



**HAL**  
open science

## Visualiser l'information pour la comprendre vite et bien

Jean-Daniel Fekete

► **To cite this version:**

Jean-Daniel Fekete. Visualiser l'information pour la comprendre vite et bien. ADBS éditions. L'utilisateur numérique, ADBS éditions, pp.161-194, 2010, 978-2-84365-126-7. hal-00696816

**HAL Id: hal-00696816**

**<https://inria.hal.science/hal-00696816>**

Submitted on 14 May 2012

**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.

# Visualiser l'information pour la comprendre vite et bien



Jean-Daniel Fekete  
INRIA

## ◆ 1. Les données numériques croissent, pas le cerveau de l'utilisateur

Le Web et les technologies numériques nous donnent accès à des données toujours plus nombreuses. Les moteurs de recherche nous permettent de trouver la plupart des informations en relation avec nos centres d'intérêt. Cependant, lorsque nous accédons à cette information et qu'elle est volumineuse, nous devons passer un temps considérable à la comprendre.

C'est le cas d'un responsable de société qui consulte la presse et veut comprendre ce que font ses concurrents: le Web lui donne tous les articles de presse du jour et des jours passés en rapport avec l'activité de ses concurrents. Cependant, la profusion d'information fait qu'il lui faut plus d'une journée pour les lire alors que, dès le lendemain, le même volume d'information sera de nouveau produit.

Les données scientifiques ou environnementales n'échappent pas à ce phénomène. Par exemple, dans la région parisienne, le site web d'AirParif<sup>1</sup> permet de connaître l'état de la pollution locale avec un indice de qualité; cet indice est une moyenne. Est-il adapté à un nourrisson? À une personne âgée? À une personne asthmatique? Que dois-je faire dans ces conditions? Puis-je sortir? Faire du sport? Il est possible d'avoir plus de détails sur les polluants par localisation géographique, mais le niveau d'information plus précis est très détaillé: il donne la concentration de chaque polluant par station toutes les quinze minutes. Que peut-on faire de ces détails? N'y a-t-il aucun moyen de rendre ces données interprétables plus simplement?

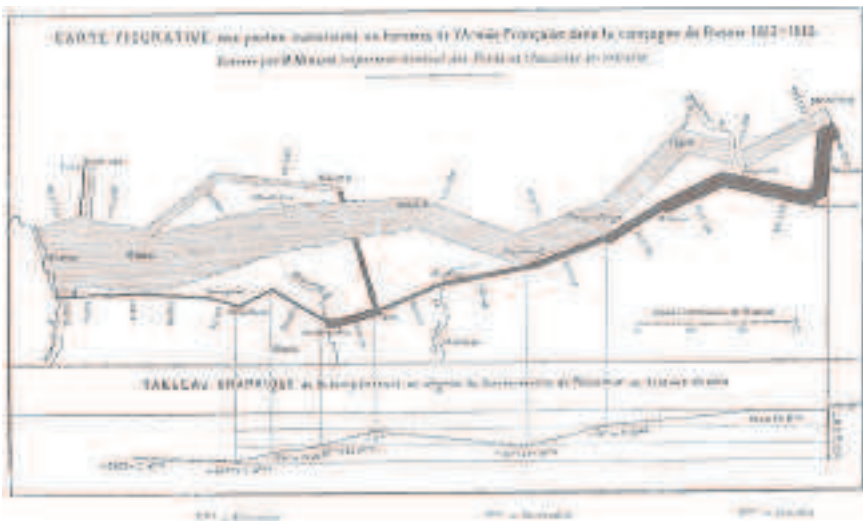
<sup>1</sup> [www.airparif.asso.fr](http://www.airparif.asso.fr)

Dans les deux cas décrits et bien d'autres encore, la visualisation d'information permet d'utiliser des représentations graphiques faciles à saisir, immédiates à percevoir, et qui nous permettent de comprendre des phénomènes complexes, de voir des tendances et de prendre rapidement des décisions appropriées.

Utiliser des représentations graphiques pour faciliter la compréhension de données complexes n'est pas nouveau. Déjà en 1869 M. Minard utilisait, pour décrire la campagne de Russie de Napoléon en 1812, la représentation reproduite en figure 1. Cette carte améliorée permet de répondre d'un seul coup d'œil à un grand nombre de questions. Sur un fond de carte est dessinée la trajectoire de l'armée, en gris lors de la marche vers Moscou, en noir lors de la retraite. L'épaisseur du trait est proportionnelle à la taille de l'armée: partie avec 400 000 hommes, elle n'en compte plus que 10 000 à l'arrivée. La stratégie de la terre brûlée (de mémoire d'écolier), ainsi que les épidémies, sont responsables de la mort de 300 000 soldats à l'aller. La température pendant la retraite est représentée en bas du graphique. On comprend immédiatement la corrélation entre le froid et les pertes humaines. Enfin, le passage de la rivière Bérézina a causé la perte de 15 000 hommes, l'armée passant d'un effectif de 40 000 à 25 000 soldats. Ce graphique raconte une histoire de manière globale ainsi que dans ses détails numériques.

De nombreux autres exemples attestent de l'efficacité de certaines représentations graphiques pour rendre compréhensibles des données numériques ou abstraites. Cependant, jusqu'à récemment, ces représentations étaient impré-

**FIGURE 1 – LA CAMPAGNE DE RUSSIE DE NAPOLÉON REPRÉSENTÉE PAR M. MINARD EN 1869**



mées, donc statiques. Depuis l'avènement de l'informatique graphique interactive, ces représentations et bien d'autres encore ont été améliorées par des capacités d'interaction.

Mais pourquoi ne voit-on pas plus souvent ce genre de représentations?

## ◆ **2. Penser visuellement, pas seulement symboliquement**

Depuis le cours préparatoire, nous apprenons à penser symboliquement. La lecture, les opérations sur les chiffres puis l'écriture et les mathématiques sont des méthodes qui permettent de penser symboliquement. Elles sont très efficaces car elles ont permis une progression très rapide de l'humanité. Cependant, nous avons aussi une capacité à percevoir notre environnement et à prendre des décisions rapides et sûres. Cette capacité a permis à l'espèce humaine de survivre dans un monde hostile. Par exemple, nous pouvons facilement suivre le vol d'un oiseau à travers les arbres d'une forêt. Cette capacité est remarquable, à bien la considérer, car la forme des feuilles et celle des ailes d'oiseau sont très similaires. Malgré cela, notre vision n'a aucune difficulté à opérer ce suivi et cette capacité a permis à nos ancêtres de s'échapper lors d'attaques de prédateurs ou d'attraper leurs proies. Nous disposons d'un système de vision performant en termes de vitesse de perception, de capacité à percevoir des formes et des motifs, et cela même dans un environnement bruité (dans une forêt ou dans une tempête de neige, par exemple).

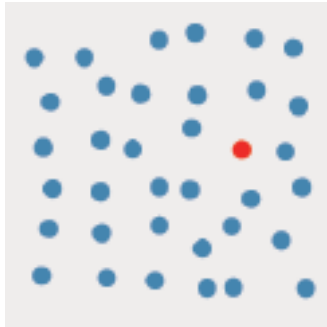
Cependant, alors que nos capacités de pensée symbolique sont exploitées et améliorées depuis l'école maternelle, nos capacités visuelles ne sont maintenues que grâce au monde dans lequel nous vivons (qui reste un très bon entraînement). La visualisation utilise ces capacités pour percevoir des informations abstraites et non plus seulement une réalité concrète. À ce stade, deux questions se posent :

- 1) ces capacités sont-elles vraiment efficaces ?
- 2) ne peut-on faire mieux avec un système automatique ?

Jusqu'aux années 1990, la création de représentation graphique était un problème de design graphique et fonctionnait sur l'intuition et un processus d'expérimentation. En 1986, la psychologue américaine Triesman a mis en évidence une caractéristique importante de notre système visuel : la perception préattentive. Elle a montré, à l'aide de protocoles scientifiques rigoureux, que la vision humaine pouvait percevoir un certain nombre de caractéristiques visuelles de manière instantanée, sans effort et avec une bonne précision. Ces caractéristiques sont alors dites préattentives.

La figure 2 montre un exemple de configuration préattentive simple où chacun peut instantanément et sans effort voir le rond rouge parmi les ronds bleus. Si on augmente le nombre de ronds bleus, le temps de réponse reste le même (environ 200 ms). Percevoir rapidement une caractéristique indépendamment du nombre d'objets affichés est une capacité remarquable de notre vision. Elle a été développée au cours de notre évolution pour utiliser efficacement notre environnement et éviter les dangers. En répertoriant toutes ces caractéristiques et en les utilisant dans nos représentations graphiques, on facilite la perception visuelle et on autorise l'externalisation d'une partie de notre raisonnement.

**FIGURE 2 – PERCEVOIR LE ROND ROUGE PARMIS UN GRAND NOMBRE DE RONS BLEUS EST IMMÉDIAT ET NE REQUIERT AUCUN EFFORT**



Le raisonnement externalisé n'est pas un phénomène nouveau. Nous l'utilisons énormément dans la vie courante, par exemple lorsque nous posons une opération arithmétique sur du papier pour la résoudre. Bien sûr, en se concentrant, on pourrait réaliser une addition à 5 chiffres; mais en l'écrivant sur papier, on simplifie énormément sa résolution car on décharge sa mémoire qui peut se concentrer sur la résolution de chaque opération unitaire (faire la somme de chaque colonne) sans avoir à retenir le reste.

De la même manière, en utilisant des représentations graphiques préattentives, on peut se concentrer sur un raisonnement local (que s'est-il passé lors du passage de la Bérézina?) et être capable de retrouver visuellement sans effort et rapidement le contexte local (c'était juste après que la base arrière ne rejoigne l'armée en retraite) et global (c'est un événement majeur dans la campagne car l'épaisseur du trait a varié énormément en ce point).

Le principe de la visualisation est de fournir des représentations visuelles efficaces, reposant généralement sur la perception préattentive, et permettant de percevoir des structures dans les données et de répondre rapidement à beau-

coup de questions sur ces données. La visualisation permet de voir les informations attendues et de trouver des informations inattendues.

