



Visualisation de l'information : un panorama d'outils et de méthodes

Solveig Vidal

► **To cite this version:**

Solveig Vidal. Visualisation de l'information : un panorama d'outils et de méthodes. [Rapport de recherche] INIST-V - 06-03, Institut de l'Information Scientifique et Technique (INIST-CNRS). 2006, 38 p., illustrations, bibliographie et webographie : 44 références. <hal-01456799>

HAL Id: hal-01456799

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01456799>

Submitted on 6 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



VEILLE

Visualisation de l'information

Un panorama d'outils et de méthodes

DOSSIER DE SYNTHÈSE

Rédigé par Solveig Vidal
Ingénieur d'études CNRS
Mai 2006



VEILLE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introduction | 4 |
| 1.1 | Définition de la visualisation de l'information | 4 |
| 1.2 | Définition de l'interaction | 5 |
| 2 | Objectifs de l'étude | 7 |
| 2.1 | Méthodologies et limites de l'étude | 7 |
| 2.2 | La problématique d'une typologie | 8 |
| 3 | La visualisation linéaire | 9 |
| 3.1 | Définition et approches | 9 |
| 3.1.1 | Les gros tableurs | 9 |
| 3.1.2 | Les murs fuyants | 10 |
| 3.1.3 | Les "Timeslines" ou frises chronologiques | 11 |
| 3.2 | Les outils répertoriés pour la visualisation linéaire | 12 |
| 3.3 | Les applications possibles | 12 |
| 4 | La visualisation hiérarchique | 13 |
| 4.1 | Définition et approches | 13 |
| 4.1.1 | Listes indentées | 13 |
| 4.1.2 | Diagrammes | 14 |
| 4.1.3 | Approche surfacique | 15 |
| 4.1.4 | Approche hyperbolique | 16 |
| 4.1.5 | Approche conique | 17 |
| 4.1.6 | Approche Landscape | 18 |
| 4.2 | Les outils répertoriés pour la visualisation hiérarchique | 19 |
| 4.3 | Les applications possibles | 19 |
| 5 | La visualisation des réseaux | 20 |
| 5.1 | Définition | 20 |
| 5.2 | Applications | 20 |
| 5.2.1 | Réseaux de personnes (ou réseaux sociaux) et organisateurs d'idées ou de connaissances | 20 |
| 5.2.2 | Réseaux de documents (co-citation) ou de pages web (réseaux hypertextes) | 22 |
| 5.2.3 | Plateformes génériques ou toolkits | 23 |
| 5.3 | Les outils répertoriés pour la visualisation des réseaux | 24 |
| 6 | La visualisation multidimensionnelle | 25 |
| 6.1 | Définition et approches | 25 |
| 6.1.1 | Les nuages de points | 25 |
| 6.1.2 | Les diagrammes d'Inselberg | 26 |
| 6.2 | Les outils répertoriés pour la visualisation multidimensionnelle | 27 |
| 6.3 | Les applications possibles | 28 |
| 7 | La visualisation vectorielle | 29 |
| 7.1 | Définition et approches | 29 |
| 7.1.1 | Cartes par calcul de similarité | 29 |
| 7.1.2 | Cartes par calcul de pertinence | 31 |
| 7.2 | Les outils répertoriés pour la visualisation vectorielle | 33 |

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 7.3 | Les applications possibles | 33 |
| 8 | Conclusion | 34 |
| 9 | Bibliographie et Webographie | 35 |

1 Introduction

L'homme est doté d'une capacité à visualiser l'information très développée qui joue un rôle majeur dans ses processus cognitifs (reconnaissance rapide de motifs, couleurs, formes et textures)¹. Il utilise des méthodes graphiques afin de mieux appréhender des notions abstraites ou pour représenter le monde qui l'entoure.

Les développements en informatique ont conféré une grande capacité de recueil et de génération de données mais également une grande puissance au niveau des techniques d'imagerie.

Mais la volumétrie de ces informations est telle que leur interprétation est de plus en plus hors de portée des capacités humaines. C'est pour ces raisons que les technologies de visualisation de l'information, en plein essor, méritent notre attention.

1.1 Définition de la visualisation de l'information

La visualisation de l'information relève à la fois de la visualisation scientifique², du datamining³, de l'interface homme machine, de l'imagerie et des graphiques (Kapusova D).

Il s'agit de représenter dans un espace physique sous la forme de graphiques une information souvent abstraite. Cette information peut comprendre des données, des processus, des relations ou des concepts. Sa représentation nécessite de manipuler des entités graphiques (points, lignes, formes, images, texte, surface) et leurs attributs (couleur, intensité, taille, position, forme, mouvement).

Au départ des données brutes (pas encore manipulées) sont collectées généralement grâce à l'aide d'un procédé automatisé. L'utilisateur extrait un sous-ensemble de données intéressantes organisées d'une manière plus structurée. Cette forme plus structurée peut alors être associée à une représentation visuelle par association des propriétés des données aux attributs visuels. Finalement, la représentation visuelle peut-être manipulée de manière interactive par l'utilisateur en obtenant différentes vues de la même information.

Ce que Ben Shneiderman (Shneiderman B and Plaisant C 2005) nomme l'"Information seeking Mantra" - "Overview first, zoom and filter, and then details-on-demand" - est une exploration visuelle de données obéissant à un processus en trois phases :

¹ Processus de compréhension et de mémorisation

² Utilisation d'images afin de comprendre les données d'origine de mesures ou de simulation

³ Gestion et exploitation des données

- vue d'ensemble,
- zoom et filtrage,
- détails à la demande.

D'abord, l'utilisateur a besoin de se faire une idée de l'ensemble de données par vue d'ensemble. Il identifie par la suite des structures intéressantes et il se focalise sur une ou plusieurs d'entre elles. Enfin, pour analyser ces structures, l'utilisateur cherche à accéder au détail des données.

Quels sont les objectifs de la visualisation de l'information ?

Il s'agit de fournir à l'utilisateur une compréhension qualitative du contenu de l'information.

- Cette visualisation doit permettre à l'utilisateur final de faire des découvertes, proposer des explications ou prendre des décisions.
- Ces actions peuvent se faire aussi bien sur des motifs (clusters, tendances, émergences, anomalies) ou sur des ensembles d'éléments ou encore sur des éléments isolés.
- Gilles Balmisse (Balmisse G 2005) dit encore que recourir aux technologies de la visualisation a un double objectif :
 - Communiquer efficacement des informations au travers d'une représentation graphique via des cartes cognitives.
 - Faciliter la découverte de connaissances grâce à une représentation graphique issue de l'analyse d'un corpus d'informations via des cartes sémantiques.

1.2 Définition de l'interaction

La visualisation de l'information ne peut être traitée sans aborder l'interaction.

Cette dernière rend possible l'exploitation réelle des vues d'ensemble une fois produites. En effet, la perception est indissociable de l'action : c'est le couplage « action perception ». Ainsi l'être humain est plus habile à extraire des informations d'une interface s'il peut agir directement et activement sur cette interface que s'il reste passif.

L'interaction sera donc mise en avant dans les diverses approches de visualisation développées plus bas.

Ces dernières sont développées par Daniel Keim (Keim DA 2002) qui distingue les qualificatifs "dynamique" et "interactif" selon que les modifications apportées à la visualisation des données soient effectuées automatiquement ou manuellement (l'utilisateur final pouvant agir directement) :

- **Projections dynamiques** : il s'agit de changer dynamiquement les projections afin d'explorer un ensemble de données multidimensionnelles.
- **Filtrage interactif** : il s'agit d'avoir, d'une part, la possibilité de diviser interactive- ment l'ensemble des données dans des segments et, d'autre part, de se concentrer sur les sous-ensembles intéressants. Ceci peut être fait en choisissant directement le sous-ensemble désiré (browsing) ou en spécifiant des propriétés du sous-ensemble désiré (querying).
- **Zoom interactif** : il s'agit de partir d'une vue globale des données et de permettre l'affichage des détails selon différentes résolutions.
- **Distorsion interactive** : il a l'avantage de pouvoir montrer des parties de données avec un niveau élevé de détail tandis que la vue d'ensemble est préservée (les autres parties de données étant visibles avec un niveau moindre de détail). Il existe des techniques de déformation hyperboliques ou sphériques souvent employées sur des hiérarchies ou des graphiques. Ces techniques utilisent une sorte de loupe (fisheye) déformante que l'on promène à son gré sur l'ensemble des données.
- **Liens interactifs et brossage** (interactive linking and brushing) pour les données multidimensionnelles : l'idée est de combiner des méthodes différentes de visualisation pour surmonter les imperfections des techniques simples. Les nuages de points (scatterplots) des projections différentes, par exemple, peuvent être combinées en colorant et en liant des sous-ensembles de points dans toutes les projections.

Selon Ben Shneiderman, les tâches interactives possibles par l'analyste sont :

- avoir une vue de l'ensemble ou globale
- zoomer
- filtrer
- détailler
- voir les relations entre objets
- avoir l'historique des actions pour le rejouer
- extraire

2 Objectifs de l'étude

Il s'agit de proposer une typologie des diverses méthodes de visualisation, d'une part, et un panorama des outils de visualisation avec des applications possibles, d'autre part, pour chaque type.

2.1 Méthodologies et limites de l'étude

Dans un premier temps, des recherches ont été réalisées sur Internet pour isoler :

- des sites référençant les projets et /ou outils de visualisation.
- les études faisant un état de l'art.

Dans un second temps, afin d'enrichir et de valider les sources, plusieurs entretiens ont été faits Pierre Humbert stagiaire du Recherche et Développement en système d'Ingénierie (RDI) qui effectue également une étude sur les outils de visualisation mais centrée sur des algorithmes incrémentaux qui prennent en compte la notion d'évolution. Ainsi, un partage d'information a été réalisé sur les principaux experts du domaine de la visualisation de l'information et sur les outils de visualisation.

