phases et à chacune de ces phases sont associées un questionnaire que l'utilisateur doit remplir, une visualisation et une action de la bourse. Ces actions sont sensées représenter les comportements possibles d'un individu consultant l'historique d'une action. Ces phases sont accompagnées de questions, directes et indirectes (c'est-à-dire que certaines questions possèdent toutes la même réponse mais servent à chronométrer le temps pour effectuer cette action). Tout au long de ces tests, les questions porteront sur le cours de clôture. La raison de ce choix est que toutes les visualisations ne possèdent pas le même potentiel au niveau information ; Brick Wall Chart est la plus fournie tandis que Circle Chart est la plus pauvre. Cependant, il est question ici de tester l'efficacité de ces visualisations et non pas le nombre d'informations affichées, de plus celles-ci permettent toutes de visualiser le cours de clôture. Dans la suite du texte, il faudra entendre par cours de l'action, le cours de clôture de l'action.

Phase 1 :

Cette phase est la plus subjective de toutes car l'utilisateur doit désigner le jour qui, selon lui, possède le plus haut cours, et celui le plus bas. Les tests sont construits de telle manière qu'il n'existe qu'une solution possible, excepté pour le dernier test de chaque série. L'utilisateur n'est pas limité dans le nombre d'essai mais plutôt dans le temps car une réponse est demandée en général après plus de 30 secondes de réflexions.

Le son intervenant dans l'application lorsque l'utilisateur sélectionne un jour dont le cours de clôture est maximum ou minimum, l'utilisateur sera donc aidé par ce signal dans la recherche du maximum et du minimum.

Phase 2 :

La deuxième étape consiste à appréhender les couleurs, à les utiliser. Une des façons de voir si les couleurs sont assimilées est de comparer deux couleurs. Il est demandé à l'utilisateur de prendre connaissance du cours à la date choisie arbitrairement le 21 février. Ensuite, l'utilisateur appréciera d'abord l'évolution du cours à partir de cette date par rapport à un mois, une semaine, et un jour auparavant. La valeur de la variation doit être précisée. Cette phase permet de constater si les couleurs mises en valeur par les visualisations sont appréciables et de voir si celles-ci sont adaptées à la comparaison des cours de la bourse.

Phase 3 :

La troisième question regroupe les deux premières phases en même temps. Il est ici demandé à l'utilisateur de signaler le mois qui ,selon lui, possède la variation la plus forte. Par variation la plus forte, on entend la plus forte différence entre le cours de l'action au premier jour ouvrable de chaque mois par rapport au dernier. L'utilisateur sera donc amené à juger les différences entre les couleurs. La réponse doit être donnée suivant une impression, "quel est le mois qui semble subir la plus grosse variation au premier coups d'oeil". L'utilisateur peut consulter les cours exacts via les info-bulles mais ce n'est pas nécessaire étant donné que la réponse doit être donnée suivant une impression. Ce test permet de voir que les couleurs représentent bien la situation réelle.

Phase 4 :

Dans cette phase, l'utilisateur doit simplement pointer avec le stylo un jour précis. Cela permet de calculer la précision des visualisations et de les comparer. En effet, le nombre de tentatives est comptabilisé pour chaque visualisation. Le jour à trouver est toujours le même, ce qui permet donc de comparer les visualisations entre elles au niveau de la précision.

7.3.3 Organisation des tests

Il y a en tout 4 séries de questions à répondre. Les séries suivent le même scénario et posent les mêmes questions à chaque fois. Afin de pouvoir comparer l'efficacité des visualisations, les questionnaires correspondront aux mêmes actions et ce, pour chaque utilisateur. En réalité, chaque action est associée à une visualisation pour ces tests. Chaque utilisateur utilisera toutes les visualisations mais dans des ordres différents. Les scénarios seront donc organisés de la manière suivante :

1. Utilisateur 1 :
   - Action du Nasdaq avec Brick Wall Chart
   - Action de Sony Corp (Audio & Video Equipment) avec Circle Chart
   - Action de nVidia Corp. avec Stacked Bar Chart
   - Action de BBC Capital Trust II avec une visualisation au choix.
2. Utilisateur 2 :
   - Action du nVidia Corp. avec Stacked Bar Chart
   - Action de Nasdaq avec Brick Wall Chart
   - Action de Sony Corp (Audio & Video Equipment) avec Circle Chart
   - Action de BBC Capital Trust II avec une visualisation au choix.
3. Utilisateur 3 :
   - Action du Sony Corp (Audio & Video Equipment) avec Circle Chart
   - Action de nVidia Corp. avec Stacked Bar Chart
   - Action de Nasdaq avec Brick Wall Chart
   - Action de BBC Capital Trust II avec une visualisation au choix.
4. Utilisateur 4 : ...

La raison de ces permutations est simple. Etant donné que les visualisations présentent d'une manière non-standard les données, l'utilisateur doit assimiler ces nouvelles présentations, entre autres la représentation en couleurs. C'est pourquoi la première fois que le test est pratiqué (i.e. pour le test avec la première visualisation), celui-ci dure plus longtemps que si il ne se trouvait pas en première position. Ainsi, les résultats ne seront pas biaisés.

Les tests sont chronométrés dans leur ensemble, c'est-à-dire que le temps est compté pour chaque scénario. Il y a en tout 4 scénarios, chacun utilisant une visualisation imposée sauf le dernier scénario qui laisse le choix de la visualisation à l'utilisateur. Ce choix permettra de savoir quelle est selon les utilisateurs, la visualisation qui est la plus efficace, ou du moins, la plus agréable à utiliser.

7.4 Analyse des résultats

Différentes analyses ont été réalisées à partir des résultats de l'évaluation, notamment des tests d'analyse de la variance à deux facteurs (tests ANOVA) et des tests de préférence. Les hypothèses de départ sont que les facteurs ont des comportement uniformes. Le but est de voir si ces hypothèses sont à rejeter. Si elles le sont, cela signifiera que les résultats sont différents par rapport à un des facteur.

7.4.1 Tests ANOVA : Analyse de la variance à deux facteurs

L'analyse de la variance sert à mesurer les dissimilarités entre deux facteurs. Dans ce cas-ci, les deux facteurs seront respectivement les différentes visualisations et les utilisateurs. L'analyse permettra donc de dire si les résultats d'un test changent d'une visualisation à l'autre, et si ceux-ci changent d'une personne à l'autre.

Méthode

Soit un tableau à double entrée suivant deux facteurs de la forme suivante :

	Variable 2			
Variable 1	i=1	2	3	...
j=1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}	
5	X_{15}	X_{25}	X_{35}	
...				

L'hypothèse de départ choisie, soit H_O, sera qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes observations, suivant un facteur ou l'autre.

Afin de calculer la somme des carrés (noté SC), il faut calculer le carré des différences entre la moyenne des éléments d'un facteur et la moyenne globale, ce qui est donné par les formules 7.1 et 7.2.

$$\forall j : (\overline{X}_{ij} - \overline{\overline{X}})^2 \tag{7.1}$$

$$\forall i : (\overline{X}_{ij} - \overline{\overline{X}})^2 \tag{7.2}$$

Il est dés lors possible de calculer la valeur prévue pour tout les X_{ij} en fonction des deux facteurs par la formule 7.3

$$\widehat{X_{ij}} = \overline{\overline{X}} + (\overline{X}_{i\cdot} - \overline{\overline{X}}) + (\overline{X}_{\cdot j} - \overline{\overline{X}}) \tag{7.3}$$

$\overline{\overline{X}}$ représente la moyenne globale, $(\overline{X}_i - \overline{\overline{X}})$ l'ajustement par rapport au premier facteur et $(\overline{X}_j - \overline{\overline{X}})$ l'ajustement par rapport au second facteur. Ainsi, un tableau de la même taille que le tableau de départ est obtenu et contient les valeurs prévues pour chaque élément.

De là, les valeurs résiduelles sont données par la différence entre les valeurs observées X_{ij} et les valeurs prévues (aussi appelées valeurs ajustées) comme le montre la formule 7.4.

$$Résidu_{ij} = X_{ij} - \widehat{X_{ij}} \tag{7.4}$$

Dés lors, les différents SC peuvent être trouvés :

- Premier facteur : différence entre les a moyennes des éléments du premier facteur $\overline{X}_i$

$$SC_A = b * \sum_{i=1}^{a} (\overline{X}_i - \overline{\overline{X}})^2 \tag{7.5}$$

- Second facteur : différence entre les b moyennes des éléments du second facteur $\overline{X}_j$

$$SC_B = a * \sum_{j=1}^{b} (\overline{X}_j - \overline{\overline{X}})^2 \tag{7.6}$$

- SC Résiduelle : différence entre les observations réelles X_{ij} et les valeurs ajustées $\widehat{X_{ij}} = \overline{\overline{X}} + (\overline{X}_{i\cdot} - \overline{\overline{X}}) + (\overline{X}_{\cdot j} - \overline{\overline{X}})$

$$SC_E = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} (X_{ij} - \overline{X}_{i\cdot} - \overline{X}_{\cdot j} + \overline{\overline{X}})^2 \tag{7.7}$$

Les degrés de liberté pour les deux facteurs sont respectivement a-1 et b-1, le degré de liberté résiduel sera donc de (a-1)*(b-1).

