
Interaction multi-niveaux pour l'exploration d'un espace d'information riche

Emmanuel Dubois

Université de Toulouse & CNRS,
IRIT, Toulouse, France
Emmanuel.Dubois@irit.fr

Augusto Celentano

DAIS, Università Ca' Foscari
Venezia, Venise, Italie
auce@dais.unive.it

Résumé

Dans cet article, nous discutons les paradigmes de visualisation et d'interaction basés sur les mécanismes d'Overview+Détail et de Focus+Context pour une utilisation dans des espaces d'information riches, i.e. hétérogènes et multidimensionnels. Nous proposons d'identifier un ensemble de niveaux de détail de l'information couvrant de l'univers d'information dans son ensemble jusqu'au niveau très fin correspondant aux données elles-mêmes. Chaque niveau est orienté vers un objectif spécifique, déployé sur une classe appropriée d'appareils et exploité grâce à des techniques d'interaction spécifiques.

Mots clés choisis par les auteurs

Interaction multi-niveaux ; Espace de conception ; Information multidimensionnelle ; Visualisation interactive.

Mot clés de la classification ACM

H.5.m. Information interfaces and presentation : UI

Introduction

Pour analyser et gérer des espaces d'informations riches, i.e. des espaces d'information complexes impliquant des données hétérogènes et structurées selon de multiples dimensions, s'appuyer sur différents niveaux de détail et permettre la permutation entre une vue globale et une vue détaillée présentent des avantages bien connus et validés par une importante littérature [5, 17]. Les situations nécessitant la manipulation de grandes structures de données tirent profit de tels moyens d'interaction en particulier pour l'exploration de réseaux, d'environnements sociaux, et pour l'analyse et la visualisation de données scientifiques multidimensionnelles [9, 11].

Fréquemment, l'information est liée à une carte correspondant à un espace géographique ou un environnement purement virtuel, qui représente simultanément l'espace d'information global et l'environnement de visualisation et d'interaction [1, 9]. Les cartes sont alors utilisées non seulement pour représenter une information géographique, mais aussi métaphoriquement pour mettre en évidence les relations entre les différentes parties de l'information et pour aider les utilisateurs à se déplacer dans des espaces cognitifs complexes [4, 20]. En effet, la représentation de l'espace et le raisonnement dans l'espace sont deux aptitudes fondamentales des êtres humains; selon Kuhn [13], «*Space is fundamental to perception and cognition because it provides a common ground for our senses as well as for our actions*». Dans de tels contextes les données peuvent appartenir à un environnement hypermédia riche, mais qui s'avère complexe à explorer: en effet elles peuvent être agrégées à différents niveaux et visualisées de différentes

manières; les données peuvent également être de type différent, voire même inclure des informations imbriquées qui résultent en l'existence de «mondes dans les mondes» [8].

En raison de l'importance de la représentation spatiale dans la gestion de l'exploration de l'information nous nous intéressons principalement aux interfaces basées sur les cartes. A ces fins, nous proposons dans cet article un espace de conception de techniques d'interaction pour explorer des informations riches et complexes, composées de données multivariées et basée sur un déploiement multi-dispositif. L'espace de conception proposé conduit à l'identification d'une distinction très claire entre les niveaux d'information au moment de la conception; les différents niveaux correspondent aux différentes catégories d'information requises pour des objectifs de connaissances différents (multi-usage). L'objectif de cette méthodologie de conception est donc de mener à la conception de solutions interactives qui augmentent la compréhension d'une information riche et complexe.

Travaux connexes

Les solutions interactives dédiées à la recherche d'information s'appuient sur des techniques d'interaction variées (dispositifs, solution localisée vs. distribuée, ...), et mettent en jeu des représentations dont la structure est variable (données homogènes vs hétérogènes, discrètes vs continues, ...). Pourtant presque toutes ces interfaces, se conforment au *mantra* de Ben Shneiderman sur la visualisation de l'information [19] : «*Overview first, zoom and filter, details on demand*». Elles requièrent donc un raffinement des informations sur la base d'une exposition progressive, la sélection d'un contenu pertinent et une représentation adéquate.