Il est apparu très vite, au fur et à mesure de l'étude, que le monde de la visualisation de l'information est assez paradoxal.

En effet, l'ensemble des experts de ce domaine est assez restreint (Ben Shneiderman, Keith Andrews, Daniel Keim, Jean-Daniel Fekete, Jock Mackinlay, Tamara Münzner...), alors qu'il y a pléthore d'applications (en cours de développement ou mises sur le marché).

De plus, l'arrivée quotidienne de nouveaux outils - qu'ils soient prototypes ou commercialisés - nécessite une surveillance constante.

L'autre difficulté réside aussi dans le fait qu'il existe plusieurs typologies car les principaux experts ont leur propre vision ou recul sur ce domaine (voir plus bas : la problématique d'une typologie).

Il est donc difficile d'avoir un recul suffisant sur la visualisation de l'information qui est en constante évolution.

Les précédents états de l'art consultés, de même que les référencements des outils de visualisation qui sont en ligne, ont permis de voir que la plupart des applications entrent dans le cadre d'approches déjà répertoriées par les spécialistes.

Afin de faciliter l'exploitation de cette étude, les noms d'outils référencés sont mis en évidence avec une police de caractères colorée et certains noms d'outils proposant une démonstration en ligne en caractères gras.

Cette étude est accompagnée d'une présentation PowerPoint remplie d'illustrations sur les outils les plus marquants et d'un accès sur une page Viki⁴ qui référence toutes les URL vers les outils de visualisation et notamment les démonstrations en ligne.

L'objectif est de permettre aux ingénieurs du service Veille de tester les démonstrations et de voir si les outils suscitant leur intérêt peuvent être implémentés aisément.

2.2 La problématique d'une typologie

Plusieurs typologies ont été proposées :

- celle de Ben Shneiderman (Shneiderman B 1996) qui s'appuie sur la nature des données (unidimensionnelles, bidimensionnelles, tridimensionnelles, temporelles, multidimensionnelles, hiérarchiques, réseaux).
- celle de Daniel Keim (Keim DA 2002) qui s'appuie sur trois critères (techniques de visualisation, le type de données et le type d'interaction).
- celle de Keith Andrews (Andrews K 2002) qui s'appuie également sur les types de données.

Les trois typologies se recoupent plus ou moins, notamment celle de Andrews et Shneiderman car elles se fondent sur la nature des données.

Pour des raisons d'ordre didactique, les outils de visualisation sont répertoriés selon la catégorisation de Keith Andrews qui prend en compte les données de type vectoriel que Ben Shneiderman ne mentionne pas dans sa typologie.

Pour un meilleur consensus entre les trois catégorisations, les aspects d'interaction (notamment ceux de Daniel Keim) seront mentionnés pour chaque type de visualisation.

⁴ <http://r2d2.inist.fr:2000/wiki/index.php/Projet%20Visualisation>

3 La visualisation linéaire

3.1 Définition et approches

Il s'agit d'une visualisation sur des données linéaires telles que les listes alphabétiques, les tableaux, les codes sources de programmes, les ensembles ordonnés chronologiquement, les documents textuels...

Il existe trois approches principales selon que l'on a affaire à des données ordonnées chronologiquement ou non :

- les gros tableurs,
- les murs fuyants ou en perspective,
- les frises chronologiques ou "Timelines".

3.1.1 Les gros tableurs

Ils concernent les outils comme [Table Lens](#), [DEVisé](#) (Livny M, Ramakrishnan R et al. 1997; Yao Hongyu, Wenger K et al. 2000) et [Seesoftware](#) (Eick 1992) permettant la visualisation de larges ensembles de données tabulaires et où chaque ligne d'un pixel de largeur correspond à une donnée.

Il faut généralement cliquer sur cette ligne pour visualiser en détail la donnée.

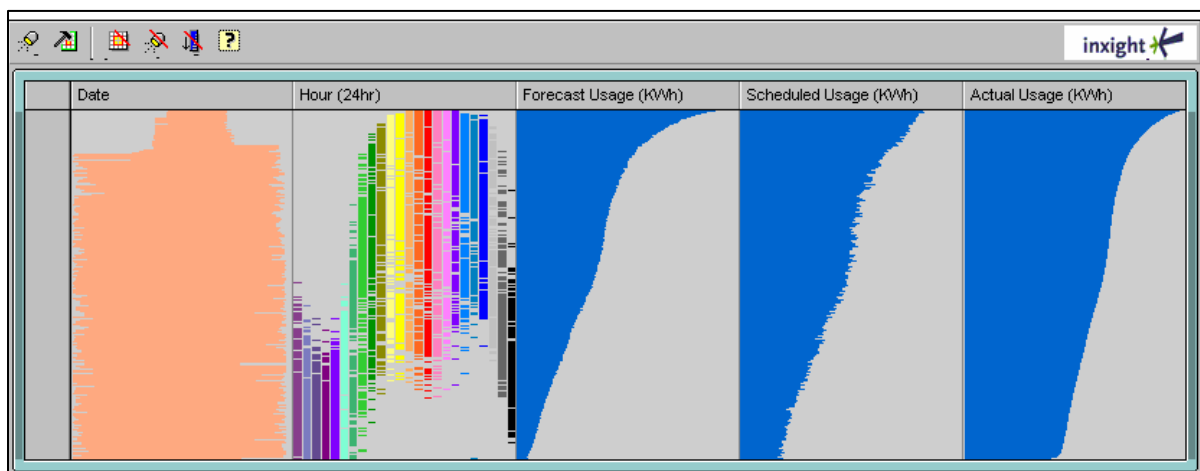


Table Lens

Les avantages :

L'utilisateur peut avoir une vue d'ensemble, filtrer, détailler, réarranger en sous-groupes, trier les données et voir les relations entre objets notamment avec [DEVisé](#).

On peut voir des tendances ou des émergences ou des anomalies plus facilement que si on avait la liste intégrale des données en un seul tenant.

Le(s) inconvénient(s) :

On ne peut extraire ou exporter les données d'intérêt une fois celle-ci identifiées.

L' (es) interaction(s) :

On peut filtrer les lignes en fonction de certains paramètres représentés par des caractéristiques graphiques (par exemple : l'antériorité de la ligne de programme informatique est liée à la couleur de la ligne dans **Table Lens**), on peut trier les colonnes, zoomer en cliquant sur une ligne haute de 1 pixel et visualiser la ligne du tableur correspondant à la donnée.

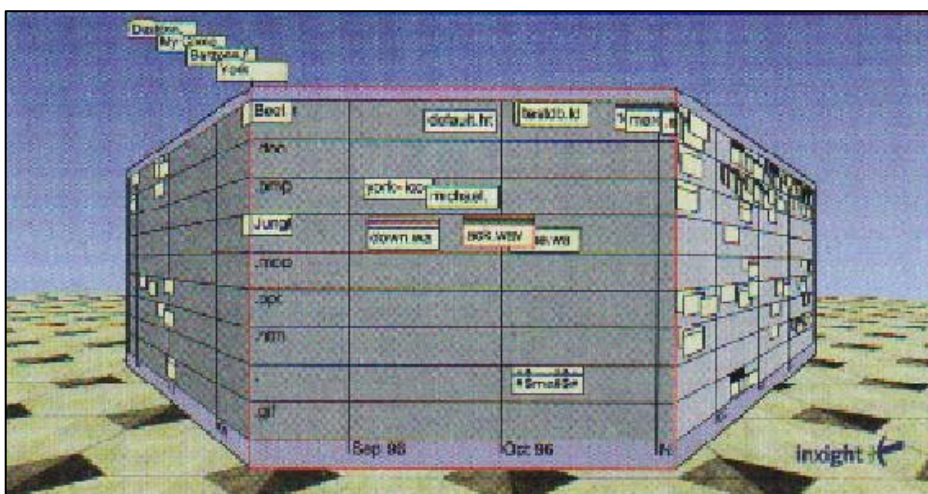
On garde une vue d'ensemble tout en visualisant en détail une partie des données c'est qu'on appelle couramment la méthode "focus+context". Il s'agit donc clairement du **filtrage interactif** exposé par D. Keim.

3.1.2 Les murs fuyants

Il s'agit d'outils tels que **TimeWall** et **Perspective Wall** (Mackinlay D., Robertson G. G. et al. 1991) dont le principe réside dans le fait que les données sont présentées chronologiquement sur plusieurs panneaux (trois en général).

Le panneau central se trouve en premier plan (donc avec les données détaillées) tandis que les panneaux de droite et de gauche sont en arrière plan, ce qui donne un effet de perspective correspondant à la notion de "focus+context".

Ce qui est en avant correspond à une période donnée où notre attention se focalise, la partie gauche à ce qui est antérieur à cette période et la partie droite à ce qui est postérieur.



Perspective Wall

L' (es) avantage(s) : il y a un suivi temporel des événements et on peut avoir une meilleure résolution sur les périodes et les événements d'intérêt tout en gardant une vue d'ensemble.

L' (es) inconvénient(s) : il faut savoir déjà où chercher au niveau de la zone temporelle (donc déjà situer un événement particulier ou une donnée particulière dans le temps) puisqu'on ne peut filtrer à l'exception de [TimeWall](#) qui a intégré cette fonctionnalité de filtrage interactif.

L' (es) interaction(s) :

Il s'agit de la **distorsion interactive** de D. Keim où la zone temporelle d'intérêt est rendue visible suite à une déformation locale comme si on déplaçait une grosse loupe sur cette dernière. Les autres zones sont toujours visibles mais avec un moindre niveau de détail.