Ensuite, le carré des moyens (CM) d'un facteur est obtenu en divisant le SC par le degré de liberté correspondant au facteur. CM est en réalité la variance expliquée d'un facteur alors que le CM total est la variance inexpliquée.

C'est le rapport entre la variance expliquée et la variance inexpliquée qui est intéressant pour calculer la valeur de Fisher (noté F) et donc donné par

$$F_A = \frac{\text{Variance expliquée pour le facteur A}}{\text{Variance inexpliquée}} = \frac{CM_A}{CM_{\text{Résiduel}}} \tag{7.8}$$

Il faut maintenant comparer F trouvé en 7.8 avec le quantile de Fisher (voir annexes).

Par rapport à un degré d'erreur α (souvent 5% ou 1%), le degré de liberté par rapport à un facteur et le degré de liberté total, la table de Fisher permet de trouver le nombre théorique de Fisher, soit F_α.

Si le F trouvé par 7.8 est supérieur au F théorique, soit F_α, alors il existe une différence significative entre les différents éléments correspondant au facteur. Dans le cas contraire, il est impossible d'affirmer une telle différence.

Dans le cas des tests effectués dans ce travail, le premier facteur sera les visualisations, à savoir si les visualisations possèdent des différences significatives entre elles. Le deuxième facteur sera les utilisateurs car il est possible que les utilisateurs aient des comportements différents les uns des autres.

Les visualisations sont au nombre de 3, le degré de liberté pour ce facteur sera donc de 2 (soit 3-1) ; l'échantillon d'utilisateur étant de 20, le degré de liberté de ce deuxième facteur sera de 19. Le degré de liberté total sera ainsi de $2 * 19 = 38$. Les tables de Fisher devront donc être consultées respectivement pour les degrés de liberté (2,38) et (19,38). Le tableau 7.1 montre les différentes valeurs du quantile de Fisher pour $\alpha = 0.01$ ou 0.05.

Fisher	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85

TAB. 7.1 – Valeurs de Fisher

A partir de là, il reste à calculer les différentes valeurs de F pour les comparer avec celles du tableau.

Les tableaux de calculs des différents tests sont disponibles en annexes.

Rapidité d'utilisation

Comme déjà dit précédemment, les tests ont été chronométrés. C'est donc le temps qui sera ici le facteur déterminant, le premier facteur.

Que ce soit pour le facteur des utilisateurs ou pour les types de visualisation, pour un niveau d'erreur de 1% ou de 5 %, les hypothèses d'uniformité des facteurs ne sont pas rejetées. On ne peut donc conclure une différence dans les chiffres au niveau du temps d'utilisation que ce soit une différence envers les visualisations ou envers les utilisateurs.

Précision des visualisations

Ces résultats interviennent suite à la phase 4 du test. Il est à présent question de la précision avec laquelle une visualisation représente la disposition des jours sur une année. Pour rappel, les tests de la phase 4 consistent à compter le nombre de fois que l'utilisateur tape sur l'écran pour faire apparaître l'info-bulle correspondant au jour qu'il doit réellement observer. Pour cela, deux dates lui sont données, et il doit retrouver celle-ci grâce à la visualisation.

Encore une fois, dans ce test, l'hypothèse d'homogénéité ne peut être rejetée.

Efficacité des visualisations

Par efficacité, il faut entendre la précision avec laquelle les couleurs permettent d'apprécier les valeurs et l'évolution du cours d'une action.

Ce résultat concerne la première partie du test réalisé par les utilisateurs. Il s'agit de citer quels sont les jours qui correspondent au maximum et au minimum par rapport au cours d'une action. Il est donc question de l'appréciation des valeurs d'une action par rapport aux couleurs.

Analyse du maximum : Les résultats sont différents des autres tests ANOVA effectués jusque maintenant. Pourtant, pour un niveau d'erreur de 1%, les hypothèses d'homogénéité des visualisations et des utilisateurs ne sont pas rejetées. Pour un niveau d'erreur de 5%, l'hypothèse de départ sur les visualisations est rejetée mais pas pour l'hypothèse faite au départ sur les utilisateurs. Cela signifie dés lors que les résultats varient d'un utilisateur à un autre pour un taux d'erreur de 5%, et donc qu'il y a une différence significative entre les utilisateurs.

Analyse du minimum : Aucun des tests ne permet de conclure à une différence significative entre les utilisateurs et entre les visualisations, ni pour un niveau d'erreur de 5% ou 1%.

Conclusion sur le test ANOVA

La conclusion est assez simple. Au niveau du temps nécessaire à la réalisation d'une tâche, aussi bien qu'au niveau de la précision ou de l'efficacité, il n'y a pas de différence significative entre les différentes visualisations (et accessoirement entre les utilisateurs). D'après ces tests, on ne peut donc pas affirmer qu'une visualisation est plus performante qu'une autre. Utiliser une visualisation ou une autre permet d'avoir les mêmes résultats quantitatifs.

7.4.2 Test de préférence

Test χ^2

Les analyses de ce type de tests se font par rapport à divers critères. Premièrement, chaque utilisateur devait choisir sa visualisation préférée lors de la fin de l'évaluation ce qui dénote un critère de préférence. Deuxièmement, les utilisateurs étaient invités à se prononcer sur l'efficacité et leurs impressions concernant chacune des trois visualisations. A partir de ces résultats, des appréciations en ont été déduites et serviront aux tests de préférence.

De cette manière, on obtient le tableau 7.2 dont la dernière ligne représente la valeur ordinale de l'appréciation des critères mauvais, moyen et bon des visualisations.

Domaine de la profession	Economie	Informatique	Administration
Age			
Sexe	Homme	Femme	
Expérience informatique			
Expérience boursière			
Exp. dans les "Mobiles Devices"			
Exp. dans les PDA			
Visualisation préférée	Brick Wall Chart	Circle Chart	Stacked Bar Chart
Brick Wall Chart	Mauvais	Moyen	Bon
Circle Chart	Mauvais	Moyen	Bon
Stacked Bar Chart	Mauvais	Moyen	Bon
Pondération	1	2	3

TAB. 7.2 – Formulaire de test de préférence

C'est le test du Chi carré qui est utilisé ici sous H_0 l'hypothèse selon laquelle les observations sont homogènes et donc que les visualisations sont appréciées indifféremment les unes des autres. Le tableau qui sera utilisé pour le test est le suivant :

	Appréciation		
Visualisation	Mauvais	Moyen	Bon
Brick Wall Chart	0	4	16
Circle Chart	6	9	5
Stacked Bar Chart	9	7	4

Les premières hypothèses à respecter pour réaliser un test Chi-carré sont que aucun élément du tableau ne doit avoir une valeur nulle. De plus, il est préférable que les valeurs théoriques soient supérieures à 5.

Pour le Brick Wall Chart, aucune appréciation n'est mauvaise, la valeur de l'élement X_{11} est nulle. Il faut donc procéder à un regroupement de données. Les colonnes d'appréciation "Mauvais" et "Moyen" sont donc regroupées en une seule nommée "Mauvais-Moyen". Le tableau devient donc :

	Appréciation		
Visualisation	Mauvais-Moyen	Bon	Total
Brick Wall Chart	4	16	20
Circle Chart	15	5	20
Stacked Bar Chart	16	4	20
Total	35	25	60

Le degré de liberté (ddl) du test sera $(n_1 - 1) * (n_2 - 1)$ avec n_1 qui est le nombre de lignes, et n_2 le nombre de colonnes, ici ddl = 2.

Pour chaque élément du tableau, il faut calculer la fréquence théorique par la formule suivante :

$$X_{ij} = Total_i \cdot Total_j / Total_{ij}$$

Par exemple pour le premier élément, on obtient $X_{11} = 35 * 20/60 = 11,67$

Le tableau suivant contient les effectifs théoriques, soient les f_{ij} :

	Appréciation		
Visualisation	Mauvais-Moyen	Bon	Total
Brick Wall Chart	11,67	8,33	20
Circle Chart	11,67	8,33	20
Stacked Bar Chart	11,67	8,33	20
Total	35	25	60

Le calcul des D^2 se fait via la formule :

$$D^2 = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \chi_{ij}^2 = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \frac{(X_{ij} - f_{ij})^2}{f_{ij}}$$

Le tableau suivant résultant de cette même formule :

	Appréciation	
Visualisation	Mauvais-Moyen	Bon
Brick Wall Chart	5,038	7,053
Circle Chart	0,952	1,333
Stacked Bar Chart	1,61	2,253

La valeur de χ^2 se trouve en additionnant tous les éléments du tableau, ainsi $\chi^2 = 18{,}236$. En consultant la table de χ^2, on obtient la valeur théorique pour des niveaux d'erreur α de 1% et 5%, soit respectivement 9,210 et 5,991.

Le χ^2 trouvé, donc $\chi^2 = 18{,}236$, est supérieur à la fois au χ^2 pour les deux intervalles de confiance (voir annexes) :

$18,236 > 9,21$ et $18,236 > 5,991$, l'hypothèse selon laquelle les préférences sont homogènes doit être rejetée. Il y a donc une nette différence entre les observations. Par exemple, Brick Wall Chart a des résultats opposés au Stacked Bar Chart.