Plusieurs études ont été conduites dans le domaine des mécanismes d'interaction *overview + detail* (OD), *focus + context* (FC) et *zooming*. Cockburn et al [5] ont notamment conduit un examen approfondi de trois catégories d'interfaces. Pour rappel OD est constitué d'espaces de visualisation séparés, FC implique une interface transparente pour fusionner un espace global de visualisation continu des données et un ou plusieurs points de vue similaires entre eux mais offrant un niveau de détail différent de l'espace global. Les premières représentations FC ont été basées sur

des principes géométriques de déformation similaires à l'effet optique des lentilles ultra-grand angle : ce sont les vues «*fisheye*» [15, 18]. Des approches généralisées des FC ont aussi été analysées dans le contexte de la visualisation scientifique [11] et l'interaction continue avec filtrage dynamique des informations visibles était au cœur du système *Pad* [16], une interface de type zoom pour informations hétérogènes.

Au-delà de ces trois grandes catégories d'interfaces pour la visualisation de données, d'autres systèmes d'affichage visent à généraliser la présentation simultanée des données à différents niveaux ou sous des perspectives différentes : ce sont les systèmes de vue *coordonnées* et *multi-vues*. Roberts [17] a examiné l'état de l'art il y a environ dix ans, sous sept points de vue: la préparation et le traitement des données, la génération des vues, les techniques d'exploration, la coordination et le contrôle, ses outils et l'infrastructure, l'interface humaine, et la facilité d'utilisation et de perception. Une approche différente a été prise par Baldonado et al [2], où les systèmes à multi-vues sont analysés selon trois points de vue: la sélection de la vue, la présentation d'une vue et les relations entre les différentes vues, qui peuvent être fondées ou non sur affordances similaires.

Par ailleurs, un problème spécifique dans la représentation de l'information complexe est la nécessité de réduire la dimensionnalité des données pour rendre possible l'affichage sur un écran de taille limitée des données dont la représentation par défaut est beaucoup trop grande. Dans [7] des techniques sont proposées, qui résument des parties de données de façon dynamique par *pliage* de l'espace de données, une technique symétrique de la représentation en perspective utilisée dans les premiers systèmes de FC [15, 18]. Des solutions technologiques ont également été explorées par le biais de dispositifs multi-résolution [3]. Hasan et al [10] ont proposé une approche multi-résolution basée sur l'identification de régions d'intérêt dans une image. Ces régions sont obtenues par une analyse par ondelettes qui permet l'identification dynamique des relations entre zones de détails et contexte. Enfin des études d'utilisabilité et des analyses système ont été réalisées et sont discutées par Hornbæk et al [12] et par Lam et al [14].

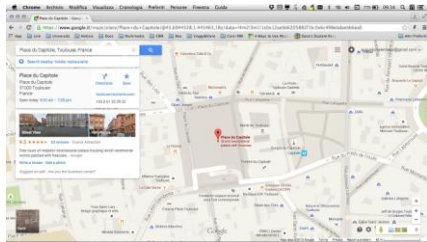


Figure 1. Aperçu de GoogleMap

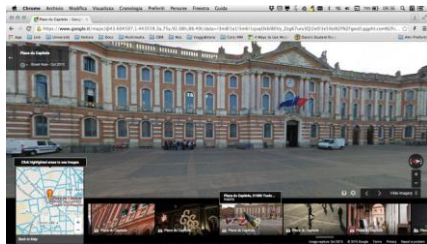


Figure 2. Street View, avec la vue du contexte dans la carte et la liste de photo



Figure 3. Une vue détaillée d'une photo avec la référence à l'endroit exact où elle a été prise

L'espace de conception

Contrairement à la plupart des travaux existants dans la littérature, nous ne nous concentrons pas sur la conception d'une technique d'interaction potentiellement plus souple et plus adaptée. Nous visons plutôt à la définition d'un espace de conception structuré décrivant les relations complexes qui existent entre les données et les interactions présentes dans un espace d'information riche. Notre objectif est de tendre vers la conception de solutions interactives de type zoom contrôlé où les niveaux de zoom sont discrétisés et caractérisés en termes de type d'informations affichées, style d'interaction et déploiement. Les systèmes pertinents pour cette approche sont naturellement orientés vers des implémentations multi-dispositifs aptes à présenter simultanément les différents niveaux de zoom, et où chaque niveau est associé à des objectifs différents de connaissances et des modalités d'interaction spécifiques. Ce dernier point de vue est à notre avis pertinent pour améliorer le processus de conception.