3.1.3 Les "Timeslines" ou frises chronologiques

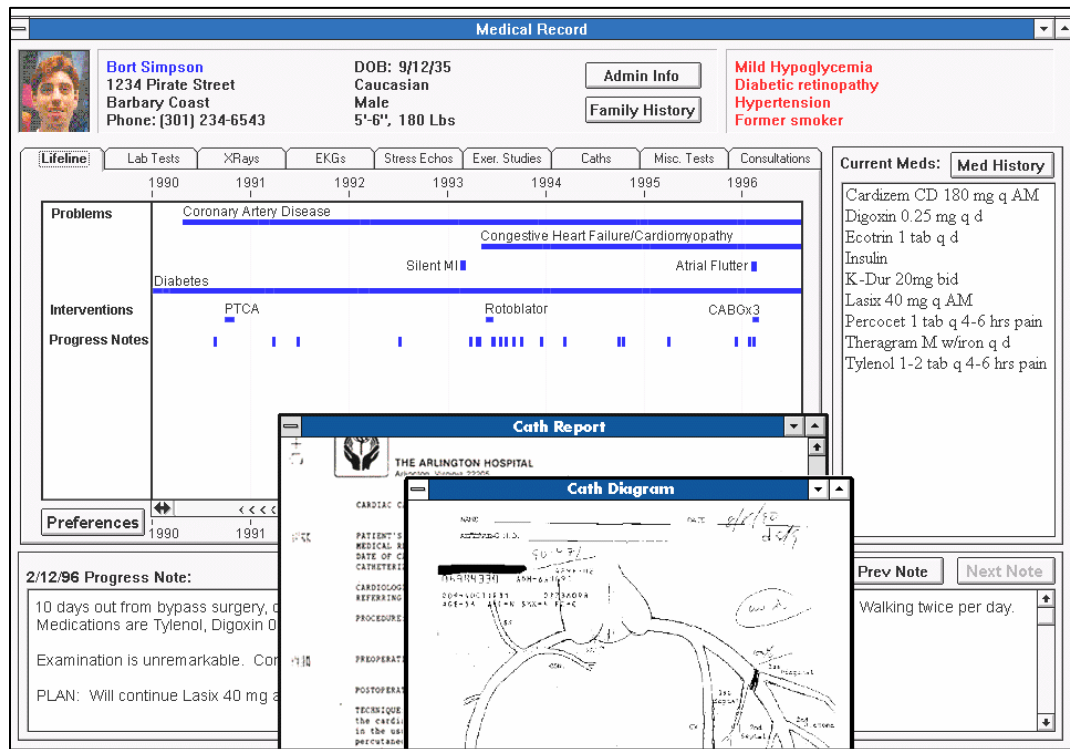
Ce sont des visualisations d'enregistrement ou documents ou événements selon un ordre chronologique comme [LifeStreams](#) (pour des documents) (Freeman 1997) ou [LifeLines](#) (pour données médicales personnelles) (Plaisant C., Mushlin R. et al. 1998).

L'intérêt est de pouvoir avoir un suivi temporel selon plusieurs points de vue (ces derniers étant disposés sur plusieurs lignes, les colonnes correspondant à des échelles de temps différents).

Pour [LifeLines](#), il est possible de filtrer sur un aspect tout en gardant une vue d'ensemble. La couleur ou l'épaisseur des lignes mettent en exergue les relations entre les événements.

L'(es) avantage(s) :

Les avantages sont de même type que ceux inhérents aux murs fuyants.



LifeLines

Qu'en est-il de l'interaction ?

Il s'agit du filtrage interactif car on peut filtrer les données sur un des différents points de vue.

3.2 Les outils répertoriés pour la visualisation linéaire

DEVisé, TimeWall, Table Lens, Seesoft, Perspective Wall, Lifestreams, LifeLines, ValueBars (Chimera R 1992).

3.3 Les applications possibles

Ces outils vont permettre la visualisation d'événements tel qu'un agenda, ou des données en grand nombre comme les grands tableurs ou encore un dossier médical ou professionnel d'une personne.

4 La visualisation hiérarchique

4.1 Définition et approches

On parle de visualisation hiérarchique quand des informations sont organisées hiérarchiquement via des structures arborescentes avec des liens entre noeuds parents et noeuds enfants. Il s'agit le plus souvent d'information de type catalogues de librairies, systèmes de fichiers, organisations hiérarchiques telles que les organigrammes d'entreprises (Nussbaumer A 2005).

La visualisation hiérarchique est la plus représentée dans le monde des outils de visualisation du fait de la simplicité de compréhension par l'utilisateur, d'une part, et surtout du fait qu'il s'agisse du système d'organisation des informations le plus éprouvé dans le monde, d'autre part.

De ce fait, on assiste à une plus grande diversité des approches que dans les autres types de visualisations :

- approche par liste indentée
- approche par diagramme
- approche surfacique (treemaps, slices)
- approche géométrique non-euclidienne c'est-à-dire hyperbolique
- approche 3D ou conique
- représentation en paysage d'information dit Landscape

4.1.1 Listes indentées

Les informations sont disposées dans une liste. La profondeur d'indentation est proportionnelle à la profondeur du document dans la hiérarchie. L'outil phare est [Microsoft Windows Explorer](#). L'application est essentiellement la visualisation des systèmes de fichiers et des disques durs.

L' (es) avantage(s) : simplicité de compréhension.

L' (es) inconvénient(s) :

- On ne sait généralement pas où on est quand on navigue dans la liste surtout si celle-ci est très longue et l'arbre ne peut être visible dans son ensemble.
- On est obligé de naviguer longtemps avant de trouver le fichier que l'on veut car on doit se rappeler où se trouve ce fichier.

L' (es) interaction(s) :

Interaction très limitée, juste un accès (navigation d'un répertoire vers un sous répertoire).

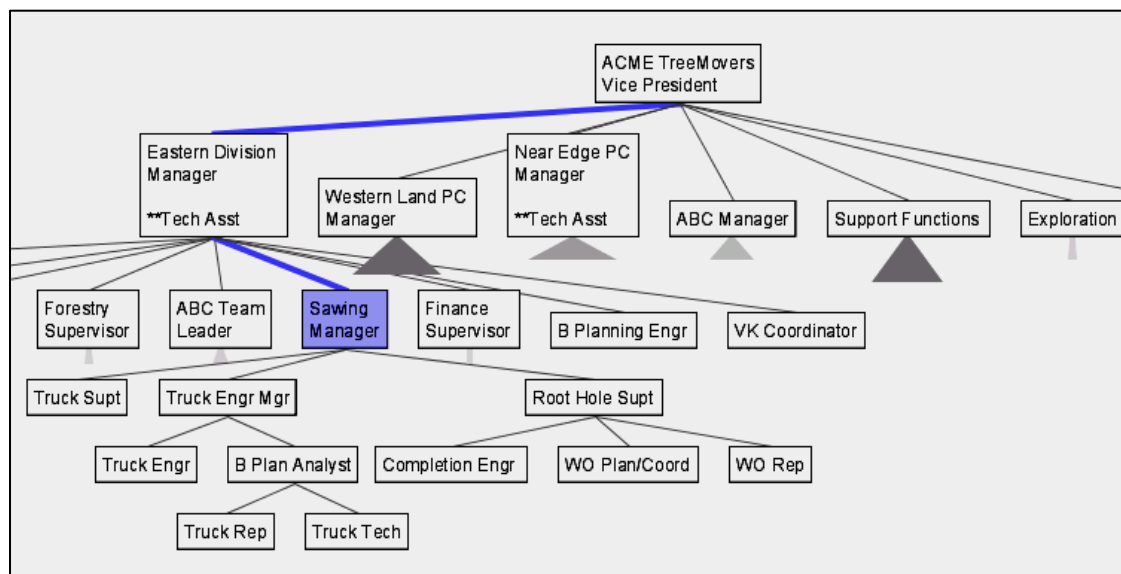
4.1.2 Diagrammes

L'arbre est représenté dans un espace en 2D avec des liens reliant des nœuds (*Space Tree*, *Cheops*, *Syn Vis Magic Eye*).

Le placement des nœuds dans l'espace et la longueur des liens reliant ces nœuds sont généralement calculés via un algorithme.

Il existe plusieurs algorithmes : on distingue l'algorithme de placement binaire⁵ (Wetherell and Shannon. 1979), l'algorithme radiale⁶ (Herman I 1999), l'algorithme de Walker⁷ (Walker II John Q. 1990).

Syn Vis Magic Eye se distingue de *Space Tree* (Plaisant C, Grosjean J et al. 2002) et *Cheops* (Beaudoint L., Parent M. et al.) du fait que les nœuds, après placement via l'algorithme radiale dans un espace en 2D, sont projetés sur une demi sphère dans un espace en 3D.



Space Tree

L' (es) avantage(s) :

L'intérêt est manifeste pour la visualisation d'arbres de petite et moyenne tailles par rapport aux listes indentées puisqu'on voit toute la hiérarchie. En effet, l'utilisation de l'espace 2D pour le placement des nœuds est optimisée par rapport aux listes indentées.

L' (es) inconvénient(s) :

⁵ Historiquement parlant, c'est le premier algorithme qui a été écrit pour les représentations des données hiérarchiques.

⁶ Les nœuds ne sont plus placés sur un axe vertical et horizontal mais sur des cercles concentriques.

⁷ Qui permet de générer des arbres où l'utilisation de l'espace est optimisée au maximum.

Il est difficile de visualiser une grosse hiérarchie : l'arbre n'est pas entièrement visible car le nombre de nœuds affichés simultanément est limité dans l'espace disponible.