Afin de consolider la conclusion de ce test, il est possible de calculer le coefficient de Cramer, soit V donné par la formule suivante :

$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \cdot (h-1)}}$

où

- χ^2 est la valeur du Chi carré
- n est la taille de l'échantillon
- h est la valeur la plus petite entre le nombre de modalités d'une des variables et le nombre de modalités de l'autre variable.

V vaut ici 9,549 ce qui se révèle être très proche de 1, qui est proche de la valeur maximum de probabilité, ce qui indique un lien très fort entre les variables d'appréciation et les visualisations. Cela signifie que chaque visualisation possède une valeur d'appréciation principale et dominante par rapport à l'autre appréciation.

Analyse de la médiane

En reprenant le tableau initial du test χ^2, l'analyse de la médiane conduit à montrer une tendance des utilisateurs à apprécier une visualisation. Le tableau utilisé est le suivant :

	Appréciation		
Visualisation	Mauvais	Moyen	Bon
Brick Wall Chart	0	4	16
Circle Chart	6	9	5
Stacked Bar Chart	9	7	4

La médiane est obtenue dés que l'effectif cumulé dépasse les 50% de l'effectif total. Pour rappel, l'effectif cumulé, soit EC_i, est obtenu en sommant tout les éléments de l'échantillon jusqu'au i^{eme} élément. Elle permet de définir la tendance centrale d'une série en déterminant la valeur de l'individu qui se situe exactement à mi-classement[Mouchart]. La médiane est donc la valeur qui sépare la population en deux classes d'effectifs égaux.

Médiane avec Brick Wall Chart Pour que l'effectif cumulé dépasse la moitié de l'effectif total, il faut comptabiliser tous les effectifs. Cela signifie qu'en comptant le nombre de personnes qui ont jugé le Brick Wall Chart mauvais et moyen, ce nombre ne dépasse pas la moitié. Donc plus d'une personne sur deux déclare que le Brick Wall Chart est bon.

Médiane avec Circle Chart La médiane est au niveau de l'appréciation moyen ($6+9=15$). Plus d'une personne sur deux apprécient de moyenne à mauvaise l'utilisation du Circle Chart.

Médiane avec Stacked Bar Chart La même conclusion que pour le Circle Chart peut être faite ici. L'effectif cumulé est de 9 pour pour le premier effectif, et 16 en l'additionnant avec le deuxième effectif, la médiane se situe donc à cet endroit. L'appréciation est donc assez négative pour le Stacked Bar Chart.

7.5 Remarques et améliorations suggérées par les utilisateurs

Ces remarques font suite à celles formulées par les utilisateurs répondant à des questions ouvertes sur leurs préférences et les qualités/défauts des différentes visualisations et des différents tests pratiqués dans ce chapitre.

1. Utilisation du stylo : l'utilisation du stylo est primordiale dans l'application, mais il s'avère assez imprécis lorsque l'utilisateur est amené à cliquer à un endroit précis, comme une zone délimitant un jour par exemple.
2. Les info-bulles : le reproche le plus fréquent est que les éléments contenus dans ces info-bulles ne proposent pas la variation du cours de clôture du jour correspondant à l'info-bulle, par rapport à un autre jour qui pourrait être choisi au préalable. Ensuite, le fait que l'info-bulle reste affichée seulement si le stylo touche l'écran déplaît. Les info-bulles devraient alors rester affichées à l'écran dans l'attente d'une nouvelle action ou de l'annulation de l'affichage de cet info-bulle.
3. Segmentation en semaine : pour rendre les visualisations encore plus proches des concepts de temps, un trait pourrait indiquer la fin d'une semaine, le passage du vendredi au lundi. De la même manière, le jour correspondant au jour actuel (ou du moins au jour le plus

proche du jour actuel) pourrait avoir les contours d'une couleur particulière, permettant de se repérer plus facilement par rapport à cette date.

4. Interactions : changer les bornes de l'échelle de couleur peut être intéressant pour mieux visualiser certaines valeurs. De cette manière, il serait possible de sélectionner directement tous les jours qui possèdent des cours élevés par exemple.

7.6 Conclusion

Il apparaît que la grande majorité des utilisateurs préfèrent le BWC pour deux raisons : l'échelle de couleur est beaucoup plus facile à utiliser que celle de SBC, et la disposition sur l'écran facile à utiliser.

La première raison permet donc au BWC d'être préféré au SBC, la deuxième de le préférer au CC. Aucune fois, le CC n'a été choisi comme visualisation préférée. Par contre le SBC a été la visualisation choisie par préférence pour 3 utilisateurs, ceux-ci avouant que l'échelle de couleur utilisée pour les deux autres visualisations leur plaisait moins. Toutefois, aucun de ces 3 utilisateurs n'a jugé le BWC mauvais. Enfin, il faut citer le nombre de données que le BWC peut afficher (beaucoup d'informations sur un seul écran), soit 2 fois plus que le SBC et 4 fois plus que le CC.

Les tests de performance ont montré qu'il n'y avait pas de réelle différence entre les visualisations[1]. C'est donc au niveau du confort d'utilisation et du caractère intuitif de la visualisation que BWC se démarque des autres. Les deux tests de préférence appuient d'ailleurs ces affirmations.

Les utilisateurs trouvent en général l'utilisation de l'échelle de couleur assez intuitive et quelques-uns d'entre eux étaient surpris par l'efficacité de celle-ci.

Le SBC déplaît par sa manière de fournir l'information via deux couleurs mais la disposition sur l'écran utilisant la métaphore du calendrier est appréciée. De plus, la taille des éléments de SBC est très petite et fait l'objet d'insatisfactions récurrentes des utilisateurs.

CC utilisant l'échelle de couleur, celle-ci jouit donc d'avis positifs. Cependant, les utilisateurs lui préfèrent BWC pour la raison citée précédemment à savoir la disposition sur l'écran des données. Ce problème provient des jours qui apparaissent trop petits à l'écran.

Une dernière remarque concernant les visualisations secondaires. Même si elles ne font pas l'objet de ce tests, elles étaient présentes pour aider à la précision des visualisations principales. Seuls 3 utilisateurs ont utilisé ces visualisations secondaires. Sans pour autant pouvoir affirmer que les visualisations principales sont précises, elles le sont assez que pour ne pas utiliser les visualisations secondaires.

[1] L'échantillon est assez petit et il faut des résultats très différents pour que le caractère significatif ressorte.

Conclusion

Les séries temporelles sont présentes dans de nombreux domaines. Les visualisations et les solutions apportées pour comprendre et observer ces séries temporelles existent aussi bien pour des ordinateurs classiques que pour des PDA. Les cours des actions de la bourse sont des séries temporelles, et ont servis de base de recherche pour de nouvelle visualisations dans le cadre de ce travail. Cependant, même s'il existe beaucoup d'applications de ce type dédiées au PDA, peu d'entre elles utilisent des techniques qui permettent de visualiser des informations sur des grandes périodes de temps car les visualisations boursières classiques ne sont pas assez lisibles pour un ensemble de données très grand. C'est dans ce but que les visualisations ont été élaborées.

Les visualisations qui ont été développées utilisent surtout les couleurs mais aussi le son dans une moindre mesure. L'étude des propriétés des couleurs a permis de remarquer qu'il y avait quelques principes importants nécessaire à leur bonne utilisation. Ces couleurs ont été utilisées pour les trois visualisations, ces dernières étant conçues par rapport aux métaphores de l'horloge ou du calendrier, donc des métaphores assez fortes et connues des utilisateurs.

Les PDA, bien que pourvus de nombreuses qualités, possèdent des limitations par rapport aux ordinateurs classiques. La taille de l'écran est la limitation principale mais s'ajoute également la mémoire et les outils d'interactions comme le clavier. Les 3 visualisations développées, à savoir Brick Wall Chart, Stacked Bar Chart et Circle Chart, doivent pallier le manque de place de l'écran du PDA. Les interactions avec ces visualisations, qui jouent un rôle très important, doivent aussi compter sur l'usage du stylo qui n'est pas toujours précis.

L'évaluation de l'application a permis d'apprécier les performances des différentes visualisations grâce à des tests réalisés sur des utilisateurs. Après analyse de ces résultats, il apparaît que les visualisations atteignent les objectifs fixés au départ à savoir permettre de visualiser des séries temporelles sur une longue période. Les tests de préférences placent le Brick Wall Chart comme la visualisation préférée des utilisateurs, suivie des deux autres Stacked Bar Chart et Circle Chart.

Le service offert par l'application peut être amélioré au niveau des performances mais aussi au niveau des visualisations elles-mêmes. Une solution a été proposée pour résoudre le problème de la disposition des données pour le Circle Chart. De même, plusieurs autres alternatives pourraient améliorer les interactions avec ces visualisations pour augmenter encore les performances. Même si le son a fait l'objet d'une brève étude dans ce travail, accroître son implication dans les visualisations peut être un atout non négligeable.

Bibliographie

[Brewster&Crease 99] S.A. Brewster, M.G. Crease, "Correcting Menu Usability Problems With Sound", Accepted for publication in Behaviour and Information Technology 17, 1999.