L'espace de conception proposé identifie cinq catégories d'informations pour la présentation et l'interaction qui définissent différents objectifs d'un utilisateur et correspondent à des niveaux progressifs de détail dans la visualisation. Ces objectifs incluent notamment la définition de l'espace de données, la sélection d'un contexte approprié pour une application spécifique et la définition d'un espace de travail pour l'exploration précise de données. L'espace de conception est complété par un mécanisme de filtrage qui peut être appliqué à chacune des catégories pour définir le point de vue sous lequel les données sont observées.

Nous présentons tout d'abord deux exemples simples, puis nous introduisons les cinq catégories d'information en les illustrant sur ces deux exemples et enfin, nous discutons des justificatifs de notre proposition.

Cas d'étude: Google Maps et Prévision météo

Ces deux applications très simples mettent en présence différents niveaux de visualisation avec différents objectifs et contenu. Leur complexité ne nécessite pas la mise en œuvre d'un modèle de conception mais ils illustrent les concepts majeurs de ce cadre conceptuel.

L'écran principal de Google Maps (Figure 1) est divisé en plusieurs zones, chacune consacrée à une visualisation différente: la carte dans la zone principale constitue le contexte, un résumé des types d'information et de visualisation disponibles sur la gauche, un bouton pour passer à la vue *Earth* dans la partie gauche en bas (et qui est vraiment une application différente), et des commandes pour gérer la vue. Lors de l'activation du service Street View le contenu de la page change pour présenter le point de vue d'un piéton sur la route sélectionnée (Figure 2) qui constitue un focus; la carte 2D sur la gauche définit alors le contexte dans lequel se situe la vue de la rue; une liste de photographies prises à partir de ou à proximité de ce point de vue constitue l'information détaillée perçue l'environnement global de Google Street View (Figure 3). Ces trois ensembles d'informations peuvent être parcourus, (dé)zoomés, ou annotés ou complétés. Il apparaît donc que les données peuvent être visualisées à différents niveaux de détails, en alternant entre une vue globale d'un contexte particulier et des données détaillées associées à ce contexte spatial particulier, et tout en préservant la cohérence de l'espace d'information.

Un deuxième exemple (bien qu'il ne soit pas un programme interactif) est le programme de prévisions météorologiques du monde entier, présenté par France24 sur un téléviseur (Figure 4). Dans ce programme, une partie d'un continent est mise en évidence sur la partie visible d'un globe (contexte) par un rectangle blanc, qui permet de contextualiser l'information visualisée. Le relief et le type de terrain dans toute cette partie du continent (forêts, terre, lac, etc.) constituent un focus dont le niveau d'information différent est représenté dans l'espace principal du téléviseur. Des informations supplémentaires relatives à cette zone incluent le nom des principales villes auxquels sont associées pour chacune la température prévue, les conditions météorologiques et la date, i.e. des informations détaillées.

Un espace de conception structuré

Notre proposition s'appuie sur les propriétés des interfaces OD et FC. Comme dans une interface OD, différents points de vue peuvent être attribuées à plusieurs dispositifs, chacun pouvant être contrôlé avec différents styles d'interac-



Figure 4. Un écran d'un programme de météo illustrant différents niveaux d'information sur un seul dispositif (issue du bulletin météo de France 24)

tion; comme dans une interface FC, des vues agissent comme un contexte continu d'autres, plus détaillées, améliorent la capacité de comprendre et d'interpréter la signification des données à chaque niveau.