L' (es) interaction(s) :

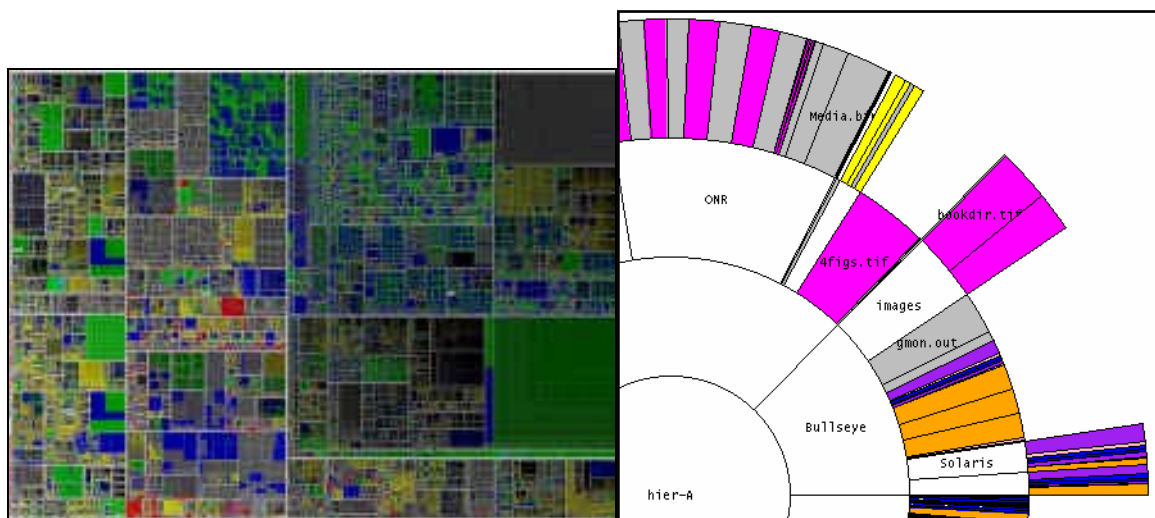
Il s'agit du filtrage avec **Space Tree** (Arbre qui se déploie dynamiquement avec des fonctions de recherche et de filtrage...)

4.1.3 Approche surfacique

Il existe principalement deux sous approches qui sont les "treemaps" ou cartes d'arbres et les "slices" ou arbres circulaires ou semi-circulaires (Ball T and Eick S 1994).

Le principe du "treemap" ou carte d'arbre (**Market Map**, **Treemap** (Fekete J. D. and Plaisant C. 2002)) consiste à visualiser un arbre en découpant une surface donnée (en général rectangulaire) proportionnellement à chaque sous arbre. Chaque rectangle représente un nœud ou feuille de l'arbre et sa surface est proportionnelle à son importance dans l'arbre.

Le principe du "slice" ou arbre circulaire correspond à la même démarche à la différence que chaque niveau de l'arbre est représenté par un anneau que les nœuds se partagent et chaque nœud correspond à une portion du disque dont l'angle est proportionnel à son importance dans l'arbre (**Information Slices** (Andrews K and Heidegger H 1998), **Sunburst**).



Treemap

SunBurst

L' (es) avantage(s) : traitement d'arbres de plusieurs dizaines de milliers de nœuds. Cette approche permet de visualiser rapidement l'ensemble de l'arbre et

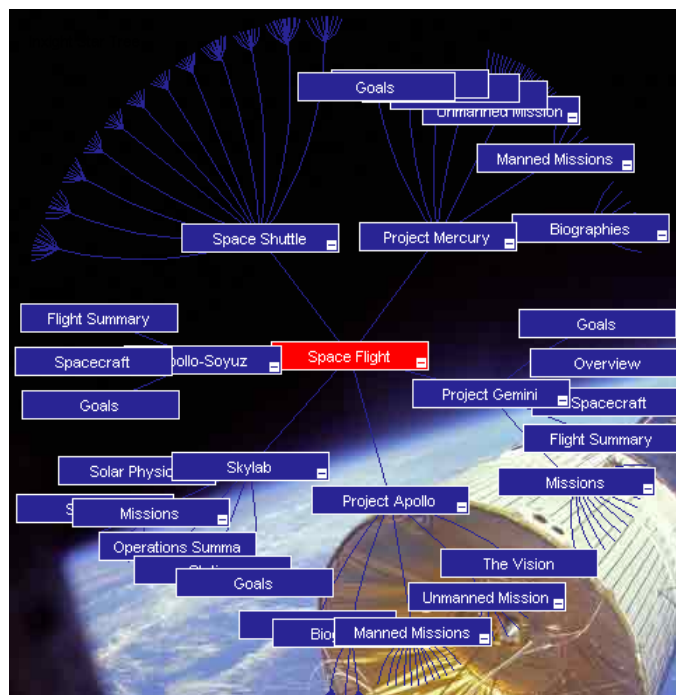
de déceler certains éléments particuliers où la couleur du fond (ou le motif) peut être utilisé pour représenter certaines caractéristiques des nœuds.

Les inconvénient(s) et interaction(s) : pas d'interaction, c'est statique la plupart du temps. Quelquefois quand on a un **zoom interactif** avec perte de vue d'ensemble (contexte) sauf pour **Information Slices** où la partie zoomée se retrouve à droite du semi disque représentant tout l'arbre. De plus, plus l'élément est situé profondément dans la hiérarchie, plus la surface du rectangle (ou la portion du camembert) est petite donc très peu visible dans la vue d'ensemble.

4.1.4 Approche hyperbolique

Il s'agit de diagrammes particuliers car ils font appel à la géométrie hyperbolique (**Star Tree**, **H3 3D Hyperbolic Browser** (Münzner T 1998), **Walrus**). C'est une approche radiale où les nœuds de l'arbre sont placés de la même manière sur des cercles concentriques en fonction de leur niveau dans l'arbre (les plus centrés étant les plus proches de la racine).

La différence réside dans le fait que le périmètre des cercles hyperboliques croît exponentiellement avec leur rayon ce qui permet de visualiser des arbres contenant un grand nombre de feuilles.



Star Tree

L' (es) avantage(s) : cette géométrie hyperbolique permet de mieux visualiser les nœuds en périphérie par rapport à un diagramme radiale.

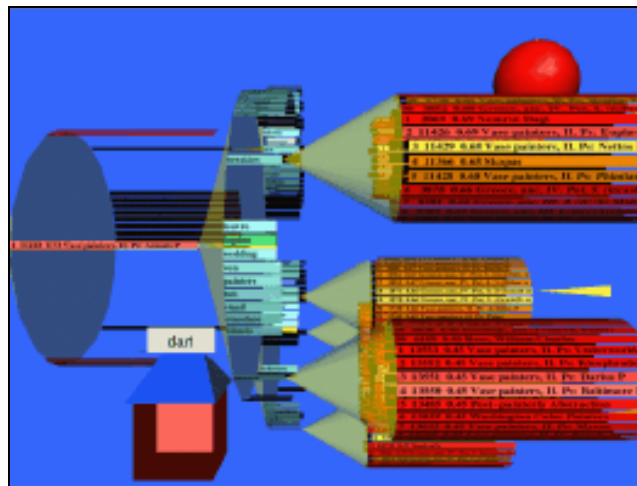
L' (es) inconvénient(s) : selon M. Hascoet (HASCOET M 2004), l'utilisateur non entraîné doit faire des efforts cognitifs importants pour reconstituer le contexte suite à la transformation "fisheye".

L' (es) interaction(s) :

Il s'agit d'une **distorsion interactive** qui permet de déplacer des nœuds d'intérêt au centre. La méthode utilisée est souvent le fisheye.

4.1.5 Approche conique

Cette approche 3D de l'arbre permet d'avoir une vue d'ensemble plus réaliste avec un effet de perspective (Robertson G., Mackinlay J et al. 1991). La racine est au centre en haut et les éléments fils sont situés sur une couche en dessous. Les nœuds sont représentés sous formes de cônes. Les cônes sont en général transparents pour permettre à l'utilisateur de garder une vue d'ensemble de l'arbre notamment pouvoir visualiser les cônes de même niveau situés en arrière plan. L'outil représentatif est *Cat-a-cone* (Hearst 1997) ou encore *LyberWorld* (Hemmje 1994).



LyberWorld

L' (es) avantage(s) : vue en 3D avec transparence des cônes et chaque cône d'intérêt est représenté avec les détails d'un nœud pour garder la vision de l'ensemble ("context + focus").

L' (es) inconvénient(s) : les cônes étant les uns devant les autres, même avec la transparence, il est difficile de bien distinguer les détails.

L' (es) interaction(s) :

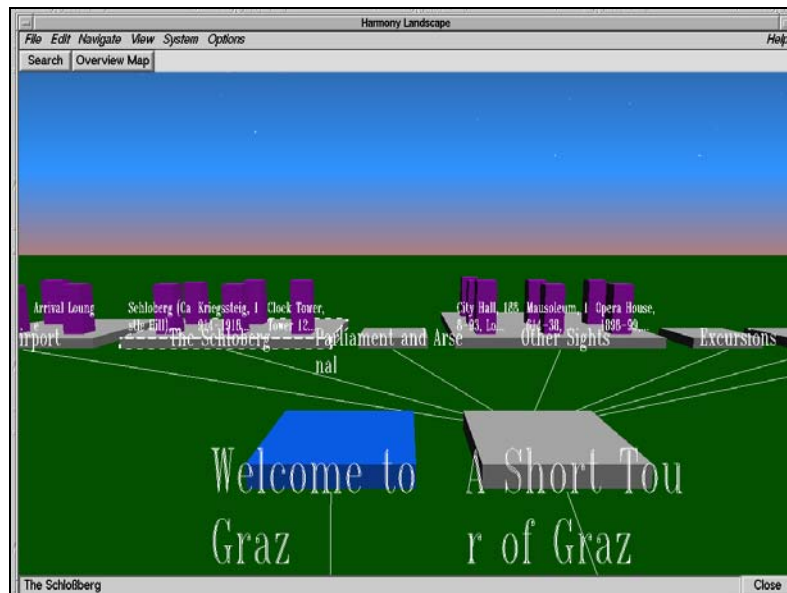
Il s'agit de **zoom interactif** où l'utilisateur va sélectionner un cône qui ira se placer en premier plan.