Depuis des milliers d'années, des artistes, ingénieurs, scientifiques et cartographes ont utilisé des représentations graphiques pour mieux décrire leurs données abstraites ou pour mieux les comprendre. De nombreuses théories ou cadres conceptuels ont été inventés dans les années 1960-1980 pour mieux comprendre les représentations efficaces. Jacques Bertin en France, cartographe de formation, a écrit l'ouvrage *Sémiologie graphique* [1] qui fait toujours référence dans le domaine de la visualisation. En 1977, aux États-Unis, le statisticien John Tukey créait l'« analyse de données exploratoires » [2] qui utilise des représentations graphiques pour aider à la description statistique. Pourquoi voit-on un regain d'intérêt pour ces méthodes et en quoi ont-elles progressé?

### ◆ **3. Interagir pour mieux percevoir**

Depuis les années 1980, l'informatique a beaucoup progressé – en particulier les capacités graphiques et interactives des ordinateurs. Chaque ordinateur est maintenant équipé d'un écran graphique couleur ayant une bonne résolution, ainsi que d'une souris et d'un clavier, si ce n'est d'un écran tactile. Ajouter la capacité d'interagir avec des représentations graphiques augmente encore la capacité expressive de la visualisation.

La question de l'interaction liée à la perception a été étudiée par de nombreux psychologues depuis les années 1950. James J. Gibson [3], en particulier, dans son approche dite « écologique<sup>2</sup> » de la perception visuelle, explique que nous devons percevoir pour agir et agir pour percevoir. Par exemple, si l'œil ne bouge pas, il ne peut pas percevoir. De même, pour comprendre un objet proche, nous bougeons notre tête ou l'objet lui-même s'il est assez petit afin de le voir sous plusieurs angles pour mieux le comprendre.

Lorsque la visualisation est rendue interactive, il est possible d'agir pour mieux voir et mieux comprendre. Sur un ordinateur, les interactions peuvent être multiples: sélection, recherche, navigation (zoom, déplacement), filtrage etc. Lorsque ces interactions sont correctement réalisées, alors l'exploration des visualisations reste simple et bien plus riche qu'avec une visualisation statique.

Un exemple intéressant concernant l'interaction liée à la visualisation est celui du système de recherche de logement dynamique (« *Dynamic HomeFinder* » [4]). La recherche de logement a toujours été un casse-tête et les listes proposées par les agences immobilières n'aident pas vraiment: il faut par-

<sup>2</sup> « Écologique » est à prendre ici au sens littéral: étude de l'être humain dans son environnement naturel et social.

courir les logements un à un pour filtrer rapidement ceux qui pourraient convenir ou pas. Des sites web proposent des formulaires où on peut spécifier des critères (prix, localisation, nombre de pièces, etc.) mais, lorsqu'on les utilise, on n'obtient généralement aucune réponse (prix trop bas ou pas de logement dans les localisations désirées). Il faut alors relâcher les contraintes: comment? Peut-être en baissant le prix d'une unité? Peut-être en déplaçant la localisation sur un secteur limitrophe? Comment savoir?

Dans le système de recherche de logement dynamique (figure 3), tous les logements disponibles sont montrés au départ car aucune contrainte n'est donnée. Il est ainsi possible de se rendre compte de la distribution géographique des logements disponibles. Chaque contrainte est posée à la souris à

### FIGURE 3 – RECHERCHE DE LOGEMENT DYNAMIQUE

La carte de Washington D.C. est affichée en fond et les logements disponibles sont représentés par des points jaunes. À droite, des boutons et curseurs virtuels permettent d'exprimer ses contraintes interactivement. Les points A et B peuvent être déplacés librement sur la carte: ils permettent de représenter deux lieux importants comme le lieu de travail de la femme et celui du mari. En déplaçant le curseur « Distance to A » avec la souris, les logements éloignés du point A disparaissent ou apparaissent interactivement.



l'aide d'interaction très simple. En bas à droite, on peut sélectionner des caractéristiques du logement comme l'existence d'un garage (*Grg*) ou d'une cheminée (*Fpl*), l'état neuf (*New*) ou la disposition d'air conditionné (*CAC*). Sélectionner un de ces boutons ne laisse afficher que les logements ayant la caractéristique associée. Déplacer les curseurs permet de filtrer dynamiquement les logements selon le critère du curseur. Par exemple, le prix des appartements peut être spécifié dans un intervalle contrôlé par deux curseurs: les valeurs minimale et maximale. La mise à jour de la visualisation est immédiate et permet une exploration rapide, incrémentale (on modifie petit à petit les paramètres), réversible et sans utiliser le clavier mais en pointant et cliquant avec la souris sur des objets représentant les requêtes.

Ces caractéristiques sont essentielles à une interaction efficace; elles déterminent les « requêtes dynamiques ». Elles se distinguent d'autres types de requêtes qui utiliseraient un langage informatique comme celui utilisé dans les bases de données (SQL). Pourquoi les caractéristiques des requêtes dynamiques sont-elles si importantes?

Encore une fois, les psychologues nous donnent de très bonnes raisons: les limites de notre mémoire à court terme. Nous disposons de plusieurs types de mémoire; lorsque nous menons une réflexion, nous nous reposons sur notre mémoire à court terme ou mémoire de travail qui est très limitée. On ne peut mémoriser que sept items plus ou moins deux selon les personnes et les états [5]. Donc, lorsque nous explorons notre carte des logements, nous échafaudons des plans et nous les menons à bien. Ce plan se décompose en sous-tâches (voir si un appartement est moins cher qu'une maison, voir où sont les logements les moins chers, etc.) et nous stockons cette planification dans notre mémoire de travail. Chaque réponse nous retire un item et nous amène à réévaluer notre plan.

Le problème est que l'expression d'une requête dans un langage comme SQL va utiliser plusieurs items de notre mémoire de travail, car notre capacité langagière qui est mise à contribution a besoin de stockage. Le fait de pointer et déplacer le curseur n'utilise pratiquement aucun item. Par conséquent, nous pouvons échafauder des plans bien plus complexes et envisager plus d'alternatives avec des requêtes dynamiques qu'avec des langages de requête. Nous pouvons alors explorer un grand nombre de visualisations dont les paramètres sont modifiés interactivement et dont la lecture est rapide car préattentive. Nous avons établi une boucle de rétroaction qui nous permet d'explorer rapidement notre espace de données.

Au passage, nous pouvons voir facilement quelles sont les régions les moins chères. Il se trouve que ce sont aussi les endroits les plus dangereux (ils sont



très dangereux donc moins chers). C'est le genre d'information que l'on ne cherchait pas mais que l'on trouve de manière fortuite et qui s'avère utile.

Maintenant que nous savons sur quoi reposent la perception visuelle rapide et l'interaction, nous pouvons passer en revue les types de visualisations qui ont été conçues et réalisées pour explorer des données.

Bien entendu, cette introduction est une simplification grossière de la réalité et plusieurs théories et modèles existent pour expliquer l'efficacité de certaines représentations visuelles ou prédire comment des configurations de marques graphiques seront interprétées. De même pour l'interaction. Ces théories et modèles sont bien décrits dans d'autres ouvrages comme [6] [7] [8].

## ◆ 4. Visite guidée de visualisations par type de données

Il existe un grand nombre de visualisations et le moyen le plus rationnel de les présenter est de partir des données simples pour aller vers les plus complexes. Avant de décrire ces données, il est sans doute utile de se demander comment ces visualisations peuvent s'utiliser. A-t-on besoin d'applications particulières? Peut-on utiliser des visualisations sur le Web?

Il existe plusieurs types de solutions logicielles pour réaliser des visualisations. On rencontre bien entendu des applications dédiées, parfois commerciales, qui s'installent sur votre machine et permettent d'explorer vos données. On trouve aussi des bibliothèques ou boîtes à outils qui facilitent grandement la réalisation d'applications utilisant des visualisations, ces applications pouvant être exploitées sur n'importe quelle machine et même sur le Web. Nous allons citer certains de ces systèmes afin que vous puissiez aussi les essayer ou les mettre en place à partir de votre site Web, le cas échéant.

### 4.1 Données monodimensionnelles comme les lignes de temps

Les données les plus simples nécessitant de la visualisation sont des variations de valeurs multiples comme, par exemple, la valeur boursière d'une action dans le temps ou l'évolution de la température d'une personne malade. La représentation la plus simple est la ligne de temps, proposée par exemple par Google pour montrer l'évolution du cours des actions ou des monnaies sur le site Google Finance<sup>3</sup> (*figure 4*).

<sup>3</sup> <http://finance.google.com>

**FIGURE 4 – VALEUR DE L'EURO FACE AU DOLLAR VISUALISÉ PAR GOOGLE FINANCE**



Le cours de l'action est non seulement indiqué par la ligne des valeurs mais aussi renforcé par le coloriage de la partie basse de la courbe. Deux niveaux d'échelle sont visibles, la zone focale en haut et une zone de contexte placée sous la glissière de réglage. La zone de contexte montre la variation de la valeur durant une très longue période sans donner de détails tandis que la zone focale est plus détaillée. Les requêtes dynamiques se font avec la glissière. Cette visualisation a été augmentée pour montrer encore plus de contexte grâce aux petits drapeaux montrant une lettre qui sont placés le long de l'axe du temps. Ils se réfèrent à des événements importants publiés dans des journaux et facilitent la compréhension des variations de valeur. La zone de contexte permet de voir les tendances des valeurs sur des temps très longs (ici deux heures et demie).

Cette visualisation simple peut être utilisée sur le Web avec des données très variées. Elle fait partie d'une suite de composants de visualisation diffusés par Google et utilisables gratuitement<sup>4</sup>.