Univers. La première catégorie d'information est l'« *Univers du discours* », le cadre de référence de l'ensemble des informations gérées par l'application ou plus généralement l'environnement interactif. Il peut être représenté comme un espace structuré (par exemple une carte) et peut éventuellement contenir une présentation sommaire des données abstraites. Il définit l'environnement dans lequel l'information a une signification pour l'utilisateur et peut être traité dans le cadre d'un domaine de connaissances.

Dans nos deux cas d'étude, l'univers est le monde qui n'est pas représenté intégralement à l'écran. L'univers est normalement assez abstrait et pourrait être extrêmement large et donc une application est susceptible d'être limitée à une partie : le contexte.

Contexte. La deuxième catégorie est le « *contexte* », une zone de l'univers où l'exploration de l'information est logique et fait sens pour atteindre un objectif spécifique en termes de connaissances à établir. En se référant au jargon habituel OD-FC, il a des propriétés tant d'un contexte que d'un aperçu (Overview) : comme un contexte, il définit l'ensemble des informations dans lequel l'utilisateur peut explorer les détails. Comme un aperçu il représente le résumé de toutes les vues détaillées auxquelles l'utilisateur peut accéder, ainsi que le résumé de l'information pertinente si on utilise des représentations quantitatives synthétiques.

Dans Google StreetView la carte 2D sur la gauche est le contexte dans lequel le piéton recherche son itinéraire. Dans le programme météo c'est la partie visible du globe qui constitue le contexte que l'utilisateur va pouvoir explorer.

À un niveau très large et selon le paradigme des interfaces de zoom, le Contexte est une vue détaillée de l'Univers où la précision du détail est limitée à l'identification de la partie d'information qui peut être explorée, le reste de l'univers étant presque sans importance pour l'utilisateur dans la session spécifique de l'application.

Région d'intérêt. La troisième catégorie est la « *région d'intérêt (ROI)* » : c'est une sous-partie du contexte qui soutient l'exploration interactive (et éventuellement la modification) des données par l'utilisateur, en utilisant des dispositifs propres pour visualiser et accéder au contenu. Elle est la partie du contexte qui contient des informations d'un certain type, se référant aux mêmes objectifs exploratoires et avec une taille adéquate pour une session d'interaction.

Plutôt que d'être un niveau de visualisation de l'information avec des propriétés spécifiques, la ROI est caractérisée par la quantité d'informations qui peut être explorée activement dans une session continue, montrant sa structure et en indiquant clairement sa sémantique. En termes d'interface de visualisation, la ROI représente un niveau intermédiaire entre le contexte et le détail qui se concentre sur une partie du contexte dont la représentation détaillée exige un changement dans l'interaction, un dispositif de déploiement différent, ou une visualisation différente.

Dans Google StreetView la ROI est constituée du point de vue piéton affiché dans la partie principale de l'application; la ROI est également matérialisée dans le contexte par le biais d'une "punaise" représentant l'emplacement du piéton dans la rue. Similairement pour le programme météo la partie principale du téléviseur affiche la ROI contenant les reliefs, étendues d'eau et espaces verts et le carré blanc sur le globe est la représentation de la ROI dans le contexte.

Comme telle, la ROI peut être définie comme un focus pour le contexte et comme un contexte pour la catégorie subséquente, le détail (défini ci-après). Il est un concept important car il marque un point dans le continuum des niveaux de détail croissants où le type d'informations présentées et le déploiement de l'information sur les dispositifs peut changer.

Détail. La quatrième catégorie est le « *détail* » : il s'agit de l'ensemble des données élémentaires et structurées contenues dans la ROI, présentées et consultées selon des modalités de visualisation et d'interaction appropriées pour le type d'information.

Le concept de détail dans notre proposition est proche de la notion traditionnelle de détail et focus des traditionnelle in-

terfaces OD et FC; étant lié à une ROI dont la taille et la couverture peuvent changer, il peut apparaître à différents degrés de raffinement selon la visualisation choisie.

Dans Google Street View, le détail est constitué par chaque photo liées à la position courante du piéton. Dans le programme météo, le détail est constitué par le nom des villes et pour lesquelles des informations météorologiques sont disponibles.