[Chevreul] M. E. Chevreul, "De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des object colorés", Paris 1839, éd. Léonce Laget

[Demoulin&Schöller] C. Demoulin, O. Schöller, "Sonification of time-dependent data", *Mémoire en informatique*, FUNDP Namur, 2001

[Fekete] M. Ghoniem, N. Jussien and J-D. Fekete, "Visualizing explanations to exhibit dynamic structure in constraint problems 3th International Workshop on User Interaction in Constraint Satisfaction", Kinsale, Ireland, Sep 2003.

[Hermann 02] T. Hermann, "Sonification for Exploratory Data Analysis", Bielefeld University, Germany, Feb / 2002

[Hermann 99] T. Hermann, "Data Exploration by sonification", 1999. Disponible à : http ://www.techfak.uni-bielefeld.de/ags/ni/projects/datamining/datason/datason_e.html

[Itten] J. Itten, "L'art de la couleur", Ed. Dessain et Tolra, Ravensburg, 1986

[Kaddour 99] C. Kaddour, "Compression des images fixes par fractales basée sur la triangulation de Delannay et la quantification vectorielle", Mémoire en informatique, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Algérie, 1999.

[Keim] D. Keim, M. C. Hao, J. Ladisch, M. Hsu, U. Dayal, "Pixel Bar Charts : A New Technique for Visualizing Large Multi-Attribute Data Sets without Aggregation", HP Labs, 2001

[Mouchart] Mouchart M., Simar L., "Recyclage en Statistique : Méthodes non paramétriques", Comité de Statistique, Université Catholique de Louvain, 1978

[NFS97] "Sonification Report : Status of the Field and Research Agenda", Prepared for the National Science Foundation by Members of the International Community for Auditory Display, Fall 1997.

[Noirhomme] M.Noirhomme, A. de Baenst, Check-list d'identification du contexte d'utilisation, Cours d'informatique IHM, FUNDP Namur, 2004

[Polanco&Zartl] X. Polanco and A. Zartl, "EICSTES DELIVERABLE D1.4, STATE OF THE ART PART C : WP9", Information Visualization, INIST-CNRS, ARCS January 2002 Disponible à : http ://www.icad.org/websiteV2.0/References/nsf.html

[S-Plus] Insightful's S-PLUS for Windows Homepage. Disponible à : http ://www.insightful.com/products/product.asp ?PID=3

[Spencer] Robert Spencer, "Information Visualization", Addison Wesley / ACM Press, 2001

[Stasko] J. Stasko, R. Catrambone, M. Guzdial, K. McDonald, "An Evaluation of Space-Filling Information Visualizations for Depicting Hierarchical Structures", International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 53, No. 5, November 2000, pp. 663-694.

Annexes

P	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
ν											
1	0,455	0,708	1,074	1,642	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879	10,828	12,116
2	1,386	1,833	2,408	3,219	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597	13,816	15,202
3	2,366	2,946	3,665	4,642	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838	16,266	17,730
4	3,357	4,045	4,878	5,989	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860	18,467	19,998
5	4,351	5,132	6,064	7,289	9,236	11,070	12,832	15,086	16,750	20,515	22,105
6	5,348	6,211	7,231	8,558	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548	22,458	24,103
7	6,346	7,283	8,383	9,803	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278	24,322	26,018
8	7,344	8,351	9,524	11,030	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955	26,125	27,868
9	8,343	9,414	10,656	12,242	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589	27,877	29,666
10	9,342	10,473	11,781	13,442	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188	29,588	31,419
11	10,341	11,530	12,899	14,631	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757	31,264	33,136
12	11,340	12,584	14,011	15,812	18,549	21,026	23,336	26,217	28,300	32,909	34,821
13	12,340	13,636	15,119	16,985	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819	34,528	36,478
14	13,339	14,685	16,222	18,151	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319	36,123	38,109
15	14,339	15,733	17,322	19,311	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801	37,697	39,719
16	15,338	16,780	18,418	20,465	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267	39,252	41,308
17	16,338	17,824	19,511	21,615	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718	40,790	42,879
18	17,338	18,868	20,601	22,760	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156	42,312	44,434
19	18,338	19,910	21,689	23,900	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582	43,820	45,973
20	19,337	20,951	22,775	25,038	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997	45,315	47,498
21	20,337	21,991	23,858	26,171	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401	46,797	49,010
22	21,337	23,031	24,939	27,301	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796	48,268	50,511
23	22,337	24,069	26,018	28,429	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181	49,728	52,000
24	23,337	25,106	27,096	29,553	33,196	36,415	39,364	42,980	45,558	51,179	53,479
25	24,337	26,143	28,172	30,675	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928	52,620	54,947
26	25,336	27,179	29,246	31,795	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290	54,052	56,407
27	26,336	28,214	30,319	32,912	36,741	40,113	43,194	46,963	49,645	55,476	57,858
28	27,336	29,249	31,391	34,027	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993	56,892	59,300
29	28,336	30,283	32,461	35,139	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336	58,302	60,734
30	29,336	31,316	33,530	36,250	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672	59,703	62,161
31	30,336	32,349	34,598	37,359	41,422	44,985	48,232	52,191	55,003	61,098	63,582
32	31,336	33,381	35,665	38,466	42,585	46,194	49,480	53,486	56,328	62,487	64,995
33	32,336	34,413	36,731	39,572	43,745	47,400	50,725	54,776	57,648	63,870	66,402
34	33,336	35,444	37,795	40,676	44,903	48,602	51,966	56,061	58,964	65,247	67,803
35	34,336	36,475	38,859	41,778	46,059	49,802	53,203	57,342	60,275	66,619	69,198
36	35,336	37,505	39,922	42,879	47,212	50,998	54,437	58,619	61,581	67,985	70,588
37	36,336	38,535	40,984	43,978	48,363	52,192	55,668	59,892	62,883	69,346	71,972
38	37,335	39,564	42,045	45,076	49,513	53,384	56,895	61,162	64,181	70,703	73,351
39	38,335	40,593	43,105	46,173	50,660	54,572	58,120	62,428	65,476	72,055	74,725
40	39,335	41,622	44,165	47,269	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766	73,402	76,095
41	40,335	42,651	45,224	48,363	52,949	56,942	60,561	64,950	68,053	74,745	77,459
42	41,335	43,679	46,282	49,456	54,090	58,124	61,777	66,206	69,336	76,084	78,820
43	42,335	44,706	47,339	50,548	55,230	59,304	62,990	67,459	70,616	77,418	80,176
44	43,335	45,734	48,396	51,639	56,369	60,481	64,201	68,709	71,893	78,749	81,528
45	44,335	46,761	49,452	52,729	57,505	61,656	65,410	69,957	73,166	80,077	82,876
46	45,335	47,787	50,507	53,818	58,641	62,830	66,617	71,201	74,437	81,400	84,220
47	46,335	48,814	51,562	54,906	59,774	64,001	67,821	72,443	75,704	82,720	85,560
48	47,335	49,840	52,616	55,993	60,907	65,171	69,023	73,683	76,969	84,037	86,897
49	48,335	50,866	53,670	57,079	62,038	66,339	70,222	74,919	78,231	85,350	88,231
50	49,335	51,892	54,723	58,164	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490	86,661	89,561