La figure 5 montre une ligne de temps visualisant des événements ponctuels plutôt que des valeurs continues. Il s'agit ici d'une description temporelle schématique de l'assassinat de J. F. Kennedy: elle montre un certain nombre d'acteurs et d'actions reliant tous ces événements ainsi que d'autres ayant trait à l'actualité dans une ligne de temps unique qui figure bien les relations entre tous ces événements. Ce composant est aussi destiné à être utilisé dans des pages web riches<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Voir [http://code.google.com/apis/visualization/interactive\\_charts.html](http://code.google.com/apis/visualization/interactive_charts.html)

<sup>5</sup> Il est disponible gratuitement sur le site [www.simile-widgets.org/timeline](http://www.simile-widgets.org/timeline) avec de nombreux exemples d'utilisation.

**FIGURE 5 – LA LIGNE DE TEMPS DÉCRIVANT L’ASSASSINAT DE JOHN FITZGERALD KENNEDY**



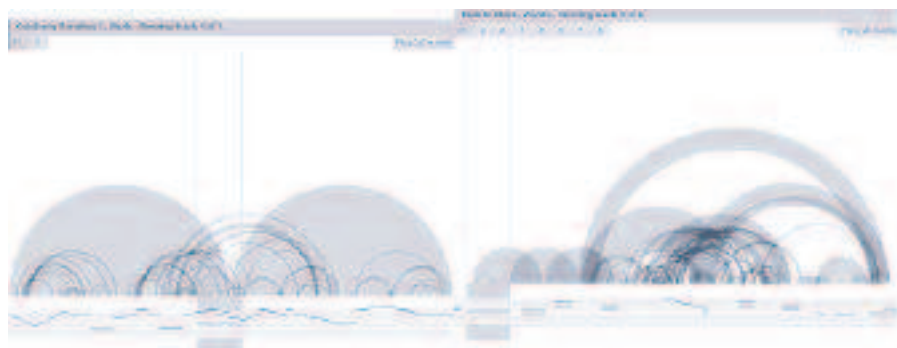
Ces visualisations sont très efficaces, simples et relativement standard. Les diagrammes en arcs [9] sont beaucoup plus originaux. Ils permettent de distinguer les sous-séquences similaires dans une longue séquence. Ils sont particulièrement intéressants pour visualiser la structure de morceaux musicaux.

Un digramme en arc est construit de la manière suivante : à partir d’une piste musicale (en figure 6, la main droite du piano ou la guitare électrique principale), toutes les notes sont considérées comme une lettre et le tempo est oublié. On cherche les suites de lettres qui se répètent et on les relie par un arc. Plus la répétition est lointaine et plus l’arc est haut. Plus elle est longue et plus l’arc est épais.

La structure de la musique devient visible et les amateurs reconnaîtront facilement les caractéristiques importantes de leurs morceaux favoris. Les autres apprendront plus facilement à décrypter la structure de la musique. L’appli-

**FIGURE 6 – DIAGRAMMES EN ARCS VISUALISANT LA PREMIÈRE VARIATION GOLDBERG DE BACH À GAUCHE ET LE MORCEAU « BACK IN BLACK » DU GROUPE ROCK AC/DC**

**La structure des morceaux est très claire et typique de leur style. En dessous du diagramme, la piste midi est affichée et peut être jouée par le logiciel.**



cation est disponible en ligne<sup>6</sup> et permet de créer un diagramme à partir de morceaux de musique au format MIDI.

Déjà pour ces données relativement simples, il existe plusieurs représentations de base qui permettent de comprendre d'un seul coup d'œil des structures complexes.

## 4.2 Données bidimensionnelles

Les cartes sont des représentations bidimensionnelles auxquelles nous sommes tous habitués et qui sont d'une très grande richesse. En généralisant le principe des cartes, on obtient les diagrammes cartésiens classiques. Dans un diagramme cartésien, chaque point est caractérisé par deux valeurs numériques (la latitude et la longitude pour une carte) et on peut représenter des points, des courbes et des zones sur de tels diagrammes.

Par exemple, la table 1 indique le revenu par foyer et le pourcentage de diplômés universitaires par État américain. On peut facilement l'utiliser pour répondre à des questions de détail : quel est le revenu moyen dans l'Indiana ? Mais répondre à des questions générales est plus difficile : quel État a le plus haut revenu moyen ? Le plus haut ou le plus bas pourcentage de diplômés ? Il est nécessaire de balayer l'ensemble de la table pour y répondre : ce n'est pas préattentif.

Visualiser la table comme un diagramme de points ou semis (*figure 7*) nous permet de répondre immédiatement aux questions de valeurs minimales et maximales. Le diagramme nous montre aussi une forte corrélation entre le niveau d'études et le revenu moyen, ce qui est toujours rassurant. En supplément, il nous montre les exceptions : le Nevada est plus riche qu'il ne le devrait compte tenu du niveau d'éducation de ses habitants (c'est parce que la ville de Las Vegas enrichit l'État grâce aux jeux qui ne nécessitent pas un haut niveau d'éducation), et à l'inverse l'Utah est un État essentiellement peuplé de Mormons qui sont très religieux, très cultivés et relativement désintéressés comme l'indique cette exception. Lorsqu'on connaît un peu la position géographique des États, on constate aussi rapidement que ceux du Sud autour du Mississippi sont sensiblement plus pauvres que ceux du Nord, ce qui répond à une question que l'on n'avait pas initialement posée.

La représentation par semis est très simple et très efficace pour des données à deux dimensions. On peut superposer une troisième dimension en utilisant la taille des points, leur couleur ou leur forme. Il est possible d'utiliser une dizaine d'attributs graphiques ou « propriétés rétinienne », comme les appe-

<sup>6</sup> Sur le site [www.turbulence.org/Works/song](http://www.turbulence.org/Works/song)

**TABLE 1 – POURCENTAGE DE DIPLÔMÉS DU SUPÉRIEUR ET DES REVENUS DANS LES ÉTATS AMÉRICAINS**

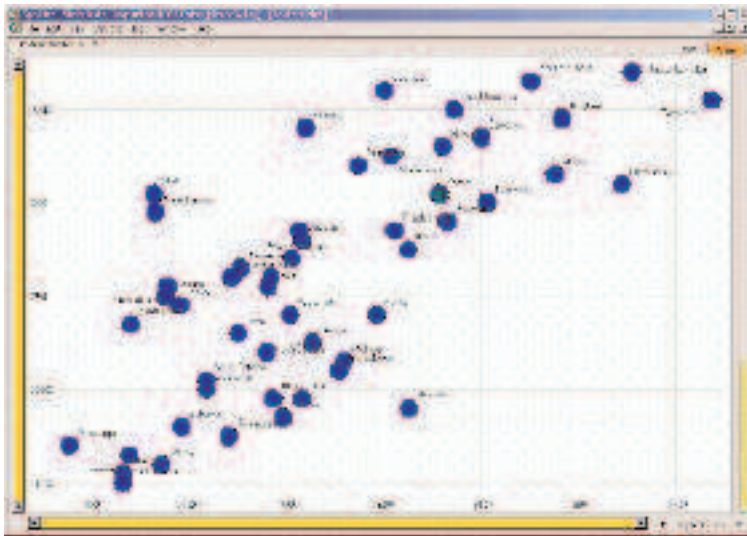
État	Pourcentage de diplômés	Revenu par foyer	État	Pourcentage de diplômés	Revenu par foyer
Alabama	20.6	11486	Montana	25.4	11213
Alaska	30.3	17610	Nebraska	26	12452
Arizona	27.1	13461	Nevada	21.5	15214
Arkansas	17	10520	New Hampshire	32.4	15959
California	31.3	16409	New Jersey	30.1	18714
Colorado	33.9	14821	New Mexico	25.5	11246
Connecticut	33.8	20189	New York	29.6	16501
Delaware	27.9	15854	North Carolina	24.2	12885
District of Columbia	36.4	18881	North Dakota	28.1	11051
Florida	24.9	14698	Ohio	22.3	13461
Georgia	24.2	13631	Oklahoma	22.8	11893
Hawaii	31.2	15770	Oregon	27.5	13418
Idaho	25.2	11457	Pennsylvania	23.2	14068
Illinois	26.8	15201	Rhode island	27.5	14981
Indiana	20.9	13149	South Carolina	23	11897
Iowa	24.5	12422	South Dakota	24.6	10661
Kansas	26.5	13300	Tennessee	20.1	12255
Kentucky	17.7	11153	Texas	25.5	12904
Louisiana	19.4	10635	Utah	30	11029
Maine	25.7	12957	Vermont	31.5	13527
Maryland	31.7	17730	Virginia	30	15713
Massachusetts	34.5	17224	Washington	30.9	14923
Michigan	24.1	14154	West Virginia	16.1	10520
Minnesota	30.4	14389	Wisconsin	24.9	13276
Mississippi	19.9	9648	Wyoming	25.7	12311
Missouri	22.3	12989			

lait Jacques Bertin. Les plus connues sont la position (en hauteur ou largeur), la taille (pour un point) ou l'épaisseur (pour un trait), l'orientation (pour une forme), le niveau de gris ou l'intensité lumineuse, la couleur, la texture et la forme. Bertin les a classées par niveau de précision ou d'efficacité.

En réalité, cette efficacité est relative à la nature des valeurs à afficher. Ces valeurs peuvent être :

- nominales ou catégorielles: par exemple les noms de personnes, de villes ou d'États américains. Dans la table 1, la première colonne est de ce type et on se contente d'afficher le nom en chaque point;

FIGURE 7 – DIAGRAMME DE POINTS OU SEMIS



- ordonnées: par exemple le mois de l'année. Si on considère l'ordre alphabétique, on pourrait dire que des valeurs nominales peuvent être ordonnées mais, en réalité, cet ordre n'a pas vraiment de sens. Dans la table 1, les États sont ordonnés par ordre alphabétique mais la Virginie du Sud n'est pas placée à la suite de la Virginie du Nord car c'est l'ordre du nom anglais. Les États proches géographiquement ne sont pas non plus proches dans la liste: l'ordre alphabétique est très arbitraire et pas très utile dans ce cas;
- numérique: valeurs sur lesquelles on peut faire des opérations arithmétiques comme des additions ou des comparaisons. Par exemple, des prix, des valeurs d'actions ou des dates.