Donnée. La cinquième catégorie est la « donnée », qui correspond aux informations, de quelque type que ce soit, et dont la connaissance est importante pour l'utilisateur dans le contexte de l'application.

La distinction entre le détail et la donnée est particulièrement pertinente dans le contexte des informations multivariées et multidimensionnelles, i.e. des agrégations complexes de données simples ou de types et représentations différentes. Les deux niveaux pourraient être fusionnées dans les cas les plus simples. Cependant, comme notre espace de conception traite explicitement des environnements d'information multidimensionnelle et multivariée, la séparation des deux concepts est pertinente.

Ainsi pour Google StreetView la donnée est le contenu lui-même des photos tandis que pour le programme météo il s'agit des données météorologiques, i.e. la température et l'indication relative au temps.

La sélection dans un détail structuré d'un élément individuel de données peut changer le point de vue de l'observateur, conduisant à une récurrence dans le processus d'analyse de données [8,16]. Par exemple sélectionner une température dans un programme météo interactif pourrait basculer sur la visualisation de l'évolution thermique du mois précédent.

Perspective. Un « modificateur de vue » peut agir sur chacun des niveaux pour changer le type d'informations exploré: ceci permet de définir la « perspective » la plus appropriée pour la réalisation de la tâche en cours. Différentes perspectives mettent en évidence différentes propriétés des données : un ensemble multidimensionnel de données peut donc être projeté sur différents sous-ensembles de ses attributs permettant ainsi l'analyse de différentes propriétés.

Comme ces cinq niveaux sont les résultats d'une combinaison des mécanismes d'interaction OD et FC, différents ensembles d'informations coexistent : certains niveaux correspondent à une version détaillée d'un autre, certains niveaux offrent des références à d'autres ou ajoutent du sens et de l'information à un autre niveau. Lors de l'exploration de l'espace d'information, ces ensembles de données ne peuvent pas être perçus et manipulés dans le même lieu et au même moment. La décomposition offerte par les cinq niveaux introduits constitue alors une aide au raisonnement basée sur ces considérations et sur l'identification des différents ensembles d'informations et leurs dépendances.

Discussion et conclusion

Dans cet article, nous avons introduit un espace de conception pour interfaces multi-niveaux visant à mieux répondre aux besoins pour interagir avec un espace d'informations riche et complexe. Ce cadre conceptuel est basé sur les principes inhérents aux FC et OD, complétés par une discrétisation des niveaux de détail allant d'une vue générale sur l'information complète (l'Univers) jusqu'à les données finales, à travers un concept renouvelé de Contexte et un nouveau concept de Région d'intérêt.

Les raisons pour identifier les catégories d'information dans un environnement d'information riche sont supportées par la nécessité d'offrir à l'utilisateur la meilleure façon de trouver l'information nécessaire, de la visualiser et d'accéder efficacement à ses détails. Tout d'abord, cela nécessite de raisonner sur la *structuration de l'interface*: les relations entre l'aperçu et le détail (ou entre le contexte et l'objet dans une présentation continue) sont complexes. En effet, différents types d'informations remplissent l'environnement de l'information: tous ne peuvent normalement pas être visible au niveau de la vue d'ensemble et du contexte en raison de la taille des données ou de l'espace de visualisation et de la nécessité de maintenir un point de vue neutre par rapport aux tâches possibles qu'un utilisateur pourrait faire. Des transitions flexibles de l'aperçu et du contexte vers les données sont donc nécessaires. En second lieu, pour analyser un espace d'informations riche, l'utilisateur ne voudra très probablement pas percevoir toutes les données simultanément : pouvoir *adapter le jeu de données* à visualiser justi-

fie la nécessité d'une discrétisation structurelle des niveaux intermédiaires. Enfin, en termes de manipulation de l'interface, après avoir identifié différents contenus d'information dans le contexte et le détail, l'exploration de l'information doit être structurée selon les relations existantes et pas seulement selon des relations spatiales. Se conformer aux cinq catégories permet à l'utilisateur de *structurer l'interaction en sous-tâches*, et ainsi de faciliter une exploration plus systématique et mieux orientée vers un objectif propre au contexte.