FIG. 7.1 – Table de χ_2

ν_2 \ ν_1	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	80	100	200	500	∞
1	248	248	249	249	249	250	250	251	251	251	252	252	252	253	254	254	254
2	19·4	19·4	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5	19·5
3	8·67	8·66	8·65	8·64	8·63	8·62	8·62	8·60	8·59	8·59	8·58	8·57	8·56	8·55	8·54	8·53	8·53
4	5·81	5·80	5·79	5·77	5·76	5·75	5·75	5·73	5·72	5·71	5·70	5·69	5·67	5·66	5·65	5·64	5·63
5	4·57	4·56	4·54	4·53	4·52	4·50	4·50	4·48	4·46	4·45	4·44	4·43	4·41	4·41	4·39	4·37	4·37
6	3·88	3·87	3·86	3·84	3·83	3·82	3·81	3·79	3·77	3·76	3·75	3·74	3·72	3·71	3·69	3·68	3·67
7	3·46	3·44	3·43	3·41	3·40	3·39	3·38	3·36	3·34	3·33	3·32	3·30	3·29	3·27	3·25	3·24	3·23
8	3·16	3·15	3·13	3·12	3·10	3·09	3·08	3·06	3·04	3·03	3·02	3·01	2·99	2·97	2·95	2·94	2·93
9	2·95	2·94	2·92	2·90	2·89	2·87	2·86	2·84	2·83	2·81	2·80	2·79	2·77	2·76	2·73	2·72	2·71
10	2·78	2·77	2·75	2·74	2·72	2·71	2·70	2·68	2·66	2·65	2·64	2·62	2·60	2·59	2·56	2·55	2·54
11	2·66	2·65	2·63	2·61	2·59	2·58	2·57	2·55	2·53	2·52	2·51	2·49	2·47	2·46	2·43	2·42	2·40
12	2·56	2·54	2·52	2·51	2·49	2·48	2·47	2·44	2·43	2·41	2·40	2·38	2·36	2·35	2·32	2·31	2·30
13	2·47	2·46	2·44	2·42	2·41	2·39	2·38	2·36	2·34	2·33	2·31	2·30	2·27	2·26	2·23	2·22	2·21
14	2·40	2·39	2·37	2·35	2·33	2·32	2·31	2·28	2·27	2·25	2·24	2·22	2·20	2·19	2·16	2·14	2·13
15	2·34	2·33	2·31	2·29	2·27	2·26	2·25	2·22	2·20	2·19	2·18	2·16	2·14	2·12	2·10	2·08	2·07
16	2·29	2·28	2·25	2·24	2·22	2·21	2·19	2·17	2·15	2·14	2·12	2·11	2·08	2·07	2·04	2·02	2·01
17	2·24	2·23	2·21	2·19	2·17	2·16	2·15	2·12	2·10	2·09	2·08	2·06	2·03	2·02	1·99	1·97	1·96
18	2·20	2·19	2·17	2·15	2·13	2·12	2·11	2·08	2·06	2·05	2·04	2·02	1·99	1·98	1·95	1·93	1·92
19	2·17	2·16	2·13	2·11	2·10	2·08	2·07	2·05	2·03	2·01	2·00	1·98	1·96	1·94	1·91	1·89	1·88
20	2·14	2·12	2·10	2·08	2·07	2·05	2·04	2·01	1·99	1·98	1·97	1·95	1·92	1·91	1·88	1·86	1·84
21	2·11	2·10	2·07	2·05	2·04	2·02	2·01	1·98	1·96	1·95	1·94	1·92	1·89	1·88	1·84	1·82	1·81
22	2·08	2·07	2·05	2·03	2·01	2·00	1·98	1·96	1·94	1·92	1·91	1·89	1·86	1·85	1·82	1·80	1·78
23	2·06	2·05	2·02	2·00	1·99	1·97	1·96	1·93	1·91	1·90	1·88	1·86	1·84	1·82	1·79	1·77	1·76
24	2·04	2·03	2·00	1·98	1·97	1·95	1·94	1·91	1·89	1·88	1·86	1·84	1·82	1·80	1·77	1·75	1·73
25	2·02	2·01	1·98	1·96	1·95	1·93	1·92	1·89	1·87	1·85	1·84	1·82	1·80	1·78	1·75	1·73	1·71
26	2·00	1·99	1·97	1·95	1·93	1·91	1·90	1·87	1·85	1·84	1·82	1·80	1·78	1·76	1·73	1·71	1·69
27	1·99	1·97	1·95	1·93	1·91	1·90	1·88	1·86	1·84	1·82	1·81	1·79	1·76	1·74	1·71	1·69	1·67
28	1·97	1·96	1·93	1·91	1·90	1·88	1·87	1·84	1·82	1·80	1·79	1·77	1·74	1·73	1·69	1·67	1·65
29	1·96	1·94	1·92	1·90	1·88	1·87	1·85	1·83	1·81	1·79	1·77	1·75	1·73	1·71	1·67	1·65	1·64
30	1·95	1·93	1·91	1·89	1·87	1·85	1·84	1·81	1·79	1·77	1·76	1·74	1·71	1·70	1·66	1·64	1·62
32	1·92	1·91	1·88	1·86	1·85	1·83	1·82	1·79	1·77	1·75	1·74	1·71	1·69	1·67	1·63	1·61	1·59
34	1·90	1·89	1·86	1·84	1·82	1·80	1·80	1·77	1·75	1·73	1·71	1·69	1·66	1·65	1·61	1·59	1·57
36	1·88	1·87	1·85	1·82	1·81	1·79	1·78	1·75	1·73	1·71	1·69	1·67	1·64	1·62	1·59	1·56	1·55
38	1·87	1·85	1·83	1·81	1·79	1·77	1·76	1·73	1·71	1·69	1·68	1·65	1·62	1·61	1·57	1·54	1·53
40	1·85	1·84	1·81	1·79	1·77	1·76	1·74	1·72	1·69	1·67	1·66	1·64	1·61	1·59	1·55	1·53	1·51
42	1·84	1·83	1·80	1·78	1·76	1·74	1·73	1·70	1·68	1·66	1·65	1·62	1·59	1·57	1·53	1·51	1·49
44	1·83	1·81	1·79	1·77	1·75	1·73	1·72	1·69	1·67	1·65	1·63	1·61	1·58	1·56	1·52	1·49	1·48
46	1·82	1·80	1·78	1·76	1·74	1·72	1·71	1·68	1·65	1·64	1·62	1·60	1·57	1·55	1·51	1·48	1·46
48	1·81	1·79	1·77	1·75	1·73	1·71	1·70	1·67	1·64	1·62	1·61	1·59	1·56	1·54	1·49	1·47	1·45
50	1·80	1·78	1·76	1·74	1·72	1·70	1·69	1·66	1·63	1·61	1·60	1·58	1·54	1·52	1·48	1·46	1·44
55	1·78	1·76	1·74	1·72	1·70	1·68	1·67	1·64	1·61	1·59	1·58	1·55	1·52	1·50	1·46	1·43	1·41
60	1·76	1·75	1·72	1·70	1·68	1·66	1·65	1·62	1·59	1·57	1·56	1·53	1·50	1·48	1·44	1·41	1·39
65	1·75	1·73	1·71	1·69	1·67	1·65	1·63	1·60	1·58	1·56	1·54	1·52	1·49	1·46	1·42	1·39	1·37
70	1·74	1·72	1·70	1·67	1·65	1·64	1·62	1·59	1·57	1·55	1·53	1·50	1·47	1·45	1·40	1·37	1·35
80	1·72	1·70	1·68	1·65	1·63	1·62	1·60	1·57	1·54	1·52	1·51	1·48	1·45	1·43	1·38	1·35	1·32
90	1·70	1·69	1·66	1·64	1·62	1·60	1·59	1·55	1·53	1·51	1·49	1·46	1·43	1·41	1·36	1·32	1·30
100	1·69	1·68	1·65	1·63	1·61	1·59	1·57	1·54	1·52	1·49	1·48	1·45	1·41	1·39	1·34	1·31	1·28
125	1·67	1·65	1·63	1·60	1·58	1·57	1·55	1·52	1·49	1·47	1·45	1·42	1·39	1·36	1·31	1·27	1·25
150	1·66	1·64	1·61	1·59	1·57	1·55	1·53	1·50	1·48	1·45	1·44	1·41	1·37	1·34	1·29	1·25	1·22
200	1·64	1·62	1·60	1·57	1·55	1·53	1·52	1·48	1·46	1·43	1·41	1·39	1·35	1·32	1·26	1·22	1·19
300	1·62	1·61	1·58	1·55	1·53	1·51	1·50	1·46	1·43	1·41	1·39	1·36	1·32	1·30	1·23	1·19	1·15
500	1·61	1·59	1·56	1·54	1·52	1·50	1·48	1·45	1·42	1·40	1·38	1·34	1·30	1·28	1·21	1·16	1·11
1000	1·60	1·58	1·55	1·53	1·51	1·49	1·47	1·44	1·41	1·38	1·36	1·33	1·29	1·26	1·19	1·13	1·08
∞	1·59	1·57	1·54	1·52	1·50	1·48	1·46	1·42	1·39	1·37	1·35	1·32	1·27	1·24	1·17	1·11	1·00