4.1.6 Approche Landscape

Les hiérarchies sont représentées sur un plan façon paysage. Les feuilles et nœuds sont placés dans un paysage virtuel en 3D où les éléments similaires sont placés proches physiquement l'un de l'autre.

Par exemple, pour visualiser un système de fichiers, les nœuds sont représentés par des blocs avec des hauteurs et couleurs différentes en fonction de la taille du fichier et du type. L'utilisateur peut non seulement voir l'arbre dans son entier mais également survoler celui-ci et s'attarder sur un bloc représentant un répertoire qui l'intéresse.

[Harmony Information Landscape](#) et [File System Navigator](#) sont plutôt pour des applications de type visualisation d'un disque dur. [Information Pyramids](#) a une différence par rapport à [File System Navigator](#) et [Harmony Information Landscape](#) : c'est que les nœuds fils sont positionnés en-dessous du nœud père ce qui finit par former une pyramide. [GopherVR](#)⁸ permet quant à lui une visualisation des ressources gopher par paysage en 3D.



Harmony Information Landscape

L' (es) avantage(s) : vision de l'arbre et survol dynamique permettant divers points de vue. Prise de connaissance des caractéristiques (taille et type de fichier) des

⁸

Mise en place par les développeurs de gopher d'internet.

nœuds qui sont représentés par des attributs physiques tels que la hauteur du bloc ou la couleur.

L' (es) inconvénient(s) : le fait de survoler un paysage en 3D peut nécessiter des ressources importantes en mémoire. Si un tel système est implanté, il est à craindre une certaine lenteur lors de l'exploration des données.

L' (es) interaction(s) :

L'utilisateur peut survoler, zoomer, faire des rotations autour d'un bloc.

4.2 Les outils répertoriés pour la visualisation hiérarchique

Botanical Visualisation (Kleinberg E, van de Wetering H et al. 2001), Cat a Cone, LyberWorld⁹, Cheops, File System Navigator (FSN), GopherVR, H3 3D Hyperbolic Browser, Hierarchical Clustering Explorer (HCE) (Shneiderman B and Seo J 2002), Harmony Information Landscape, Hyberbolic Browser ou Star Tree, Information Pyramids, Information Slices, Market Map, Sin Vis Magic Eye View, Space Tree, Sunburst, Tree Map, Walrus, Xdu, WebTOC (Nation D.A. 1997).

4.3 Les applications possibles

Ces outils de visualisation hiérarchique permettent l'analyse du contenu d'un disque dur, de l'architecture d'un site Web, d'un organigramme, d'un catalogue ou de tout autre système de classification fondée sur la hiérarchie.

⁹ http://sigchi.org/chi95/Electronic/documnts/videos/mhe_bdy.htm

5 La visualisation des réseaux

5.1 Définition

On parle de visualisation d'ensembles de données tels que les réseaux hypertextes ou de documents ou de personnes.

Contrairement à la typologie précédente, ces réseaux d'objets ne sont pas obligatoirement d'ordre hiérarchique (réseaux de co-citations).

Par exemple, cela permet une navigation par hyperliens à partir d'un document vers une collection d'autres documents, ou une partie de document, ou vers une personne.

La visualisation de réseaux devrait pouvoir permettre :

- de visualiser le plus d'information possible dans une seule vue
- de trouver les relations entre les noeuds
- de trouver des noeuds intéressants

5.2 Applications

5.2.1 Réseaux de personnes (ou réseaux sociaux) et organisateurs d'idées ou de connaissances

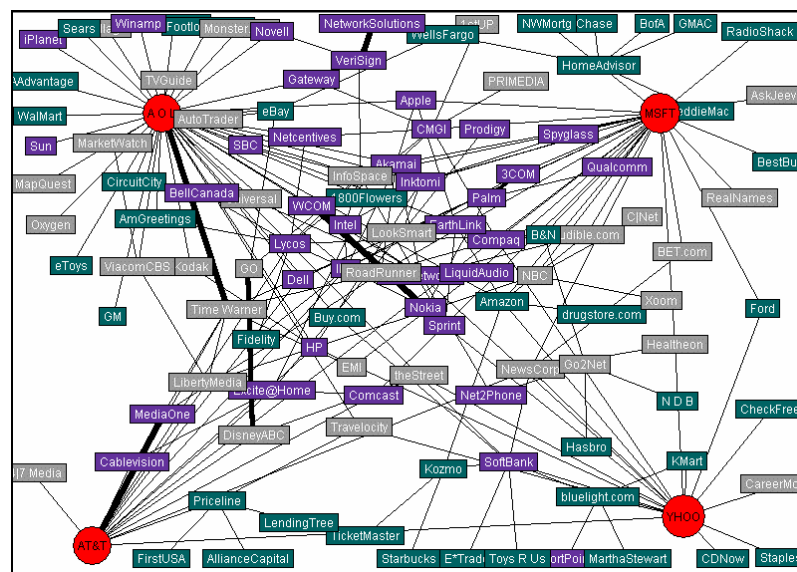
Il s'agit souvent d'applications java proposant une vue d'ensemble avec possibilité de zoomer sur une partie afin d'accéder au détail. Mais il n'y a pas toujours de "focus+context".

Les outils véritablement dédiés pour visualiser des réseaux de personnes sont : [NetMap](#), [inFlow](#), [ContactMap](#).

C'est aussi le plus souvent un organisateur d'idées ou de connaissances en fonction de concepts tels que [TheBrain](#), [SemNet](#), [Harmony Locap Map](#) et [Harmony Locap Map 3D](#).

[SemNet](#) peut être utilisé en tant qu'outil d'apprentissage. [NetMap](#) est une petite application freeware disponible sur [sourceforge.net](#) pour visualiser les personnes qui se connectent à votre site internet. Elle ne peut être qu'utilisée sur LINUX ou sur un système d'exploitation de type UNIX.

TheBrain est un organisateur d'idées mais également confère une bonne visualisation d'un réseau de personnes. Un code couleur est instauré pour différencier les personnes, les organisations, les adresses.



InFlow

L' (es) avantage(s) :

En général c'est très souple au niveau de l'interactivité à l'exception de **NetMap**. L'utilisateur peut effectuer des requêtes via des concepts pour retrouver une personne ou un projet ou une tâche à faire.

L' (es) inconvénient(s) :

Pour **TheBrain**, on ne peut pas aller au-delà de deux niveaux de hiérarchie.

L' (es) interaction(s) :

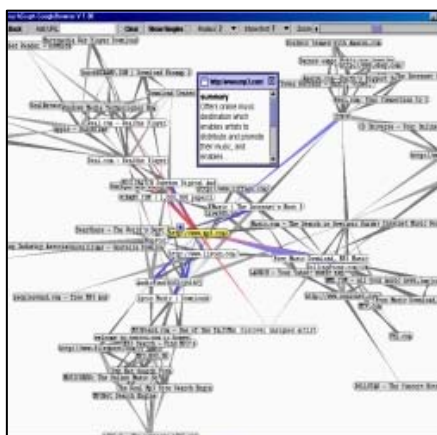
L'utilisateur garde une vue d'ensemble, peut effectuer des requêtes et a un accès aux détails. **TheBrain**, comme pour les graphes hyperboliques et à la différence des autres outils de réseaux sociaux, propose un déplacement du noeud d'intérêt vers le centre (**distorsion interactive**).

5.2.2 Réseaux de documents (co-citation) ou de pages web (réseaux hypertextes)

On préfère regrouper les réseaux hypertextes et les réseaux de citations du fait que les objets considérés sont des documents (références bibliographiques ou pages web).

Les outils rentrant dans cette catégorie sont : [Butterfly](#) (D. Mackinlay 1995), [CiteSpace II](#) (Chen C 2005), [Mapping Topic Burst](#) (Mane K and Börner K 2004), [TouchGraph](#), [CiteWiz](#).

Quelques outils de veille tels LexiQuestMine, Keywatch ou MAPSTAN proposent des cartes de ce type. Intellixir utilise [TouchGraph](#).



TouchGraph

L' (es) avantage(s) :

On peut visualiser les documents citant et les documents cités permettant d'appréhender l'importance d'un domaine scientifique et/ou de détecter les principaux acteurs de ce domaine.

On peut aussi détecter des tendances et des émergences grâce à la prise en compte de la dimension temporelle notamment pour [CiteSpace II](#) qui propose un historique des citations à l'aide de deux propriétés. La première correspondant à une année de publication précise, la seconde décrivant le nombre de citations par année.

L' (es) inconvénient(s) :

Les réseaux de co-citations volumineux sont vite illisibles.

L' (es) interaction(s) :

L'utilisateur a accès aux détails et à la vue d'ensemble. [TouchGraph](#) est le plus interactif : on peut zoomer, éliminer des nœuds, et afficher des réseaux plus ou moins détaillés (paramétrage des seuils de liens affichés).

5.2.3 Plateformes génériques ou toolkits

Ce sont des plateformes pour générer ses propres visualisations.

- La plateforme **GraphViz** (Ellson, Gansner et al.) a été conçue par une équipe des laboratoires de recherche de AT&T ([American Telephone & Telegraph](#)). Elle convient à la représentation de graphes très denses comprenant un très grand nombre de nœuds grâce des algorithmes très puissants. Elle est très rapide à l'exécution et le rendu est optimisé afin que les liens ne recouvrent pas les nœuds et qu'ils ne se croisent pas. De plus, entièrement paramétrable, l'application permet de personnaliser le rendu des graphes par le choix des formes, couleurs et polices de caractères. Le format des fichiers d'entrée est simple et souple.
- **GUESS** étant écrit en Jython (une extension de python) et en java, il est possible de faire ses propres applications et applets. Il est distribué sous licence GPL et l'ensemble de la documentation et du package se trouve sur [sourceforge.net](#).
- **JUNG** pour Java Universal Network/Graph Framework est une plateforme logicielle contenant une bibliothèque de programmes Java pour générer des graphes de visualisation de réseaux. Cette plateforme est également disponible sur [sourceforge.net](#).
- **Piccolo** est dédié à la création de graphes en 2D et est distribué sous licence BSD¹⁰. Ces graphes sont conçus pour être dans des interfaces où l'on peut zoomer. L'utilisateur averti peut créer et paramétrer les nœuds, les interactions ou liens entre les nœuds et des animations.