Selon la nature des valeurs, une variable visuelle sera plus efficace qu'une autre. Par exemple, Bertin explique que, pour les valeurs numériques, les variables visuelles les plus précises sont les positions horizontales ou verticales. C'est ce que font les lignes de temps en mettant le temps sur un axe (généralement horizontal) et les valeurs sur l'autre axe. En revanche, pour indiquer une valeur catégorielle comme le sexe d'une personne, on peut utiliser un axe (en haut pour féminin, en bas pour masculin) mais l'utilisation d'une couleur fonctionne aussi bien.

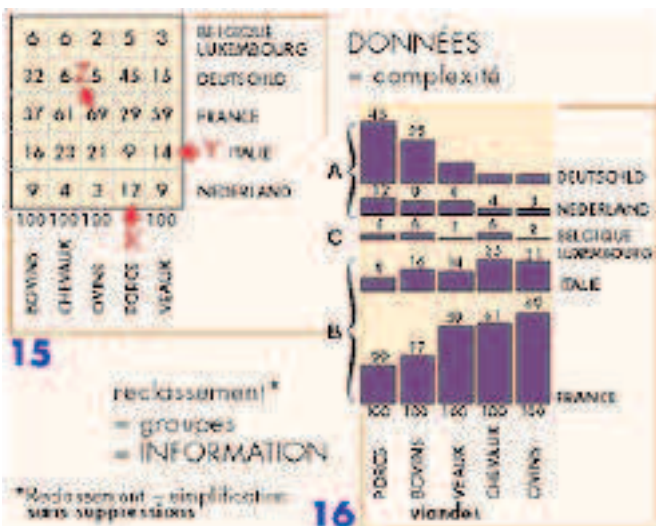
Dans les exemples précédents, on a vu des lignes de temps (cours de la bourse) affichant des données numériques pour le temps et numériques pour les valeurs. Sur le diagramme en semis, on peut donc ajouter des informations à l'aide des variables visuelles. Cependant, on voudrait garder la

propriété de préattentivité des variables visuelles. Hélas, la combinaison de variables préattentives n'est plus préattentive! Par exemple, utiliser deux couleurs bien choisies dans une visualisation pour coder le sexe permet de voir de façon préattentive si les deux sont présents ou si un des sexes est plus représenté que l'autre. On peut aussi utiliser la forme ronde ou triangulaire. Mais on ne peut pas combiner les deux variables visuelles sur un diagramme simple et espérer qu'il restera efficace: coder le sexe par la couleur et le pays d'origine par la forme ne fonctionne plus! Les mêmes questions sur l'existence d'une couleur ou la prépondérance prendront un temps croissant en fonction du nombre des items affichés. Pour rester préattentif, il faut utiliser d'autres représentations lorsqu'on dépasse les deux dimensions.

### 4.3 Données multidimensionnelles

Beaucoup de données très courantes ont beaucoup de dimensions. Jacques Bertin dans [1] nous donne en exemple la production de cinq viandes dans cinq pays européens. Dans la figure 8 à gauche, la table indique les valeurs numériques. Elle permet de répondre à des questions de détail: quelle est la production de porcs de l'Italie? Cependant, cette table ne permet pas d'avoir une idée générale de cette production par pays. Bertin explique que, en utilisant un codage visuel plutôt qu'un nombre dans chaque cellule, on facilite la lisibilité des valeurs. Dans cet exemple, il utilise une barre verticale dont la hauteur est proportionnelle à la valeur et il inscrit aussi la valeur.

FIGURE 8 – MATRICE DE VALEURS DE JACQUES BERTIN



Le point intéressant est que cette matrice peut être réordonnée: l'ordre des lignes et colonnes est arbitraire. Si l'on réordonne les lignes pour que les pays aux situations les plus similaires soient côte à côte et que l'on fait de même dans les colonnes pour que les profils de viandes les plus similaires soient aussi côte à côte, on obtient une matrice bien ordonnée qui permet de voir les détails et l'ensemble. On voit immédiatement que les pays suivent trois tendances, appelées A, B et C dans la figure 8. Ainsi, la France et l'Italie ont un profil similaire, de même que l'Allemagne et les Pays Bas. Cette représentation matricielle est très efficace, à condition que les lignes et colonnes soient correctement ordonnées.

Trouver un bon ordre est difficile. Jacques Bertin le faisait à la main et, quand nous lui avons demandé sa méthode, il a répondu: « C'est l'œil du peintre », méthode qu'il n'a pas été possible de traduire informatiquement. Nous avons donc réalisé un grand nombre d'essais et sommes arrivés à trouver quelques méthodes ordonnant efficacement des matrices. Il serait long et fastidieux d'exposer ces méthodes ici. Il suffit de savoir qu'elles tentent de mettre côte à côte les lignes et colonnes similaires.

La présentation matricielle est très facile à comprendre et efficace, mais ce n'est pas la seule, loin de là. Une autre méthode très populaire consiste à utiliser le diagramme en semis en le dupliquant pour chaque paire de dimensions. C'est ce qui s'appelle les matrices de semis. Cependant, ces matrices prennent beaucoup de place si l'on veut qu'elles restent lisibles. Nous avons réalisé un système interactif appelé ScatterDice [10] qui permet de naviguer interactivement dans ces matrices.

Par exemple, si vous voulez acheter un appareil photo numérique et que vous allez dans votre magasin préféré ou sur un site marchand, vous verrez un nombre très important de modèles dont les caractéristiques varient énormément. Si on liste les caractéristiques essentielles et qu'on fait un tableau où, pour chaque appareil, on remplit les colonnes, on obtient une table de données multidimensionnelles.

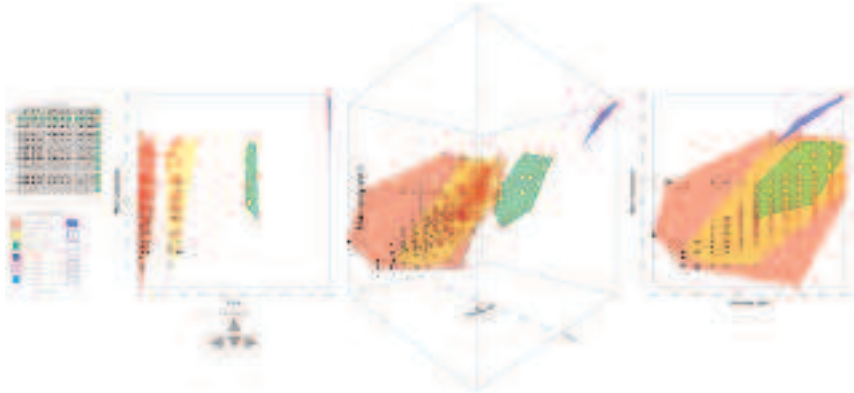
Nous avons constitué pour nos démonstrations une table contenant 1038 modèles ayant 13 dimensions ou attributs: 1) le modèle, 2) la date de mise sur le marché, 3) la résolution minimale, 4) maximale, 5) le nombre effectif de pixels, 6) le zoom minimal, 7) maximal, 8) la distance focale normale, 9) la distance focale macro, 10) la mémoire disponible, 11) le poids, 12) la taille et 13) le prix.

La tâche de choisir un appareil photo parmi ces 1038 est un peu effrayante lorsqu'on ne dispose que d'une fiche descriptive par appareil. Combien de temps faudrait-il pour les lire toutes? Si je trie sur des critères simples *a priori*, n'ai-je pas oublié de prendre en compte un critère important qui me ferait regretter mon choix?



## FIGURE 9 – MATRICE DE SEMIS ET NAVIGATION ENTRE LES SEMIS

À gauche, une matrice de semis miniatures. Au milieu, une transition entre deux configurations où l'axe horizontal est changé. Pour que la transition soit continue et non brutale, une rotation en trois dimensions est utilisée



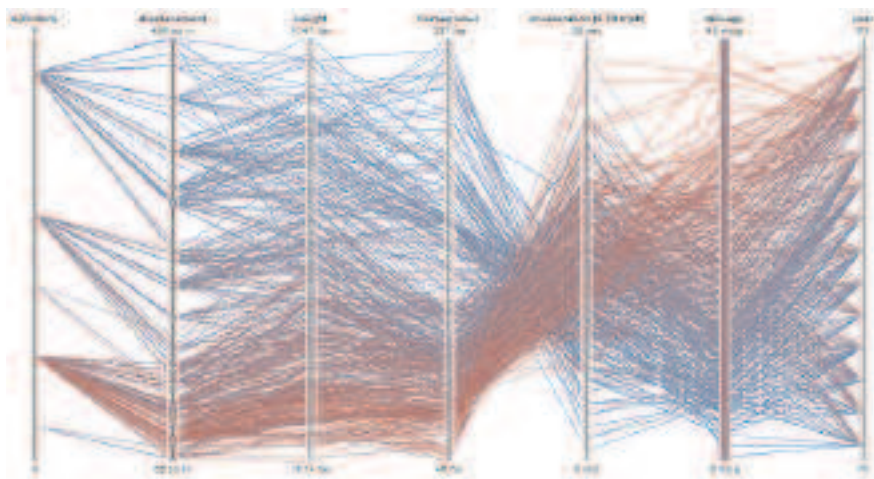
Avec ScatterDice, il est possible de voir un résumé de tous les semis et de naviguer dans ces semis de manière très simple et rapide en cliquant sur les cellules qui semblent intéressantes. Par exemple, celles qui semblent les mieux corrélées ou avec des formes inattendues. Pour choisir la caméra de ses rêves, on peut partir d'une vue qui montre les deux dimensions les plus importantes (par exemple le prix et le nombre de pixels). Il est alors possible de sélectionner une région d'intérêt à l'aide de la souris. On peut en sélectionner plusieurs qui prennent alors des couleurs différentes. Ensuite, on change de dimensions et on voit la sélection dans le nouveau référentiel. Lorsque la vue tourne, le semis en 2D devient un semis en 3D et la sélection devient une forme 3D aussi. On peut alors suivre cette sélection et voir ce que deviennent les appareils les moins chers. En entourant les points qui restent intéressants, on « sculpte » sa requête qui ne garde que les points intéressants dans toutes les vues. En répétant cette opération de manière systématique, on va explorer toutes les dimensions et, à la fin, les appareils sélectionnés auront été analysés de manière exhaustive. Durant l'exploration, on verra aussi que la quantité de mémoire est très fortement corrélée à l'année de sortie de l'appareil (le prix de la mémoire baisse continûment) et que bien sûr le nombre de pixels augmente. On constatera aussi que le poids n'est pas lié à quoi que ce soit d'autre: c'est un critère de confort dans un sens comme dans l'autre.