FIG. 7.2 – Table de Fisher avec probabilité de 1% d'être dépassées

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247
2	18·5	19·0	19·2	19·2	19·3	19·3	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4	19·4
3	10·1	9·55	9·28	9·12	9·01	8·94	8·89	8·85	8·81	8·79	8·76	8·74	8·73	8·71	8·70	8·69	8·68	8·67
4	7·71	6·94	6·59	6·39	6·26	6·16	6·09	6·04	6·00	5·96	5·94	5·91	5·89	5·87	5·86	5·84	5·83	5·82
5	6·61	5·79	5·41	5·19	5·05	4·95	4·88	4·82	4·77	4·74	4·70	4·68	4·66	4·64	4·62	4·60	4·59	4·58
6	5·99	5·14	4·76	4·53	4·39	4·28	4·21	4·15	4·10	4·06	4·03	4·00	3·98	3·96	3·94	3·92	3·91	3·90
7	5·59	4·74	4·35	4·12	3·97	3·87	3·79	3·73	3·68	3·64	3·60	3·57	3·55	3·53	3·51	3·49	3·48	3·47
8	5·32	4·46	4·07	3·84	3·69	3·58	3·50	3·44	3·39	3·35	3·31	3·28	3·26	3·24	3·22	3·20	3·19	3·17
9	5·12	4·26	3·86	3·63	3·48	3·37	3·29	3·23	3·18	3·14	3·10	3·07	3·05	3·03	3·01	2·99	2·97	2·96
10	4·96	4·10	3·71	3·48	3·33	3·22	3·14	3·07	3·02	2·98	2·94	2·91	2·89	2·86	2·85	2·83	2·81	2·80
11	4·84	3·98	3·59	3·36	3·20	3·09	3·01	2·95	2·90	2·85	2·82	2·79	2·76	2·74	2·72	2·70	2·69	2·67
12	4·75	3·89	3·49	3·26	3·11	3·00	2·91	2·85	2·80	2·75	2·72	2·69	2·66	2·64	2·62	2·60	2·58	2·57
13	4·67	3·81	3·41	3·18	3·03	2·92	2·83	2·77	2·71	2·67	2·63	2·60	2·58	2·55	2·53	2·51	2·50	2·48
14	4·60	3·74	3·34	3·11	2·96	2·85	2·76	2·70	2·65	2·60	2·57	2·53	2·51	2·48	2·46	2·44	2·43	2·41
15	4·54	3·68	3·29	3·06	2·90	2·79	2·71	2·64	2·59	2·54	2·51	2·48	2·45	2·42	2·40	2·38	2·37	2·35
16	4·49	3·63	3·24	3·01	2·85	2·74	2·66	2·59	2·54	2·49	2·46	2·42	2·40	2·37	2·35	2·33	2·32	2·30
17	4·45	3·59	3·20	2·96	2·81	2·70	2·61	2·55	2·49	2·45	2·41	2·38	2·35	2·33	2·31	2·29	2·27	2·26
18	4·41	3·55	3·16	2·93	2·77	2·66	2·58	2·51	2·46	2·41	2·37	2·34	2·31	2·29	2·27	2·25	2·23	2·22
19	4·38	3·52	3·13	2·90	2·74	2·63	2·54	2·48	2·42	2·38	2·34	2·31	2·28	2·26	2·23	2·21	2·20	2·18
20	4·35	3·49	3·10	2·87	2·71	2·60	2·51	2·45	2·39	2·35	2·31	2·28	2·25	2·22	2·20	2·18	2·17	2·15
21	4·32	3·47	3·07	2·84	2·68	2·57	2·49	2·42	2·37	2·32	2·28	2·25	2·22	2·20	2·18	2·16	2·14	2·12
22	4·30	3·44	3·05	2·82	2·66	2·55	2·46	2·40	2·34	2·30	2·26	2·23	2·20	2·17	2·15	2·13	2·11	2·10
23	4·28	3·42	3·03	2·80	2·64	2·53	2·44	2·37	2·32	2·27	2·23	2·20	2·18	2·15	2·13	2·11	2·09	2·07
24	4·26	3·40	3·01	2·78	2·62	2·51	2·42	2·36	2·30	2·25	2·21	2·18	2·15	2·13	2·11	2·09	2·07	2·05
25	4·24	3·39	2·99	2·76	2·60	2·49	2·40	2·34	2·28	2·24	2·20	2·16	2·14	2·11	2·09	2·07	2·05	2·04
26	4·23	3·37	2·98	2·74	2·59	2·47	2·39	2·32	2·27	2·22	2·18	2·15	2·12	2·09	2·07	2·05	2·03	2·02
27	4·21	3·35	2·96	2·73	2·57	2·46	2·37	2·31	2·25	2·20	2·17	2·13	2·10	2·08	2·06	2·04	2·02	2·00
28	4·20	3·34	2·95	2·71	2·56	2·45	2·36	2·29	2·24	2·19	2·15	2·12	2·09	2·06	2·04	2·02	2·00	1·99
29	4·18	3·33	2·93	2·70	2·55	2·43	2·35	2·28	2·22	2·18	2·14	2·10	2·08	2·05	2·03	2·01	1·99	1·97
30	4·17	3·32	2·92	2·69	2·53	2·42	2·33	2·27	2·21	2·16	2·13	2·09	2·06	2·04	2·01	1·99	1·98	1·96
32	4·15	3·29	2·90	2·67	2·51	2·40	2·31	2·24	2·19	2·14	2·10	2·07	2·04	2·01	1·99	1·97	1·95	1·94
34	4·13	3·28	2·88	2·65	2·49	2·38	2·29	2·23	2·17	2·12	2·08	2·05	2·02	1·99	1·97	1·95	1·93	1·92
36	4·11	3·26	2·87	2·63	2·48	2·36	2·28	2·21	2·15	2·11	2·07	2·03	2·00	1·98	1·95	1·93	1·92	1·90
38	4·10	3·24	2·85	2·62	2·46	2·35	2·26	2·19	2·14	2·09	2·05	2·02	1·99	1·96	1·94	1·92	1·90	1·88
40	4·08	3·23	2·84	2·61	2·45	2·34	2·25	2·18	2·12	2·08	2·04	2·00	1·97	1·95	1·92	1·90	1·89	1·87
42	4·07	3·22	2·83	2·59	2·44	2·32	2·24	2·17	2·11	2·06	2·03	1·99	1·96	1·93	1·91	1·89	1·87	1·86
44	4·06	3·21	2·82	2·58	2·43	2·31	2·23	2·16	2·10	2·05	2·01	1·98	1·95	1·92	1·90	1·88	1·86	1·84
46	4·05	3·20	2·81	2·57	2·42	2·30	2·22	2·15	2·09	2·04	2·00	1·97	1·94	1·91	1·89	1·87	1·85	1·83
48	4·04	3·19	2·80	2·57	2·41	2·29	2·21	2·14	2·08	2·03	1·99	1·96	1·93	1·90	1·88	1·86	1·84	1·82
50	4·03	3·18	2·79	2·56	2·40	2·29	2·20	2·13	2·07	2·03	1·99	1·95	1·92	1·89	1·87	1·85	1·83	1·81
55	4·02	3·16	2·77	2·54	2·38	2·27	2·18	2·11	2·06	2·01	1·97	1·93	1·90	1·88	1·85	1·83	1·81	1·79
60	4·00	3·15	2·76	2·53	2·37	2·25	2·17	2·10	2·04	1·99	1·95	1·92	1·89	1·86	1·84	1·82	1·80	1·78
65	3·99	3·14	2·75	2·51	2·36	2·24	2·15	2·08	2·03	1·98	1·94	1·90	1·87	1·85	1·82	1·80	1·78	1·76
70	3·98	3·13	2·74	2·50	2·35	2·23	2·14	2·07	2·02	1·97	1·93	1·89	1·86	1·84	1·81	1·79	1·77	1·75
80	3·96	3·11	2·72	2·49	2·33	2·21	2·13	2·06	2·00	1·95	1·91	1·88	1·84	1·82	1·79	1·77	1·75	1·73
90	3·95	3·10	2·71	2·47	2·32	2·20	2·11	2·04	1·99	1·94	1·90	1·86	1·83	1·80	1·78	1·76	1·74	1·72
100	3·94	3·09	2·70	2·46	2·31	2·19	2·10	2·03	1·97	1·93	1·89	1·85	1·82	1·79	1·77	1·75	1·73	1·71
125	3·92	3·07	2·68	2·44	2·29	2·17	2·08	2·01	1·96	1·91	1·87	1·83	1·80	1·77	1·75	1·72	1·70	1·69
150	3·90	3·06	2·66	2·43	2·27	2·16	2·07	2·00	1·94	1·89	1·85	1·82	1·79	1·76	1·73	1·71	1·69	1·67
200	3·89	3·04	2·65	2·42	2·26	2·14	2·06	1·98	1·93	1·88	1·84	1·80	1·77	1·74	1·72	1·69	1·67	1·66
300	3·87	3·03	2·63	2·40	2·24	2·13	2·04	1·97	1·91	1·86	1·82	1·78	1·75	1·72	1·70	1·68	1·66	1·64
500	3·86	3·01	2·62	2·39	2·23	2·12	2·03	1·96	1·90	1·85	1·81	1·77	1·74	1·71	1·69	1·66	1·64	1·62
1000	3·85	3·00	2·61	2·38	2·22	2·11	2·02	1·95	1·89	1·84	1·80	1·76	1·73	1·70	1·68	1·65	1·63	1·61
∞	3·84	3·00	2·60	2·37	2·21	2·10	2·01	1·94	1·88	1·83	1·79	1·75	1·72	1·69	1·67	1·64	1·62	1·60

FIG. 7.3 – Table de Fisher avec probabilité de 5% d'être dépassées

Tableau de calcul du premier test de l'ANOVA à deux facteurs concernant l'efficacité des visualisations:

Utilisateur	Brick	Stacked	Circle	Moyennes
1	2	3	1	2
2	2	7	3	4
3	2	2	3	2,33333333
4	3	2	1	2
5	2	3	5	3,33333333
6	2	2	1	1,66666667
7	2	2	3	2,33333333
8	2	3	3	2,66666667
9	5	2	1	2,66666667
10	1	2	4	2,33333333
11	3	1	1	1,66666667
12	2	3	2	2,33333333
13	3	2	2	2,33333333
14	2	1	7	3,33333333
15	3	2	3	2,66666667
16	4	3	2	3
17	4	4	4	4
18	3	2	2	2,33333333
19	3	2	3	2,66666667
20	3	1	3	2,33333333
Moyennes	2,65	2,45	2,7	2,6