Ce cadre conceptuel constitue une première étape vers l'élaboration d'une ressource méthodologique pour la conception des techniques d'interaction pour l'exploration d'espaces de données riches. En effet, pour chaque niveau, les données à manipuler et leur niveau de granularité, de même que les actions à effectuer et les relations avec les autres niveaux sont explicitées: la conception de techniques d'interaction devra donc s'appuyer sur ces considérations pour offrir un ensemble cohérent de techniques d'interaction permettant l'interaction multi-niveaux d'un espace d'information riche.

Références

- [1] Z. S. H. Abad, C. Anslow, and F. Maurer. Multi surface interactions with geospatial data: A systematic review. In *ITS'14*, 69–78, 2014.
- [2] M. Q. W. Baldonado, A. Woodruff, and A. Kuchinsky. Guidelines for using multiple views in information visualization. In *AVI '00*, 110–119, 2000.
- [3] P. Baudisch, N. Good, and P. Stewart. Focus plus context screens: combining display technology with visualization techniques. In *UIST '01*, 31–40, 2001.
- [4] A. Celentano and F. Pittarello. From real to metaphoric maps: Cartography as a visual language for organizing and sharing knowledge. *Journal of Visual Languages and Computing*, 23(2):63–77, 2012.
- [5] A. Cockburn, A. Karlson, and B. B. Bederson. A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. *ACM Comput. Surv.*, 41(1):Article 2, 2009.
- [6] M. Cossalter, O.J. Mengshoel, T. Selker. Multi-focus and multi-level techniques for visualization and analysis of networks with thematic data. In *VDA'2013*.
- [7] N. Elmqvist, N. Henry, Y. Riche, and J.-D. Fekete. Melange: Space folding for multi-focus interaction. In *CHI '08*, 1333–1342. ACM, 2008.
- [8] S. K. Feiner and C. Beshers. Worlds within worlds: Metaphors for exploring n-dimensional virtual worlds. In *UIST '90*, 76–83. ACM, 1990.
- [9] G. Fuchs, M. Kreuseler, and H. Schumann. Extended focus & context for visualizing abstract data on maps. In *CO-DATA Prague Workshop on Information Visualization, Presentation, and Design*, 2004.
- [10] M. Hasan, F. F. Samavati, and C. Jacob. Multilevel focus+context visualization using balanced multiresolution. *CW 2014*, 145–152, 2014.
- [11] H. Hauser. Generalizing focus+context visualization. In G.-P. Bonneau and T. E. G. Nielson, editors, *Scientific Visualization: The Visual Extraction of Knowledge from Data*, 305–327. Springer, 2006.
- [12] K. Hornbæk, B. B. Bederson, and C. Plaisant. Navigation patterns and usability of zoomable user interfaces with and without an overview. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 9(4):362–389, 2002.
- [13] W. Kuhn. Handling data spatially: Spatializing user interfaces. In *SDH'96*, 877–893, 1996.
- [14] H. Lam and T. Munzner. A guide to visual multi-level interface design from synthesis of empirical study evidence. Tech. Report TR-2010-11, UBC Computer Science, 2010.
- [15] J. D. Mackinlay, G. G. Robertson, and S. K. Card. The perspective wall: Detail and context smoothly integrated. In *CHI '91*, 173–176. ACM, 1991.
- [16] K. Perlin and D. Fox. Pad: An alternative approach to the computer interface. In *SIGGRAPH '93*, 57–64. ACM, 1993.
- [17] J. C. Roberts. State of the art: Coordinated & multiple views in exploratory visualization. In *CMV '07*, 61–71, USA, 2007. IEEE Computer Society.
- [18] M. Sarkar and M. H. Brown. Graphical fisheye views. Technical report, Department of Computer Science, Brown University, Providence, RI, USA, 1993.
- [19] B. Shneiderman. The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In *VL '96*, 336–343. IEEE Computer Society, 1996.
- [20] E. Tufte. *Envisioning Information*. Graphics Press, Cheshire, CT, USA, 1990.