Il existe d'autres représentations visuelles pour les données multidimensionnelles. Une représentation très efficace s'appelle « coordonnées parallèles » [11]. Cependant, cette représentation nécessite un certain temps d'apprentissage qui l'oriente plus vers des spécialistes de l'analyse que vers le grand public.

La figure 10 montre des coordonnées parallèles. Chaque ligne brisée allant de gauche à droite représente un élément – ici un modèle de voiture. Chaque dimension est un axe vertical dont les extrémités représentent les valeurs minimale et maximale. Par exemple, le poids des voitures (troisième axe nommé « *weight* ») varie entre 5141 lbs en haut et 1613 lbs en bas. Une voiture est une ligne brisée qui va connecter les valeurs la caractérisant sur chacun des axes. Les nombreux croisements visibles entre l'axe de la puissance (*horsepower*) et celui de l'accélération montrent que, globalement, plus une voiture est puissante et moins elle met de temps pour accélérer.

Avec un peu d'habitude, il devient très rapide de comprendre les informations globales et locales à partir de coordonnées parallèles. Avec des interactions appropriées, l'analyse devient encore plus puissante. Glisser la souris sur la visualisation met en surbrillance les lignes sous la souris et affiche les détails des valeurs. Les axes peuvent servir à filtrer les valeurs en plaçant une glissière de filtrage d'intervalle. Enfin, les axes peuvent être réordonnés (comme dans les matrices) et les valeurs minimum et maximum peuvent être permutées.

**FIGURE 10 – COORDONNÉES PARALLÈLES MONTRANT UN ENSEMBLE DE MODÈLES DE VOITURES SELON SEPT DIMENSIONS**



## 4.4 Et l'interaction ?

Toutes les représentations visuelles décrites dans les sections précédentes sont liées à des méthodes d'interaction qui poussent à l'exploration. Selon Ben Shneiderman, l'exploration de données suit toujours la même méthode: commencer par observer une vue d'ensemble qui fait apparaître des détails surprenants ou intéressants sur lesquels on va se concentrer en zoomant des-

sus ou en filtrant les parties inintéressantes. Sur les parties intéressantes, on va alors interactivement voir plus de détails, ce qui permet de répondre à des questions. On peut alors repartir vers la vue d'ensemble pour s'intéresser à d'autres questions. Shneiderman en a tiré une psalmodie :

Vue d'ensemble d'abord, filtrer et zoomer ensuite, afficher les détails à la demande  
 Vue d'ensemble d'abord, filtrer et zoomer ensuite, afficher les détails à la demande  
 Vue d'ensemble d'abord, filtrer et zoomer ensuite, afficher les détails à la demande  
 Vue d'ensemble d'abord, filtrer et zoomer ensuite, afficher les détails à la demande  
 Vue d'ensemble d'abord, filtrer et zoomer ensuite, afficher les détails à la demande

Cette psalmodie est récitée par la personne qui analyse les données mais aussi par celle qui conçoit l'analyse de données afin de s'assurer que toutes les interactions fournies permettent de la suivre. Dans les exemples précédents, on affichait toujours initialement l'ensemble du jeu de données. Les requêtes dynamiques permettaient ensuite de filtrer ou de zoomer. Les bons systèmes de visualisation permettent d'afficher des détails en sélectionnant un ou plusieurs items affichés. Ces opérations sont fondamentales pour que la visualisation soit utile. Selon les types de visualisation, d'autres interactions plus opportunistes peuvent être fournies. Dans les coordonnées parallèles, le filtrage peut se faire directement sur les axes. Dans le système ScatterDice, la rotation et le changement d'axes visibles sont pilotés à partir de la matrice de semis.

En utilisant ces systèmes, on a l'impression que l'interaction est naturelle et intuitive. On pourrait alors penser qu'il n'est pas difficile d'en concevoir. En réalité, seules les mauvaises interactions se remarquent : en concevoir de bonnes est délicat. Pourquoi ? Parce qu'une bonne interaction doit pouvoir utiliser le moins d'attention possible pour laisser cette attention à la tâche principale : comprendre et interpréter la visualisation. Nous reviendrons sur certaines interactions spécifiques dans les sections qui suivent en expliquant pourquoi elles sont efficaces.

## 4.5 Arbres et hiérarchies

Les arbres et hiérarchies sont très fréquemment utilisés, que ce soit pour décrire l'organisation des entreprises, les répertoires dans les ordinateurs, les structures imbriquées dans les documents au format XML et les arbres syntaxiques en linguistique. Il existe deux représentations visuelles de ces arbres et beaucoup de variantes de ces deux représentations.

La première, la plus connue, s'appelle « diagramme nœuds et liens ». Par exemple, la figure 11 montre un tel diagramme où chaque nœud est un mot. Ces mots sont tirés d'un texte (ici, le chapitre de la Genèse dans la Bible) et, lorsqu'un mot est suivi d'un autre dans le texte, un lien est créé.

**FIGURE 11 – ARBRE DES PRÉFIXES DE LA GENÈSE**

À partir du mot « Au » à gauche, puis de « Canaan » à droite



On reconnaît en suivant le chemin du haut « Au commencement Dieu créa les cieux et la terre ». La taille des mots dépend de leur fréquence. Ici, le préfixe « au pays » est fréquent (il apparaît 25 fois) et est le plus important des descendants du mot « au », suivi par « milieu » qui apparaît 16 fois. Cette visualisation peut être consultée en ligne<sup>7</sup> et permet aussi des interactions intéressantes. En particulier, cliquer sur un mot le met à la racine de l'arbre, comme dans la partie droite de la figure.

Généralement, ces arbres sont plutôt dessinés avec la racine en haut et les descendants en bas ; c'est le cas pour les arbres de descendance dans les généalogies et les organigrammes. Un problème classique rencontré par les représentations nœuds et liens des arbres est le fait que plus on s'éloigne de la racine de l'arbre et plus celui-ci devient large. Lorsqu'on a une feuille de papier ou un écran rectangulaire, l'espace est mal utilisé. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour pallier cet inconvénient : dessiner les arbres de manière circulaire (figure 12) ou utiliser des géométries différentes.

Alors que le nombre de feuilles peut croître de manière exponentielle dans un arbre (si chaque nœud a deux enfants, alors on double la largeur à chaque niveau), le dessin circulaire donne plus de place aux enfants, mais de manière linéaire, non exponentielle. Le problème n'est donc pas résolu.

<sup>7</sup> Sur le site [www.many-eyes.com](http://www.many-eyes.com)

FIGURE 12 – ARBRE NŒUD ET LIEN CIRCULAIRE RÉALISÉ AVEC PROTOVIS

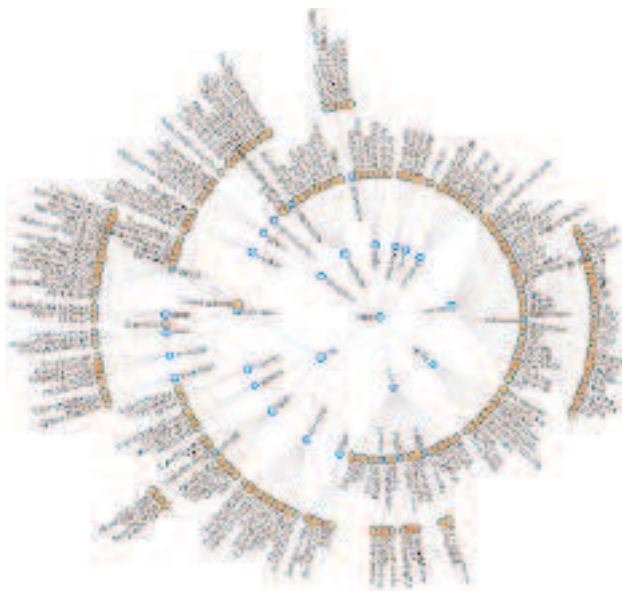
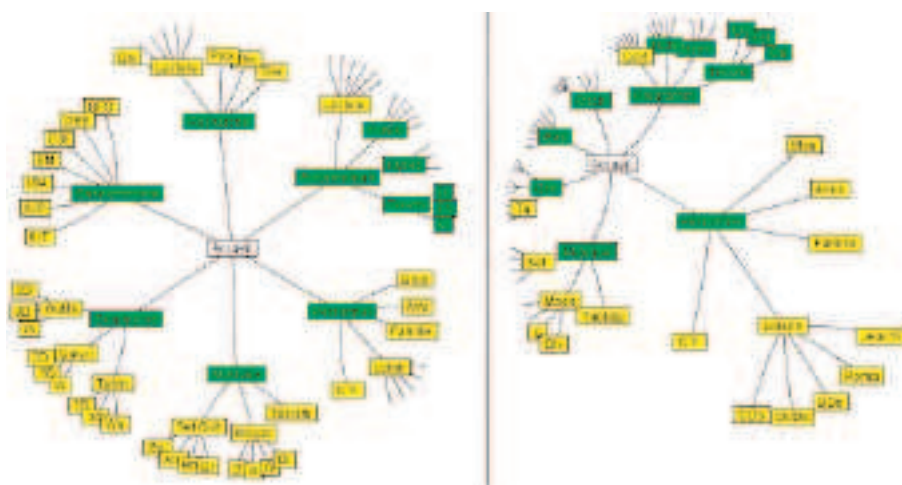


FIGURE 13 – ARBRE HYPERBOLIQUE

Dessiné dans un espace hyperbolique et projeté sur l'écran avec le mot « Accueil » au centre à gauche et le nœud « Personnel » déplacé au centre à droite.