SC simple	SC Carré	Valeurs ajustées		
-0,6	0,36	1,45	2,25	0,5
1,4	1,96	3,45	8,25	4,5
-0,26666667	0,07111111	1,78333333	1,58333333	2,83333333
-0,6	0,36	2,45	1,25	0,5
0,73333333	0,53777778	2,78333333	3,58333333	5,83333333
-0,93333333	0,87111111	1,11666667	0,91666667	0,16666667
-0,26666667	0,07111111	1,78333333	1,58333333	2,83333333
0,06666667	0,00444444	2,11666667	2,91666667	3,16666667
0,06666667	0,00444444	5,11666667	1,91666667	1,16666667
-0,26666667	0,07111111	0,78333333	1,58333333	3,83333333
-0,93333333	0,87111111	2,11666667	-0,08333333	0,16666667
-0,26666667	0,07111111	1,78333333	2,58333333	1,83333333
-0,26666667	0,07111111	2,78333333	1,58333333	1,83333333
0,73333333	0,53777778	2,78333333	1,58333333	7,83333333
0,06666667	0,00444444	3,11666667	1,91666667	3,16666667
0,4	0,16	4,45	3,25	2,5
1,4	1,96	5,45	5,25	5,5
-0,26666667	0,07111111	2,78333333	1,58333333	1,83333333
0,06666667	0,00444444	3,11666667	1,91666667	3,16666667
-0,26666667	0,07111111	2,78333333	0,58333333	2,83333333

Valeurs Résiduelles		
0,55	0,75	0,5
-1,45	-1,25	-1,5
0,21666667	0,41666667	0,16666667

-0,78333333	-0,58333333	-0,83333333
0,88333333	1,08333333	0,83333333
0,21666667	0,41666667	0,16666667
-0,11666667	0,08333333	-0,16666667
-0,11666667	0,08333333	-0,16666667
0,21666667	0,41666667	0,16666667
0,88333333	1,08333333	0,83333333
0,21666667	0,41666667	0,16666667
0,21666667	0,41666667	0,16666667
-0,78333333	-0,58333333	-0,83333333
-0,11666667	0,08333333	-0,16666667
-0,45	-0,25	-0,5
-1,45	-1,25	-1,5
0,21666667	0,41666667	0,16666667
-0,11666667	0,08333333	-0,16666667
0,21666667	0,41666667	0,16666667

Somme des c	25,1

SC Simple	0,05	-0,15	0,1
SC Carré	0,0025	0,0225	0,01

Source	SC	d.d.l.	CM	F	p.c. 001	p.c. 005
Visualisations	0,7	2	0,35	0,50199203	Accept	Accept
Utilisateurs	24,4	19	1,28421053	1,84189558	Accept	Accept
Résiduelle	25,1	36	0,69722222			
Total	50,2	57				

Fisher	Proba 0,01	Proba 0,05
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85

Tableau de calcul du deuxième test de l'ANOVA à deux facteurs concernant l'efficacité des visualisations:

Utilisateur	Brick	Stacked	Circle	Moyennes
1	2	4	2	2,666666667
2	2	4	4	3,333333333
3	2	2	5	3
4	2	2	2	2
5	2	2	3	2,333333333
6	4	4	2	3,333333333
7	2	2	3	2,333333333
8	1	3	2	2
9	2	2	2	2
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	4	4	3	3,666666667
13	2	2	3	2,333333333
14	2	4	5	3,666666667
15	3	2	3	2,666666667
16	5	2	2	3
17	3	2	7	4
18	1	1	3	1,666666667
19	2	1	3	2
20	4	3	1	2,666666667
Moyennes	2,35	2,4	2,85	2,533333333

SC simple	SC Carré	Valeurs ajustées		
0,133333333	0,017777778	1,95	4	2,45
0,8	0,64	2,616666667	4,666666667	5,116666667
0,466666667	0,217777778	2,283333333	2,333333333	5,783333333
-0,53333333	0,284444444	1,283333333	1,333333333	1,783333333
-0,2	0,04	1,616666667	1,666666667	3,116666667
0,8	0,64	4,616666667	4,666666667	3,116666667
-0,2	0,04	1,616666667	1,666666667	3,116666667
-0,53333333	0,284444444	0,283333333	2,333333333	1,783333333
-0,53333333	0,284444444	1,283333333	1,333333333	1,783333333
-1,53333333	2,351111111	-0,71666667	-0,666666667	-0,21666667
-1,53333333	2,351111111	-0,71666667	-0,666666667	-0,21666667
1,133333333	1,284444444	4,95	5	4,45
-0,2	0,04	1,616666667	1,666666667	3,116666667
1,133333333	1,284444444	2,95	5	6,45
0,133333333	0,017777778	2,95	2	3,45
0,466666667	0,217777778	5,283333333	2,333333333	2,783333333
1,466666667	2,151111111	4,283333333	3,333333333	8,783333333
-0,86666667	0,751111111	-0,05	1,11022E-15	2,45
-0,53333333	0,284444444	1,283333333	0,333333333	2,783333333
0,133333333	0,017777778	3,95	3	1,45

Valeurs Résiduelles

0,05	0	-0,45
-0,61666667	-0,66666667	-1,11666667
-0,28333333	-0,33333333	-0,78333333
0,716666667	0,666666667	0,216666667
0,383333333	0,333333333	-0,11666667

-0,61666667	-0,66666667	-1,11666667
0,383333333	0,333333333	-0,11666667
0,716666667	0,666666667	0,216666667
0,716666667	0,666666667	0,216666667
1,716666667	1,666666667	1,216666667
1,716666667	1,666666667	1,216666667
-0,95	-1	-1,45
0,383333333	0,333333333	-0,11666667
-0,95	-1	-1,45
0,05	0	-0,45
-0,28333333	-0,33333333	-0,78333333
-1,28333333	-1,33333333	-1,78333333
1,05	1	0,55
0,716666667	0,666666667	0,216666667
0,05	0	-0,45

SC Simple	-0,18333333	-0,13333333	0,316666667
SC Carré	0,033611111	0,017777778	0,100277778

Source	SC	d.d.l.	CM	F	p.c. 001	p.c. 005
Visualisations	3,033333333	2	1,516666667	1,280688038	Accept	Accept
Utilisateurs	39,6	19	2,084210526	1,759927575	Accept	Accept
Résiduelle	42,63333333	36	1,184259259			
Total	85,26666667	57				

Fisher	Proba 0,01	Proba 0,05
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85

Tableau de calcul du test de l'ANOVA à deux facteurs concernant le temps de réalisation des tests

Utilisateur	Brick	Stacked	Circle	Moyennes
1	5	10	8	7,66666667
2	7	8	6	7
3	9	5	5	6,33333333
4	8	5	5	6
5	5	7	8	6,66666667
6	4	4	5	4,33333333
7	4	10	8	7,33333333
8	6	7	6	6,33333333
9	8	9	9	8,66666667
10	5	7	6	6
11	4	4	4	4
12	4	6	6	5,33333333
13	4	6	7	5,66666667
14	5	5	6	5,33333333
15	4	7	4	5
16	5	5	6	5,33333333
17	4	5	5	4,66666667
18	4	7	8	6,33333333
19	5	5	4	4,66666667
20	7	4	5	5,33333333
Moyennes	5,35	6,3	6,05	5,9

SC simple	SC Carré	Valeurs ajustées		
1,76666667	3,12111111	6,21666667	12,1666667	9,91666667
1,1	1,21	7,55	9,5	7,25
0,43333333	0,18777778	8,88333333	5,83333333	5,58333333
0,1	0,01	7,55	5,5	5,25
0,76666667	0,58777778	5,21666667	8,16666667	8,91666667
-1,56666667	2,45444444	1,88333333	2,83333333	3,58333333
1,43333333	2,05444444	4,88333333	11,8333333	9,58333333
0,43333333	0,18777778	5,88333333	7,83333333	6,58333333
2,76666667	7,65444444	10,2166667	12,1666667	11,9166667
0,1	0,01	4,55	7,5	6,25
-1,9	3,61	1,55	2,5	2,25
-0,56666667	0,32111111	2,88333333	5,83333333	5,58333333
-0,23333333	0,05444444	3,21666667	6,16666667	6,91666667
-0,56666667	0,32111111	3,88333333	4,83333333	5,58333333
-0,9	0,81	2,55	6,5	3,25
-0,56666667	0,32111111	3,88333333	4,83333333	5,58333333
-1,23333333	1,52111111	2,21666667	4,16666667	3,91666667
0,43333333	0,18777778	3,88333333	7,83333333	8,58333333
-1,23333333	1,52111111	3,21666667	4,16666667	2,91666667
-0,56666667	0,32111111	5,88333333	3,83333333	4,58333333

Valeurs Résiduelles

-1,21666667	-2,16666667	-1,91666667
-0,55	-1,5	-1,25
0,11666667	-0,83333333	-0,58333333
0,45	-0,5	-0,25
-0,21666667	-1,16666667	-0,91666667
2,11666667	1,16666667	1,41666667
-0,88333333	-1,83333333	-1,58333333

0,11666667	-0,83333333	-0,58333333
-2,21666667	-3,16666667	-2,91666667
0,45	-0,5	-0,25
2,45	1,5	1,75
1,11666667	0,16666667	0,41666667
0,78333333	-0,16666667	0,08333333
1,11666667	0,16666667	0,41666667
1,45	0,5	0,75
1,11666667	0,16666667	0,41666667
1,78333333	0,83333333	1,08333333
0,11666667	-0,83333333	-0,58333333
1,78333333	0,83333333	1,08333333
1,11666667	0,16666667	0,41666667