L' (es) avantage(s) : on bénéficie de visualisation "à la carte" car il y a une grande souplesse dans le paramétrage des graphes : couleur et forme des nœuds et des liens, orientation des liens, choix de l'algorithme de génération du graphe.

L' (es) inconvénient(s) :

Cette grande souplesse dans le paramétrage nécessite de toucher aux codes sources.

L' (es) interaction(s) :

Cette catégorie d'outils propose en général le "zoom interactif" décrit par D. Keim.

¹⁰ http://fr.wikipedia.org/wiki/Licence_BSD

5.3 Les outils répertoriés pour la visualisation des réseaux

GUESS, JUNG, Piccolo, SemNet, GraphViz, TheBrain, TouchGraph, Netmap, inFlow, ContactMap, Mapping Topic Bursts, Harmony Local Map 3D, Harmony Local Map, CiteSpace II, Butterfly.

6 La visualisation multidimensionnelle

6.1 Définition et approches

Il s'agit le plus souvent d'informations issues de bases de données relationnelles où chaque élément d'information est représenté selon ses valeurs dans N dimensions.

Les systèmes de visualisation doivent donc recourir à des astuces pour réduire le nombre de dimensions à 2 ou 3 afin de faciliter l'interprétation et l'analyse par l'utilisateur final (brossage interactif de D. Keim). En statistiques, il existe des méthodes de réduction du nombre de dimensions via l'analyse de correspondances multiples (ACM) et l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

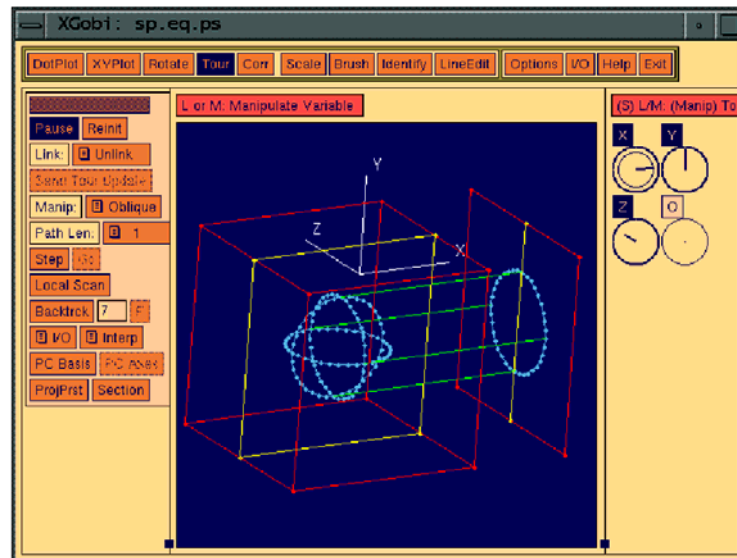
Sur les outils répertoriés dans cette typologie, deux approches peuvent être distinguées:

- un graphe par nuage de points où l'on peut filtrer sur certains attributs.
- le diagramme par lignes d'Inselberg (ou le système de polylignes) comme [Parallel Coordinates](#) (Graham M and Kennedy J; Inselberg A and Dimsdale B 1990).

6.1.1 Les nuages de points

Sont concernés les outils tels que [Xgobi](#) (Swayne DF, Cook D et al. 1998), [Envision](#) (Nowell LT, France RK. et al. 1996), [Cognos Visualizer](#), [Dust & Magnet](#), [SpotFire](#) avec l'application [FilmFinder](#), [Miner3D](#).

[FilmFinder](#) de [SpotFire](#) est un graphe en 2D avec des nuages de points sur des données concernant les films. Les films sont représentés par des points de différentes couleurs où chaque couleur correspond à un genre de film.



XGobi

L' (es) avantage(s) : Il est possible de filtrer les informations par des requêtes dynamiques.

L' (es) inconvénient(s) : La multiplicité des points sur la carte entraînant une difficulté de lecture notamment au niveau du contexte.

L' (es) interaction(s) :

Les interactions rentrent dans le cadre des techniques de **liens interactifs et brossage** (interactive linking and brushing) décrites par D.Keim notamment pour [XGobi](#).

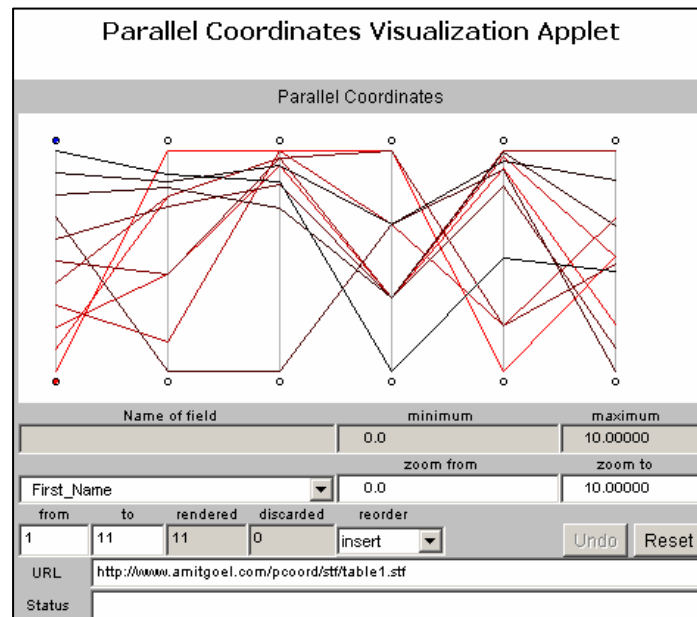
La combinaison de différentes méthodes de visualisation va permettre de pallier les imperfections des techniques simples. C'est le cas de [Miner3D](#) et [Dust & Magnet](#).

Les nuages de points peuvent être combinées en colorant et en liant des sous-ensembles de points dans toutes les projections.

6.1.2 Les diagrammes d'Inselberg

Sont concernés les outils comme [Attribute Explorer](#) et [Parallel Coordinates](#).

Le principe est simple, il s'agit de représenter chaque élément de la base par une polyligne dans un système à N axes, N étant le nombre de dimensions de la donnée. Chacun des axes représente l'une des dimensions des données.



Parallel Coordinates

L' (es) avantage(s) : l'intérêt de ce type de diagramme est immédiat, car il permet de visualiser simultanément un nombre de dimensions important. Il dessine des modèles des tendances et des corrélations. D. Keim a proposé une application sur des données boursières, ce qui permet de voir les tendances ou les anomalies. Le but de ce diagramme est essentiellement exploratoire : il a pour but de faire découvrir un phénomène qui est difficilement détectable.

L' (es) inconvénient(s) : Ce mode de visualisation n'est cependant pas courant et nécessite une certaine familiarisation. Il faut jouer sur tous les paramètres pour faire apparaître des vues pertinentes.

L' (es) interaction(s) :

Elles sont très limitées, pas de zoom possible. Il s'agit ici le plus souvent d'un **filtrage interactif** sur un ou plusieurs paramètres pour avoir une visualisation qui ait un sens.

6.2 Les outils répertoriés pour la visualisation multidimensionnelle

Attribute Explorer, XGobi, Envision pour les documents, Cognos visualizer, Dust & Magnet, SpotFire, Miner3D, Parallel Coordinates.

6.3 Les applications possibles

Les applications concernées sont :

- le commerce ([visual attribute explorer](#), [Cognos visualizer](#), [Miner3D](#), [SpotFire](#))
- l'analyse des données scientifiques avec [Dust & Magnet](#), [Parallel coordinates](#), [XGobi](#), [SpotFire](#).

7 La visualisation vectorielle

7.1 Définition et approches

Le contenu des documents est représenté par des **vecteurs** dont les coordonnées sont généralement calculées par rapport à une base de mots-clés et qui reflètent la présence ou l'absence de ces mots-clés dans un document.

Les vecteurs vont donc permettre le positionnement des documents sur un plan 2D ou 3D. Pour cela, des calculs issus de cette approche vectorielle vont permettre de définir des mesures de similarité ou de pertinence entre deux documents. Considérant que chaque point représente un document, le placement des points est calculé de telle sorte que la distance des points documents illustre la pertinence des documents par rapport aux mots-clés d'une requête ou illustre la similarité sémantique des documents entre eux.

Deux types d'approches peuvent être distingués selon que le placement des points documents nécessite au préalable une requête par un utilisateur ou non :

- soit les documents sont organisés automatiquement en fonction de leur **similarité** sémantique (sans requête initiale) dans un paysage en 2D ou 3D : les documents similaires seront placés de telle sorte qu'ils soient voisins dans ce paysage.
- soit, suite à une requête par l'utilisateur, les documents sont classés en fonction de leur **pertinence** par rapport à cette même requête : les documents avec la même pertinence sont placés de telle sorte qu'ils soient voisins dans un paysage.

7.1.1 Cartes par calcul de similarité

Le placement des documents est donc ici automatique et il peut faire appel aux réseaux neuronaux notamment l'algorithme des cartes auto organisatrices ou SOM (Self Organizing Map).

C'est le cas des outils **WEBSOM**, **ET-MAP**, **MultiSOM** (développé en interne), **Databionic ESOM Tools** (Ultsch and Orchen 2005) et la technologie **IN-SPIRE**¹¹ qui propose notamment plusieurs outils tels que **Galaxy**TM, **ThemeView**TM et **Starlight**TM.