Pour ce faire, Lamping et ses collègues ont dessiné des arbres dans un espace hyperbolique (figure 13). Un espace hyperbolique est un espace courbé ayant la forme d'une hyperbole, un peu comme un demi-ballon de football dont on aurait étiré les bords en caoutchouc vers l'infini. La surface du ballon s'étend « exponentiellement » lorsqu'on s'éloigne du centre du ballon. En dessinant l'arbre sur ce ballon, les feuilles profondes et plus nombreuses ont plus de place que les branches proches de la racine. Cependant, notre écran n'a pas la même forme et il faut projeter le dessin courbé sur un écran plat. On retrouve alors le même problème: les feuilles se resserrent et deviennent petites.

Cette représentation est un peu surprenante et ne permet pas d'augmenter sensiblement le nombre de nœuds visibles. L'interaction permet de changer le centre pour diminuer la distorsion autour d'un nœud particulier, mais explorer l'arbre entier nécessite beaucoup de navigation dans un espace inhabituel.

La troisième solution consiste à afficher un arbre normalement mais en omettant ou diminuant la taille des parties peu importantes. Comment peut-on savoir ce qui est important? Au départ, on peut considérer que la racine de l'arbre est importante, ainsi que les premières branches. On affiche donc à partir de la racine jusqu'à ce qu'on n'ait plus de place et on omet ou réduit le reste. Lorsque l'utilisateur clique sur un nœud, alors on considère que celui-ci a de l'importance, ainsi que ses enfants, et on les affiche au mieux en réduisant, ce qui a alors moins d'importance pour montrer les nouvelles branches qui ont de l'importance. La figure 14 montre le système SpaceTree [12] développant une partie de l'arbre à gauche et une autre à droite. Cette solution permet d'explorer des arbres arbitrairement grands de manière très naturelle. Elle ne souffre que d'un problème: on ne voit jamais l'ensemble de l'arbre. Pour pallier ce défaut, SpaceTree montre un petit triangle sous les nœuds repliés qui indique la taille relative des parties cachées. C'est néanmoins une effraction à la psalmodie.

Il existe un deuxième type de représentation des arbres qui est moins connu mais très intéressant: le Treemap [13]. Dans cette visualisation, la racine de la hiérarchie est l'ensemble de l'écran. Les enfants sont des rectangles contenus dans le rectangle parent.

La figure 15 montre un Treemap représentant l'état du marché boursier. Celui-ci est décomposé en secteurs (énergie, finance, etc.) qui contiennent des entreprises. Ces entreprises sont des rectangles donc la surface est proportionnelle à la capitalisation boursière: une entreprise deux fois plus capitalisée qu'une autre aura une surface deux fois plus grande. Dans la figure, la souris est placée sur le rectangle représentant la société Microsoft (dans le secteur des technologies). C'est la société ayant la plus importante capitalisation boursière du secteur et elle est en vert, ce qui signifie que le

FIGURE 14 – SPACETREE MONTRANT LES ÉTATS D'EUROPE DE L'OUEST À GAUCHE ET D'AMÉRIQUE À DROITE

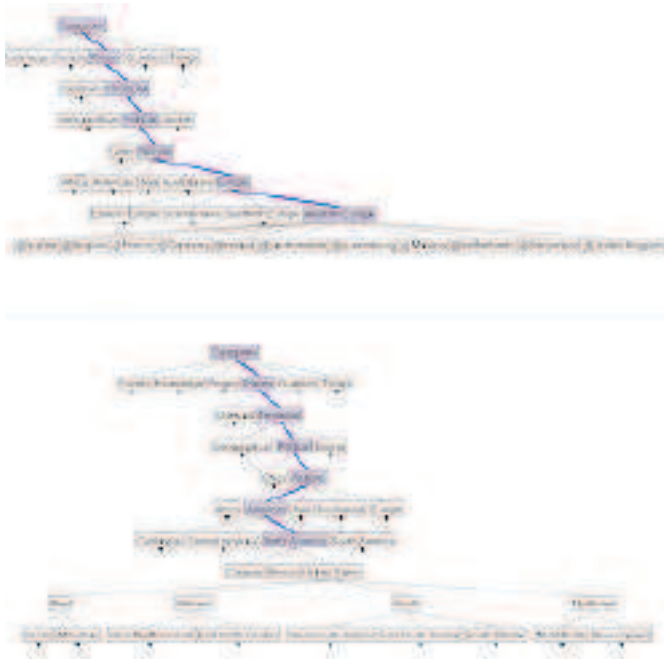
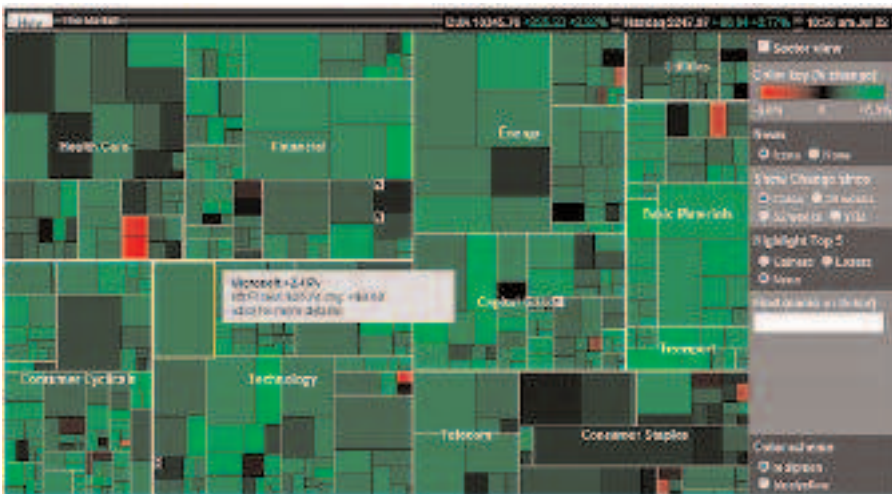


FIGURE 15 – TREEMAP DU MARCHÉ BOURSIER AMÉRICAIN LE 22 JUILLET 2010

Selon le site [www.smartmoney.com/map-of-the-market](http://www.smartmoney.com/map-of-the-market)



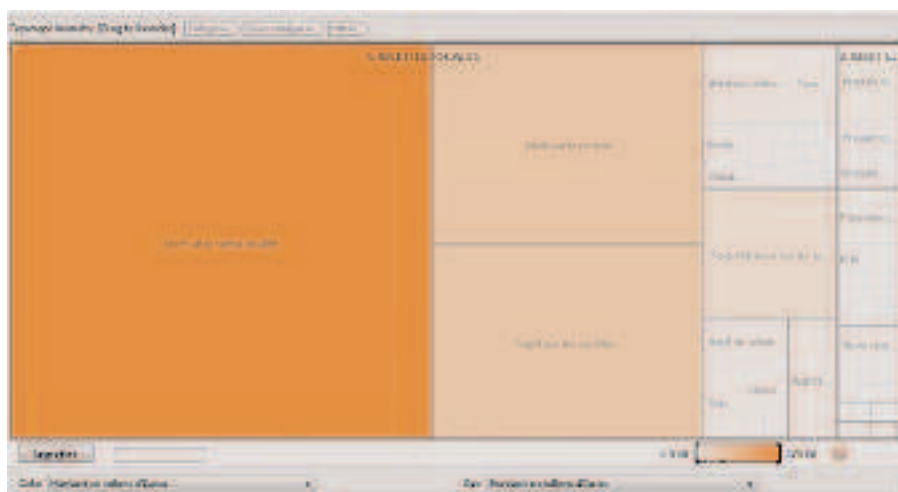


cours a augmenté depuis la veille (l'étiquette affichée nous donne les détails: +2.46 % de gains). On voit d'un seul coup d'œil que le marché est très positif ce jour là, avec quelques rares sociétés en rouge ou stables en noir. Cette représentation remplace efficacement les pages de journaux qui donnent tous les détails sur toutes les actions cotées en bourse: un simple coup d'œil permet de voir la tendance du marché, la tendance par secteur et les exceptions.

Cette représentation par Treemap permet de voir des hiérarchies dont une dimension est additive. Dans l'exemple, la capitalisation boursière d'un secteur est la somme des capitalisations boursières des entreprises de ce secteur et la capitalisation totale de la bourse est la somme des capitalisations boursières des secteurs. On pourrait donc les utiliser pour visualiser l'organigramme d'une entreprise et le nombre de personnes par service, ou le salaire, le budget, etc. Cette information devient immédiatement visible et, lorsqu'on l'utilise sur des données réelles, on est toujours surpris de certains écarts, par exemple dans les salaires, les budgets comme dans la figure 16, le total de voix aux élections comme dans la figure 17.

Les visualisations interactives de Treemaps offrent généralement un grand nombre d'interactions qui permettent non seulement de filtrer mais aussi de zoomer dans une certaine région et parfois de changer interactivement la hiérarchie. Toutes ces caractéristiques font des Treemaps des outils de visualisation attrayants et efficaces, bien que nécessitant un certain temps de compréhension.