Somme des c	89,1		
SC Simple	-0,55	0,4	0,15
SC Carré	0,3025	0,16	0,0225

Source	SC	d.d.l.	CM	F	p.c. 001	p.c. 005
Visualisations	9,7	2	4,85	1,95959596	Accept	Accept
Utilisateurs	79,4	19	4,17894737	1,68846358	Accept	Accept
Résiduelle	89,1	36	2,475			
Total	178,2	57				

Fisher	Proba 0,01	Proba 0,05
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85

Tableau de calcul du test de l'ANOVA à deux facteurs
pour la recherche du maximum

Utilisateur	Brick	Stacked	Circle	Type	Moyennes
1	0,02077694	0,01313389	0,00410034	eco	0,01267039
2	0,06832016	0,00036483	0,01254221	info	0,02707573
3	0	0,01313389	0,00410034	eco	0,00574474
4	0,03974316	0,00547246	0	eco	0,01507187
5	0	0,00036483	0	info	0,00012161
6	0,00271609	0,01313389	0,01254221	info	0,00946406
7	0	0,00766144	0,01254221	info	0,00673455
8	0	0,01313389	0,01254221	info	0,0085587
9	0,01616655	0,00766144	0,02315485	info	0,01566095
10	0	0,00766144	0	info	0,00255381
11	0	0,01313389	0	info	0,00437796
12	0	0,00036483	0	eco	0,00012161
13	0	0,00766144	0	info	0,00255381
14	0	0,01313389	0	info	0,00437796
15	0	0,01313389	0,0460685	info	0,01973413
16	0	0,00766144	0	eco	0,00255381
17	0,00271609	0,00036483	0,01254221	eco	0,00520771
18	0,00271609	0,00766144	0,00410034	eco	0,00482596
19	0,00271609	0,01313389	0	eco	0,00528333
20	0,00271609	0,00766144	0	info	0,00345918
Moyennes	0,00792936	0,00828165	0,00721177		0,00780759

SC simple	SC Carré	Valeurs ajustées		
0,0048628	2,3647E-05	0,02576151	0,01847074	0,00836731
0,01926814	0,00037126	0,08771006	0,02010702	0,03121452
-0,00206285	4,2554E-06	-0,00194108	0,0115451	0,00144166
0,00726428	5,277E-05	0,0471292	0,01321079	0,00666845
-0,00768598	5,9074E-05	-0,00756422	-0,0068471	-0,00828181
0,00165647	2,7439E-06	0,00449433	0,01526442	0,01360286
-0,00107305	1,1514E-06	-0,00095128	0,00706245	0,01087334
0,00075111	5,6416E-07	0,00087288	0,01435905	0,01269749
0,00785335	6,1675E-05	0,02414167	0,01598884	0,03041238
-0,00525378	2,7602E-05	-0,00513201	0,00288171	-0,00584961
-0,00342963	1,1762E-05	-0,00330786	0,01017832	-0,00402545
-0,00768598	5,9074E-05	-0,00756422	-0,0068471	-0,00828181
-0,00525378	2,7602E-05	-0,00513201	0,00288171	-0,00584961
-0,00342963	1,1762E-05	-0,00330786	0,01017832	-0,00402545
0,01192654	0,00014224	0,01204831	0,02553448	0,05739921
-0,00525378	2,7602E-05	-0,00513201	0,00288171	-0,00584961
-0,00259988	6,7594E-06	0,00023798	-0,001761	0,0093465
-0,00298164	8,8902E-06	-0,00014378	0,00515385	0,00052288
-0,00252427	6,3719E-06	0,00031359	0,01108368	-0,00312009
-0,00434842	1,8909E-05	-0,00151056	0,00378707	-0,00494424

Valeurs Résiduelles

-0,00498457	-0,00533685	-0,00426697
-0,01938991	-0,01974219	-0,01867231
0,00194108	0,0015888	0,00265867
-0,00738604	-0,00773833	-0,00666845
0,00756422	0,00721193	0,00828181
-0,00177824	-0,00213053	-0,00106065

0,00095128	0,00059899	0,00166887
-0,00087288	-0,00122516	-0,00015528
-0,00797512	-0,00832741	-0,00725753
0,00513201	0,00477973	0,00584961
0,00330786	0,00295558	0,00402545
0,00756422	0,00721193	0,00828181
0,00513201	0,00477973	0,00584961
0,00330786	0,00295558	0,00402545
-0,01204831	-0,01240059	-0,01133071
0,00513201	0,00477973	0,00584961
0,00247811	0,00212583	0,00319571
0,00285987	0,00250758	0,00357746
0,0024025	0,00205021	0,00312009
0,00422665	0,00387436	0,00494424

Somme des c	0,00278905

SC Simple	0,00012177	0,00047405	-0,00059582
SC Carré	1,4828E-08	2,2473E-07	3,5501E-07

Source	SC	d.d.l.	CM	F	p.c. 001	p.c. 005
Visualisations	1,1891E-05	2	5,9456E-06	0,07674372	Accept	Accept
Utilisateurs	0,00277716	19	0,00014617	1,88665856	Accept	Rejet
Résiduelle	0,00278905	36	7,7474E-05			
Total	0,0055781	57				

Fisher	Proba 0,01	Proba 0,05
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85

Tableau de calcul du test de l'ANOVA à deux facteurs
pour la recherche du minimum

Utilisateur	Brick	Stacked	Circle	Type	Moyennes
1	0	0,0421875	0,00334448	eco	0,01517733
2	0	0,02148437	0,42809365	info	0,14985934
3	0	0,02539062	0,00334448	eco	0,00957837
4	0	0,02539062	0	eco	0,00846354
5	0	0,0421875	0	info	0,0140625
6	0,00542679	0,02148437	0	info	0,00897039
7	0,0086514	0,02148437	0	info	0,01004526
8	0	0,02539062	0,00334448	info	0,00957837
9	0	0,02539062	0,0388796	info	0,02142341
10	0	0,02539062	0	info	0,00846354
11	0	0,02539062	0,00334448	info	0,00957837
12	0	0,02539062	0	eco	0,00846354
13	0	0,02539062	0	info	0,00846354
14	0	0,0421875	0	info	0,0140625
15	0	0,02539062	0	info	0,00846354
16	0	0,02539062	0	eco	0,00846354
17	0,00469535	0,01601563	0,03428094	eco	0,01833064
18	0,00611104	0,02539062	0	eco	0,01050055
19	0,00469535	0,0421875	0,03051839	eco	0,02580042
20	0,00611104	0,02539062	0	info	0,01050055
Moyennes	0,00178455	0,02769531	0,02725753		0,01891246

SC simple	SC Carré	Valeurs ajustées		
-0,00373513	1,3951E-05	-0,02086305	0,04723522	0,00795441
0,13094688	0,01714708	0,11381896	0,1612141	0,56738559
-0,00933409	8,7125E-05	-0,02646201	0,02483938	0,00235545
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,00484996	2,3522E-05	-0,02197788	0,04612039	0,0034951
-0,00994207	9,8845E-05	-0,0216432	0,02032515	-0,00159701
-0,0088672	7,8627E-05	-0,01734371	0,02140002	-0,00052214
-0,00933409	8,7125E-05	-0,02646201	0,02483938	0,00235545
0,00251095	6,3048E-06	-0,01461697	0,03668442	0,04973561
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,00933409	8,7125E-05	-0,02646201	0,02483938	0,00235545
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,00484996	2,3522E-05	-0,02197788	0,04612039	0,0034951
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,01044892	0,00010918	-0,02757683	0,02372456	-0,00210386
-0,00058182	3,3852E-07	-0,01301438	0,02421665	0,04204418
-0,00841191	7,076E-05	-0,01942878	0,02576157	-6,6845E-05
0,00688795	4,7444E-05	-0,00554461	0,0578583	0,04575141
-0,00841191	7,076E-05	-0,01942878	0,02576157	-6,6845E-05

Valeurs Résiduelles

0,02086305	-0,00504772	-0,00460993
-0,11381896	-0,13972973	-0,13929194
0,02646201	0,00055124	0,00098903
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,02197788	-0,00393289	-0,0034951
0,02706999	0,00115922	0,00159701

0,02599512	8,4352E-05	0,00052214
0,02646201	0,00055124	0,00098903
0,01461697	-0,0112938	-0,01085601
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,02646201	0,00055124	0,00098903
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,02197788	-0,00393289	-0,0034951
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,02757683	0,00166607	0,00210386
0,01770974	-0,00820103	-0,00776324
0,02553982	-0,00037094	6,6845E-05
0,01023996	-0,0156708	-0,01523302
0,02553982	-0,00037094	6,6845E-05

Somme des c	0,06429573

SC Simple	-0,01712791	0,00878285	0,00834506
SC Carré	0,00029337	7,7138E-05	6,964E-05

Source	SC	d.d.l.	CM	F	p.c. 001	p.c. 005
Visualisations	0,00880288	2	0,00440144	2,46442236	Accept	Accept
Utilisateurs	0,05549285	19	0,00292068	1,63532396	Accept	Accept
Résiduelle	0,06429573	36	0,00178599			
Total	0,12859145	57				

Fisher	Proba 0,01	Proba 0,05
ddl 2 - 38	4,31	3,23
ddl 19 - 38	2,29	1,85