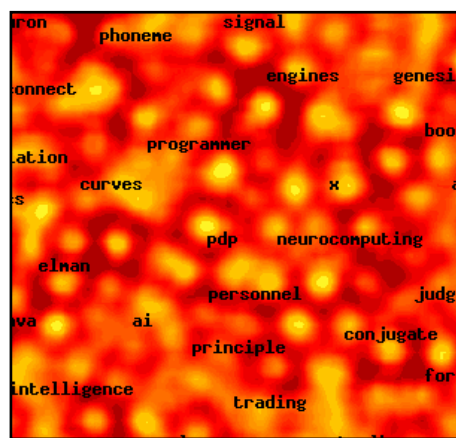
Le placement des noeuds fait également appel à d'autres algorithmes comme l'algorithme de Voronoï¹² (**infoSky**¹³) (Andrews K, Klenreich W et al. 2004).

¹¹ <http://in-spire.pnl.gov/about.html>

¹²

En mathématiques, un **diagramme de Voronoï** (aussi appelé **décomposition de Voronoï** ou **partition de Voronoï** du nom du mathématicien russe Georgi Fedosevich Voronoï (1868 - 1908)) est une décomposition

WEBSOM¹⁴ a été conçu par le père de l'algorithme des cartes auto organisatrices (SOM) à savoir Teuvo Kohonen du centre de recherche des Réseaux Neuronaux de l'Université d'Helsinki (Honkela, Kaski et al. 1997). Cet outil propose en ligne une démonstration où on peut explorer des milliers d'articles postés sur les newsgroups de Usenet sur une carte en 2D.



WEBSOM

ET-MAP¹⁵ propose plusieurs couches de cartes en 2D où les documents sont des pages Web qui sont organisées selon diverses catégories (Hsinchun Chen, Chris Schuffels et al. 1996). Cela ressemble à des cartes de type treemaps mais l'organisation n'est pas hiérarchique mais due à un algorithme de Kohonen.

Pour ces deux outils, l'utilisateur passe d'une carte à une autre en cliquant sur une zone géographique qui va être zoomée.

MultisOM a l'avantage de proposer ce même genre de carte 2D mais selon divers points de vues (propriétés des données).

InfoSky propose une métaphore spatiale où les documents sont des étoiles comme dans **Galaxy**TM de **IN-SPIRE**TM.

Rien n'empêche, une fois la classification effectuée, l'utilisateur de filtrer ces documents en faisant une requête. L'outil **IN-SPIRE**TM, permet en effet cette souplesse. Les documents sont d'abord placés en fonction de leur similarité et ensuite, l'utilisateur peut filtrer via une requête. Les documents pertinents par rapport à cette requête sont mis en évidence sur la carte.

particulière d'un espace métrique déterminée par les distances à un ensemble discret d'objets de l'espace, en général un ensemble discret de points. (wikipedia)

¹³ http://en.know-center.at/forschung/wissenserschliessung/downloads_demos/infosky_demo

¹⁴ <http://websom.hut.fi/websom/comp.ai.neural-nets-new/html/root.html>

¹⁵ <http://ai.eller.arizona.edu/research/dl/etmapdemo.htm>

L' (es) avantage(s) :

La classification des documents est automatique et non supervisée (l'utilisateur n'a pas à trier les documents).

L'utilisateur peut ensuite naviguer à son gré à travers des catégories (**ET-MAP**) ou à travers des concepts (**WEBSOM**). Les navigations proposent donc essentiellement le « **zoom interactif** ».

On a une bonne vue d'ensemble de la représentativité des documents ou pages Web selon divers thèmes ou catégories. Les zones très colorées sur **WEBSOM** ou **IN-SPIRE™** avec l'outil **Galaxy™** représentent les fortes densités de documents. **ThemeView™** est une représentation en 3D des documents, les plus hauts pics sont les documents de thèmes très fortement représentés.

L' (es) inconvénient(s) :

Les cartes générées peuvent être déroutantes. On est soumis à un ensemble de thèmes ou de concepts visibles sur une carte qui ne sont pas forcément intéressants. Il faut donc naviguer à l'aveugle avant de trouver une zone qui corresponde au thème recherché. Ne pouvant pas faire de requête - ce qui est le cas pour **WEBSOM**, **ET - MAP** et **InfoSky** - l'exploration est assez limitée. Les applications de **IN-SPIRE™** proposent heureusement cette fonctionnalité.

L' (es) interaction(s) :

Il y a en général une vue de l'ensemble tout en bénéficiant du zoom de la partie sélectionnée (« focus+context ») à l'exception des outils **ET-MAP** et **WEBSOM**.

IN-SPIRE™ étant l'outil le plus développé, il propose beaucoup d'interactivité notamment le « **zoom interactif** » et le « **filtrage interactif** » via une requête. On obtient, suite à la requête, une mise en évidence des zones des points documents pertinents qui seront colorées différemment.

L'aspect temporel est pris en compte dans cette dernière technologie **IN-SPIRE™** mais également dans **ESOM**.

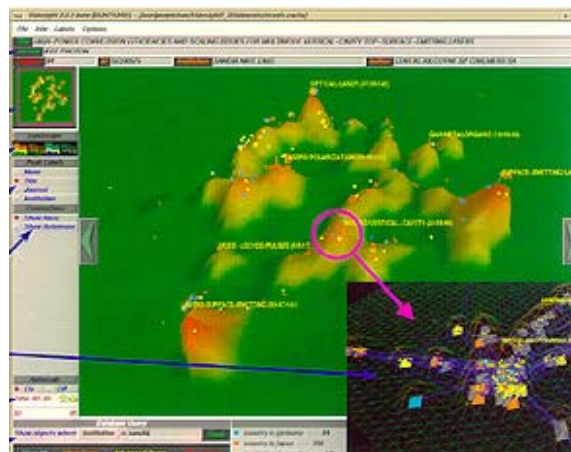
7.1.2 Cartes par calcul de pertinence

Les documents sont situés sur un plan 2D ou 3D en fonction de leur pertinence par rapport à une requête initiale. Les documents très proches ont donc la même pertinence et les zones les plus colorées (concernant les cartes 2D) ou les pics les plus hauts (concernant les cartes 3D) correspondent aux zones les plus denses en documents.

Il est possible aussi de choisir l'algorithme pour calculer l'emplacement des documents (**VxInsight**¹⁶, **LightHouse**, **VisIslands**, **Bead** (Chalmers M and Chitson P 1992; Chalmers M 1993)).

Les points documents sont placés sur la carte après interrogation du moteur de recherche interne à l'outil. L'utilisateur peut naviguer à travers la carte et refaire une requête. Les possibilités de zoom sont également présentes.

VisIsland est l'équivalent de **ThemeView**TM de **IN-SPIRE**TM à la différence près que l'on visualise le résultat d'une requête.



VxInsight

L' (es) avantage(s) : par rapport à la précédente approche, on peut analyser les résultats d'une requête sur des concepts choisis et non soumis d'autorité par un système automatique. On perd donc moins de temps à naviguer sur une carte afin de trouver un concept ou un thème d'intérêt puisque on est directement sur ce qui nous intéresse.

L' (es) inconvénient(s) : certains outils sont difficiles à appréhender (surtout sans démonstration).

L' (es) interaction(s) :

Les mêmes interactions sont possibles que dans l'approche précédente à savoir du « **filtrage interactif** » et du « **zoom interactif** » avec la possibilité de voir les détails tout en gardant une vue globale de la carte (« **focus+context** »).

¹⁶ <http://www.cs.sandia.gov/projects/VxInsight.html>

7.2 Les outils répertoriés pour la visualisation vectorielle

Bead¹⁷, InfoSky, VxInsight, LightHouse, SPIRE, Starlight, VisIslands (xFIND¹⁸), WEBSOM, Databionic ESOM Tools¹⁹, ET-MAP.

7.3 Les applications possibles

Ces outils rentrent dans le cadre d'analyse bibliométrique.

¹⁷ <http://citeseer.ist.psu.edu/chalmers92bead.html>

¹⁸ <http://xfind.iicm.edu/>

¹⁹ <http://databionic-esom.sourceforge.net/>

8 Conclusion

Bien qu'issue de domaines plus anciens comme la visualisation scientifique, la visualisation d'information est un domaine plus récent que la recherche d'information. L'augmentation de la puissance de calcul et de la qualité des interfaces graphiques a permis d'explorer et de développer des techniques interactives exploitant au mieux les capacités sensori-motrices et cognitives de l'être humain.

L'interaction en temps réel permet de faciliter la navigation dans l'espace d'information et ainsi de mieux comprendre la structure et les caractéristiques de cet espace, c'est ce qui caractérise la phase exploratoire qui permet d'améliorer la connaissance. Par la suite, l'utilisateur peut formuler des requêtes plus efficaces au système de recherche. C'est pour cela, que la plupart des outils de visualisation proposent soit une vue globale (contexte) suivie d'une vue plus locale (focus), soit combinent les vues globales et les vues locales (contexte+focus). C'est dans les techniques d'interaction que l'on peut attendre les développements les plus significatifs. En effet c'est au niveau de l'interaction que l'on peut améliorer le couplage entre techniques de visualisation et de recherche d'information. Une vue locale peut être vue comme le résultat d'une requête sur une vue globale, auquel cas il y a tout intérêt à permettre le contrôle dynamique et interactif de la requête grâce à des techniques d'interaction avancées.

Il apparaît que les techniques de visualisation proposant l'usage de la 3D sont confrontées à un inconvénient majeur. Celui-ci est lié aux problèmes d'occlusion, de manipulation et d'orientation de l'usager inhérents à la vue en 3D.

De même, les distorsions interactives s'appliquant aux approches radiales et/ou hyperboliques sont relativement perturbatrices pour un œil non averti. En effet, lorsque le nœud d'intérêt est sélectionné par l'utilisateur, le nœud central est déplacé en périphérie au profit du nœud sélectionné qui se retrouve au centre. Cette particularité fait perdre à l'utilisateur le contexte de l'espace d'information.