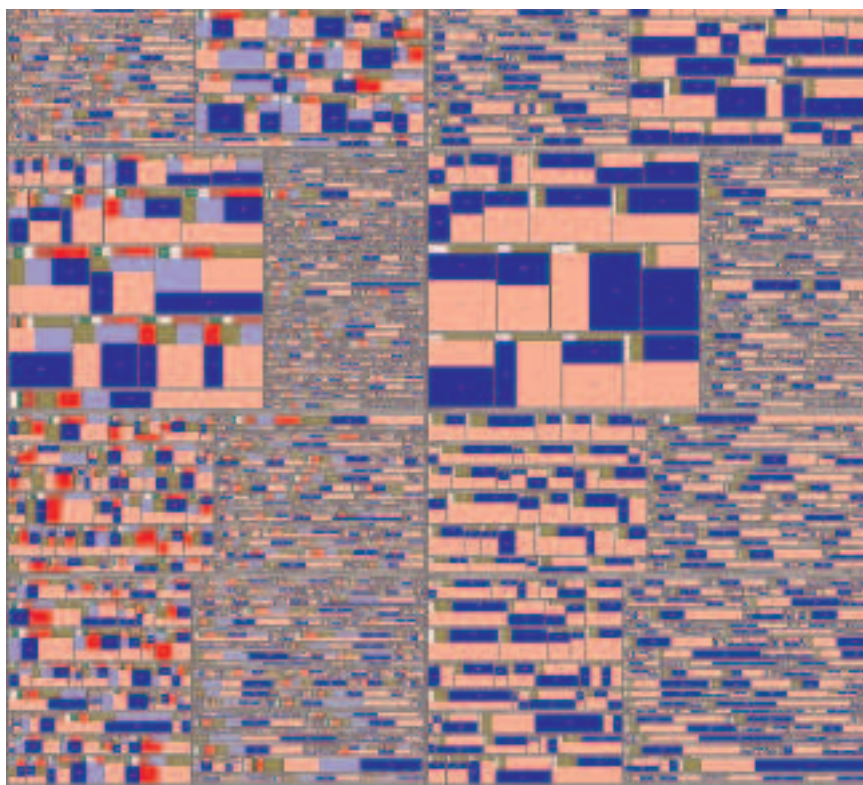
**FIGURE 16 – TREEMAP MONTRANT LES RECETTES DE L'ÉTAT FRANÇAIS EN 2007**





**FIGURE 17 – TREEMAP DE RÉSULTATS DES ÉLECTIONS RÉGIONALES DE 2004 EN ÎLE DE FRANCE**

Le rectangle de gauche représente le premier tour, le rectangle de droite le second tour. Chacun de ces rectangles contient les départements (75, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95) avec les communes, qui contiennent les résultats par famille politique. La surface de ces derniers rectangles est proportionnelle au nombre de voix reçues. La couleur évoque le parti politique ou la fonction: rouge foncé pour l'extrême gauche, rouge pour les Communistes, rose pour les Socialistes, vert foncé pour Oxygène (nom de la liste génération écologie en île-de-France), bleu clair pour l'UDF, bleu pour l'UMP, kaki pour le FN, blanc pour les bulletins blancs. Les rectangles sont triés par ordre alphabétique de gauche à droite et de haut en bas.



## 4.5 Réseaux

Les réseaux sont des structures très fréquentes. Que ce soit le réseau routier ou aérien, mais aussi électrique, téléphonique ainsi que les connexions sur Internet. Depuis quelque temps, les réseaux sociaux comme Facebook ou LinkedIn sont très populaires sur Internet. Pour avoir une structure de réseau, il

suffit d'avoir des éléments et de les connecter en utilisant une ou plusieurs relations. Cette généralité fait qu'on peut créer des réseaux facilement (il suffit de regarder les personnes proches géographiquement et d'essayer de les connecter selon une relation: même tranche d'âge, ami, ennemi). Visualiser des réseaux peut se faire de deux manières générales et un grand nombre de variantes ou de méthodes hybrides pour des cas particuliers.

La manière la plus simple de dessiner un réseau est le diagramme nœud et lien, comme pour les arbres qui sont des types particuliers de réseaux. Dans un arbre, chaque nœud a un parent et un seul (sauf la racine) tandis que dans un réseau général, on n'a pas cette contrainte. On distingue souvent deux types de réseaux, ceux qui sont orientés et ceux qui sont non orientés. Le réseau routier est orienté car les rues peuvent être à sens unique. Le réseau électrique n'est pas orienté: si un fil relie deux maisons, le courant passera dans un sens comme dans l'autre. Le site Visual Complexity<sup>8</sup> recense un grand nombre de dessins de réseaux qui sont très beaux ou spectaculaires.

La figure 18 montre un réseau non orienté composé de chercheurs représentés par des cercles et reliés par des traits lorsqu'ils ont cosigné au moins une publication. Plus ils ont écrit ensemble, plus le trait est épais. Plus chaque chercheur a publié, plus son cercle est gros. Plus il est cité par d'autres publications, plus son cercle est foncé. Ce diagramme nous montre d'un seul coup d'œil les personnes les plus prolifiques (les plus gros cercles), les plus référencées, les plus centrales (celles qui ont le plus de connexions ou qui semblent au milieu de leurs groupes), les groupes déconnectés et bien d'autres choses encore.

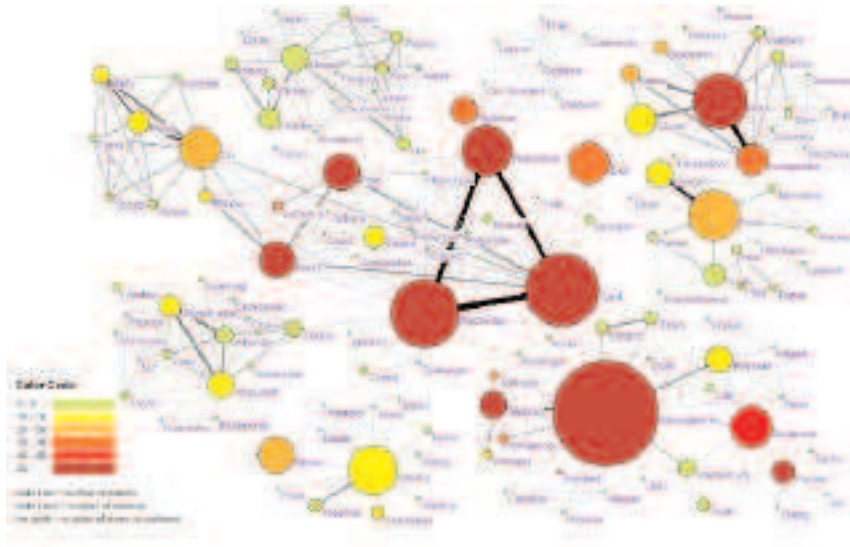
Cependant, ce dessin ne représente pas exactement les données brutes. Pour réaliser cette visualisation, Katy Börner et ses étudiants ont analysé les données et filtré plusieurs personnes pour rendre le réseau lisible. Ensuite, ils ont utilisé un algorithme pour calculer les positions des nœuds et les ont retouchés à la main. Ainsi, ce graphique est une visualisation retouchée, une interprétation humaine de données.

Le dessin de réseau a beaucoup évolué ces dernières années, en particulier depuis que l'informatique graphique permet de dessiner rapidement des données complexes. Il est maintenant possible d'afficher des réseaux de plusieurs milliers, voire centaines de milliers de nœuds et de les explorer rapidement. Cependant, cela reste du domaine des spécialistes car, pour être compris, les réseaux denses nécessitent beaucoup d'interaction et d'expérience.

<sup>8</sup> [www.visualcomplexity.com](http://www.visualcomplexity.com)

**FIGURE 18 – RÉSEAU DE COLLABORATION ENTRE CHERCHEURS  
DANS LE DOMAINE DE LA VISUALISATION D'INFORMATION**

<http://iv.slis.indiana.edu/ref/iv04contest>



**FIGURE 19 – RÉSEAU DE COOCCURRENCE DE NOMS DANS  
LES PARAGRAPHES DU NOUVEAU TESTAMENT DISPONIBLE SUR MANY-EYES**



Des réseaux de taille plus raisonnable (quelques centaines de nœuds) peuvent être visualisés efficacement à l'aide de logiciels très simple à utiliser, même en ligne. Le site Many-Eyes<sup>9</sup> permet de créer et visualiser des réseaux comme celui de la figure 19.

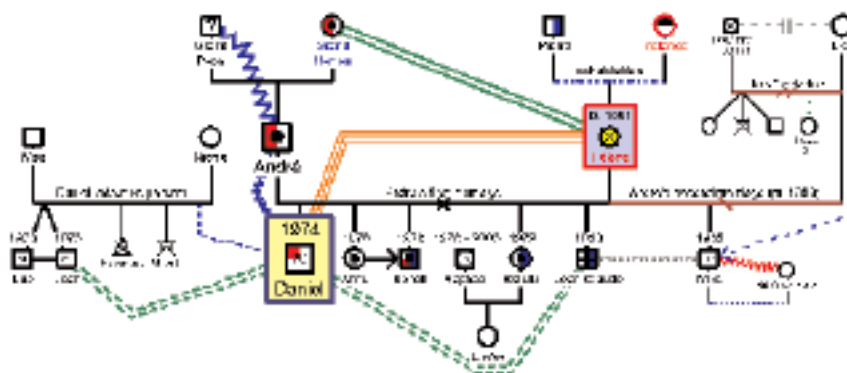
Les réseaux peuvent aussi être orientés: on utilise alors une flèche pour indiquer la direction des liens. Un arbre généalogique est un réseau orienté particulier qui est dessiné avec la convention que les générations sont alignées. Il existe plusieurs logiciels pour éditer les généalogies et qui fournissent une représentation visuelle pour les petites généalogies. Par exemple, la figure 20 montre une généalogie traditionnelle sur laquelle des relations plus complexes ont été ajoutées (amour, haine).

Ces représentations permettent non seulement de comprendre les relations entre personnes mais elles illustrent aussi très bien des documents plus compliqués comme les romans (où les relations entre personnes sont souvent complexes) ou les mythes.