L'arrivée quotidienne de nouveaux outils - qu'ils soient des prototypes ou des produits commerciaux - prouve que cette présente étude est loin d'être complète pour avoir suffisamment de recul sur le domaine de la visualisation de l'information.

Il serait nécessaire d'instaurer un système de surveillance sur les principaux portails d'ores et déjà identifiés lors de cette étude pour détecter des nouvelles techniques de visualisation ou/et des nouveaux outils.

9 Bibliographie et Webographie

- Andrews K (2002). "Information Visualisation." <http://www2.iicm.edu/ivis/ivis.pdf>
- Andrews K and Heidegger H (1998). "Information Slices: Visualising and Exploring Large Hierarchies using Cascading, Semi-Circular Discs." <ftp://ftp.iicm.edu/pub/papers/ivis98.pdf>
- Andrews K, Klenreich W, et al. (2004). The visualisation of large hierarchical documents spaces with InfoSky. CODATA Prague Workshop information visualization, presentation and design, Prague.
- Ball T and Eick S (1994). Visualizing Program Slices. Proceedings of the 1994 IEEE Symposium on Visual Languages.
<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/5138/http:zSzzSzwww.bell-labs.comzSzuserzSztballzSzpaperszSzv194.pdf/ball94visualizing.pdf>
- Balmisse G. (2005). "REFLEXIONS - Visualisation de l'information : quelques repères." Retrieved jeudi 24 février 2005 from
<http://www.gillesbalmisse.com/blog/index.php?2005/02/24/35-visualisation-de-linformation-quelques-reperes>.
- Beaudoint L., Parent M., et al. "Cheops: A Compact Explorer For Complex Hierarchies." <http://www.cs.ubc.ca/~tmm/courses/cpsc533c-04-fall/readings/p87-beaudoin.pdf>
- Chalmers M (1993). Using a Landscape Metaphor to Represent a Corpus of Documents. Proc. European Conference on Spatial Information Theory.
<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/5240/http:zSzzSzca.meme.hokudai.ac.jpzSzpeoplezSzmatthewzSzecsit93.pdf/chalmers93using.pdf>
- Chalmers M and Chitson P (1992). "Bead: Explorations in Information Visualization." <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/5240/http:zSzzSzca.meme.hokudai.ac.jpzSzpeoplezSzmatthewzSzsigir92.pdf/chalmers92bead.pdf>
- Chen C (2005). "CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature." journal of american society for information science and technology Vol. 57(No. 3.): pp. 359-377.
http://www.ils.unc.edu/~cablake/inls110_S06/Refs/Chen.pdf
- Chimera R (1992). Value Bars: An information visualization and navigation tool for multi-attribute listings. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'92), Addison-Wesley.

- D. Mackinlay, R. R. a. S. K. C. (1995). An Organic User Interface For Searching Citation Links. CHI '95 Proceedings, ACM Press.
http://www.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documnts/papers/jdm_bdy.htm
- Eick, S. C. S., J.L.; Sumner, E.E., Jr. (1992). "Seesoft-a tool for visualizing line oriented software statistics." IEEE Transactions **Volume 18**(Issue 11): 957 - 968.
- Ellson, J., E. Gansner, et al. "Graphviz and Dynagraph - Static and Dynamic Graph Drawing Tools." <http://www.graphviz.org/Documentation/EGKNW03.pdf>
- Fekete J. D. and Plaisant C. (2002). Interactive Information Visualization of a Million Items. INFOVIS 2002, IEEE Symposium on Information Visualization, Boston.
<http://hcil.cs.umd.edu/trs/2002-01/2002-01.html>
- Freeman, E. (1997). "The Lifestreams Software Architecture."
<http://www.cs.yale.edu/homes/freeman/dissertation/etf.pdf>
- Graham M and Kennedy J "Using Curves to Enhance Parallel Coordinate Visualisations."
<http://www.dcs.napier.ac.uk/~marting/parCoord/GrahamKennedyParallelCurvesIV03.pdf>
- HASCOET M (2004). Visualisation d'information et interaction, Hermes.
- Hearst , M. A. K., C (1997). Appendix to SIGIR 97 paper: Cat-a-Cone: An Interactive Interface for Specifying Searches and Viewing Retrieval Results using a Large Category Hierarchy. proceedings of 20th Annual International ACM/SIGIR Conference, Philadelphia, PA. <http://www2.parc.com/istl/projects/ia/papers/cac-sigir97/appendix.html>
- Hemmje, M., Kunkel, C. & Willet, A. (1994). Lyberworld : a visualization user interface supporting fulltext retrieval. Proceedings of the 17th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, Dublin, Ireland.
- Herman I, M. G., de Ruiter M. M. , and Delest M. (1999). Latour — A Tree Visualisation System. In: , pages 392–399. , (1999). (Cited on page 16.). Proceedings of the 7th International Symposium on Graph Drawing (GD '99), Stirin Castle, Czech Republic
<http://homepages.cwi.nl/~ivan/AboutMe/Publications/LatourGD99.pdf>.
- Honkela, T., S. Kaski, et al. (1997). WEBSOM - Self-organizing maps of documents collections. Proceedings of WSOM'97, Workshop on Self-Organizing Maps, Espoo, Finland.
<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/595/http:zSzzSzwebsom.hut.fizSzwebsomzSzdoczSzpszSzhonkela97wsom.pdf/honkela97websom.pdf>
- Hsinchun Chen, Chris Schuffels, et al. (1996). "Internet Categorization and Search: A Self-Organizing Approach." <http://ai.bpa.arizona.edu/papers/som95/som95.html>
- Inselberg A and Dimsdale B (1990). Parallel coordinates: A tool for visualizing multidimensional geometry. in IEEE Visualization.

- Kapusova D Visualisation de l'information dans le portail STAF18.
[http://tecfaseed.unige.ch/staf18/modules/ePBLjolan/uploads/proj15/paper%20\(et%20dispositif\)6.xml](http://tecfaseed.unige.ch/staf18/modules/ePBLjolan/uploads/proj15/paper%20(et%20dispositif)6.xml)
- Keim DA (2002). Information Visualization and visual datamining. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. <http://fusion.cs.uni-magdeburg.de/pubs/TVCG02.pdf>
- Kleinberg E, van de Wetering H, et al. (2001). "Botanical Visualization of Huge Hierarchies."
<http://www.win.tue.nl/vis/papers/2001/botVis.pdf>
- Livny M, Ramakrishnan R, et al. (1997). DEVise: Integrated Querying and Visual Exploration of Large Datasets. Proceedings of ACM SIGMOD.
- Mackinlay D., Robertson G. G., et al. (1991). The perspective wall: detail and context smoothly integrated. . Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology.
- Mane K and Börner K (2004). Mapping Topics and Topic Bursts in PNAS. PNAS.
- Münzner T (1998). "Exploring Large Graphs in 3D Hyperbolic space."
<http://www.cs.kent.edu/~jmaletic/cs63903/papers/Munzner98.pdf>
- Nation D.A. (1997). Visualizing websites using a hierarchical table of contents browser: WebTOC. ACM Proceedings 97.
http://www.research.umbc.edu/~komlodi/ACM_PROCEEDINGS_97.pdf
- Nowell LT, France RK., et al. (1996). Visualizing Search Results: Some Alternatives To Query-Document Similarity. Proceedings of SIGIR96 Zurich, ACM Press (SIGIR).
<http://www.dlib.vt.edu/Papers/SIGIR96.Env.html>
- Nussbaumer A (2005). Hierarchy Browsers : Integrating Four Graph-Based Hierarchy Browsers into the Hierarchical Visualisation System (HVS). Institute for Information Systems and Computer Media (IICM),. Graz, Austria, Graz University of Technology. **Master's Thesis: 109**. <http://www.iicm.edu/thesis/anussbaumer.pdf>
- Plaisant C, Grosjean J, et al. (2002). SpaceTree: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation. INFOVIS 2002. IEEE Symposium on Information Visualization. <http://hcil.cs.umd.edu/trs/2002-05/2002-05.html>
- Plaisant C., Mushlin R., et al. (1998). LifeLines: Using Visualization to Enhance Navigation and Analysis of Patient Records Revised version in 1998 American Medical Informatic Association Annual Fall Symposium, Orlando. <http://hcil.cs.umd.edu/trs/98-08/98-08.html>
- Robertson G., G., D. Mackinlay J, et al. (1991). Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information, ACM Press.

Shneiderman B (1996). The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages (VL '96), IEEE Computer Society Press, Boulder, Colorado, USA.

<http://www.cs.ubc.ca/~tmm/courses/cpsc533c-03-spr/readings/shneiderman96eyes.pdf>

Shneiderman B and Plaisant C (2005). Designing the user interface, Pearson Education, Inc.

Shneiderman B and Seo J (2002). Interactively Exploring Hierarchical Clustering Results. IEEE computer. <http://hcil.cs.umd.edu/trs/2002-10/2002-10.pdf>

Swayne DF, Cook D, et al. (1998). "XGobi: interactive dynamic data visualization in the X Windows System." <http://public.research.att.com/~stat/xgobi/papers/xgobi98.pdf>

Ultsch, A. and F. Orchen (2005). "ESOM-Maps: tools for clustering, visualization, and classification with Emergent SOM." <http://www.mathematik.uni-marburg.de/~databionics/downloads/papers/ultsch05esom.pdf>

Walker II John Q., Ed. (1990). A Node-Positioning Algorithm for General Trees. . Software—Practice and Experience, John Wiley and Sons, Inc. <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=79026>

Wetherell, C. and A. Shannon. (1979). Tidy Drawings of Trees. . IEEE Transactions on Software Engineering,.

Yao Hongyu, Wenger K, et al. (2000). DEVise and the JavaScreen: Visualization on the Web. Proceedings of the SPIE Conference on Visual Data Exploration and Analysis.