Un problème essentiel de la représentation sous forme de nœuds et liens est que ces diagrammes deviennent illisibles lorsque la densité du réseau augmente. La figure 18 est une simplification des données pour des raisons de lisibilité. Si toutes les personnes avaient été affichées, les liens seraient devenus trop denses et illisibles. Pour pallier ce problème, une autre représentation est utilisable: les matrices d'adjacence. La figure 21 montre le réseau des lignes aériennes du nord-ouest des États-Unis. Dans la représentation nœuds et liens, il est difficile de répondre à certaines questions rapidement. Par

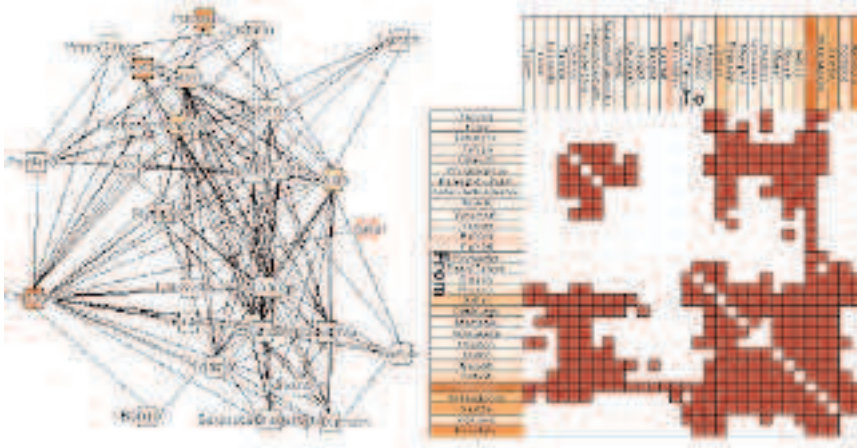
**FIGURE 20 – REPRÉSENTATION D'UNE GÉNÉALOGIE SOUS FORME DE « GÉNOGRAMME » PROPOSÉE PAR GENOPRO**

[www.genopro.com](http://www.genopro.com)

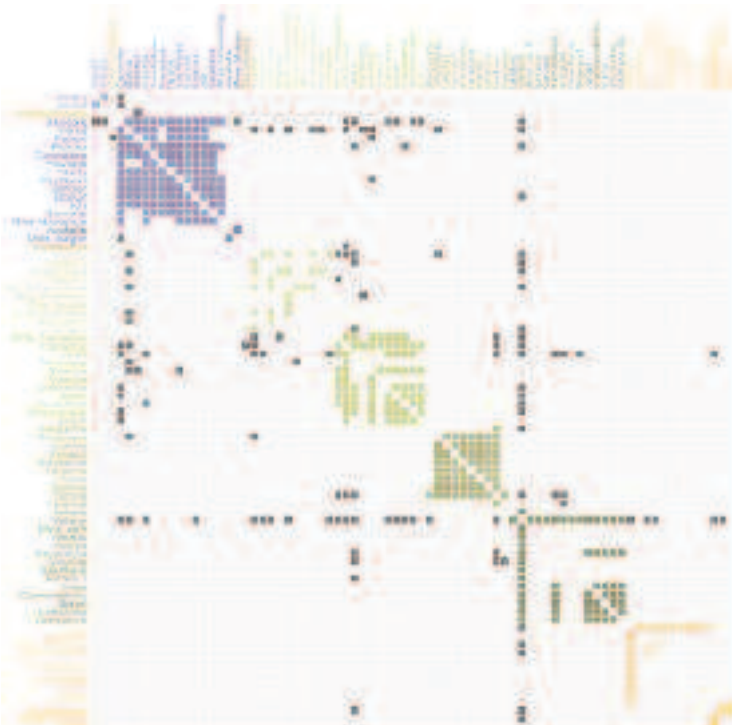


9 [www.many-eyes.com](http://www.many-eyes.com)

**FIGURE 21 – RÉSEAU AÉRIEN DU NORD-OUEST DES ÉTATS-UNIS  
SOUS FORME DE NŒUDS ET LIENS À GAUCHE ET MATRICE D'ADJACENCE  
À DROITE**



**FIGURE 22 – COOCCURRENCE DE PERSONNAGES DANS *LES MISÉRABLES*  
Des groupes correspondant à des personnages souvent cités ensemble sont colorés.**





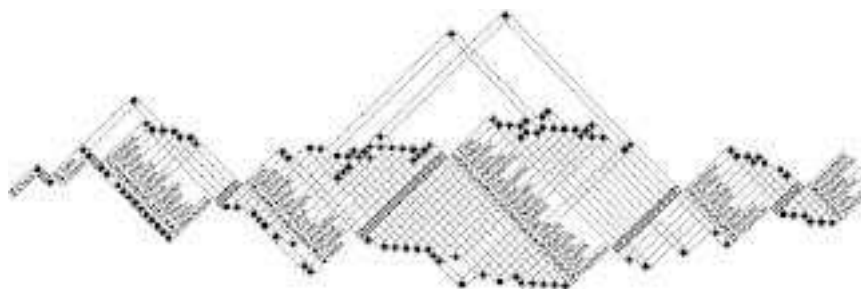
exemple: quelles sont les destinations accessibles depuis la ville Capital (au milieu à droite). Dans la représentation matricielle, les villes sont mises en lignes et en colonnes; lorsqu'une connexion existe, la cellule à l'intersection de la ligne et de la colonne est colorée. Dans ce réseau, les routes sont symétriques, donc la matrice est aussi symétrique par rapport à sa diagonale. Il est très facile de voir que Capital n'est connectée qu'à Chicago. On voit aussi immédiatement que Chicago est connectée partout.

Comme pour la visualisation de données multidimensionnelles, les matrices d'adjacence doivent être correctement ordonnées pour montrer des informations de haut niveau. Comparées à la représentation nœud et liens, elles sont bien plus lisibles lorsque le réseau est dense mais elles demandent un certain temps d'apprentissage. La figure 22 montre un résumé des cooccurrences des personnages dans *Les Misérables* de Victor Hugo (deux personnages sont connectés quand ils apparaissent dans le même paragraphe). Cette visualisation résume les relations entre personnages: Jean Valjean est celui qui est le plus connecté.

La visualisation de réseaux est un domaine qui évolue très rapidement. De nombreuses représentations hybrides (croisement des nœuds et liens et des matrices) sont apparues récemment et des interactions nouvelles permettant d'explorer plus rapidement et plus efficacement ont aussi été décrites dans des publications très récentes. Elles vont être rapidement disponibles au grand public. Par exemple, des arbres généalogiques peuvent être très efficacement représentés avec la représentation de la figure 23.

Chaque colonne est une génération composée de personnes. Les « F » représentent des familles nucléaires. Au-dessus de ces F, on peut retrouver les parents et en dessous les enfants. À droite des personnes, on peut voir leurs mariages: un point à l'intersection de la ligne de la personne et de la colonne de la famille. À gauche des personnes, on peut voir la famille: un point à l'intersection de la ligne et de la colonne indique la famille parentale. Tous les points dans la même colonne sous le F représentent la fratrie.

**FIGURE 23 – GÉNÉALOGIE DES DIEUX GRECS UTILISANT LA REPRÉSENTATION HYBRIDE GENEQUILTS**



## 4.6 Texte

Jusqu'à présent, les visualisations décrites permettaient de comprendre des données essentiellement numériques ou qualitatives. Le texte est un type de données beaucoup plus compliqué et qui est disponible à profusion. La visualisation de texte est donc destinée à produire des vues d'ensemble et des résumés de données textuelles.

Par exemple, lorsqu'on reçoit un long livre avec plusieurs chapitres comme celui que vous lisez en ce moment, une question fréquente est: de quoi va parler le prochain chapitre? La visualisation Wordle<sup>10</sup> de la figure 24 permet de répondre à la question immédiatement et, en plus, elle est esthétiquement plaisante.

**FIGURE 24 – NUAGE DE MOTS CRÉÉ PAR WORDLE À PARTIR DE CE CHAPITRE**



Pour comprendre des documents textuels, une seule visualisation ne suffit pas. La stratégie généralement suivie par les systèmes de visualisation textuelle consiste à montrer plusieurs facettes du texte. Par exemple, une ligne de temps comme celle de la figure 5 peut montrer les concepts principaux qui sont abordés tout au long du texte afin de permettre son exploration de manière plus aisée. C'est une sorte de table des matières étendue. Le système Jigsaw [14] (figure 25) permet d'explorer plusieurs documents textuels à l'aide de cinq visualisations combinées:

- les documents textuels;
- trois listes liées montrant les personnes, les lieux et les organisations reconnus dans les documents (à l'aide de logiciels de reconnaissance d'entités nommées);
- le réseau de cooccurrences des entités nommées et documents;

10 [www.wordle.net](http://www.wordle.net)

- le semis;
- le calendrier où les documents et entités peuvent être affichés.

### FIGURE 25 – LES QUATRE VISUALISATIONS UTILISÉES PAR JIGSAW

Les listes (derrière), le réseau de cooccurrences (devant), le semis (à droite) et le calendrier (à gauche)



Jigsaw aide à prendre connaissance de grandes quantités de documents (plusieurs centaines). Par exemple, pour suivre l'activité de plusieurs personnes citées dans les informations (des chefs d'entreprise ou des investisseurs sulfureux), il faut récupérer les articles les concernant. Ensuite, Jigsaw leur applique des analyses textuelles en extrayant les noms propres, les noms de lieux (géographiques) et les noms d'organisations et les dates. Ces analyses sont relativement fiables en anglais contemporain.

À partir de ces informations, Jigsaw peut présenter les données sous les multiples formes visuelles qui sont alors coordonnées: sélectionner une personne sur une vue la sélectionne aussi sur les autres.

Par exemple, dans la liste, on peut ordonner les personnes par date de dernière apparition (les plus récents en haut). On voit alors les lieux associés à ces personnes (apparaissant dans le même paragraphe) qui montent aussi, ainsi que les organisations liées. Il est ainsi possible de constater qui a été actif récemment, quels lieux et organisations sont impliqués etc. On peut sélectionner quelques personnes et organisations et faire alors apparaître la vue réseau qui montre globalement les relations. En suivant ces manipulations, il est possible de comprendre globalement les activités des personnes et de voir les détails en lisant les documents ou parties de documents liés à des activités spécifiques.



Avec Jigsaw, il est possible de faire une synthèse sur beaucoup de documents en un temps raisonnable de quelques heures alors qu'il aurait fallu des semaines pour lire et prendre note de tous les documents. La visualisation a aidé à l'exploration et à l'analyse.

Les interactions proposées par Jigsaw sont simples mais se combinent facilement et sont pratiquement identiques dans toutes les vues. Malgré cela, Jigsaw nécessite beaucoup de surface d'écran et un apprentissage.

L'enjeu de synthétiser des masses de documents textuels sans avoir à les lire est crucial aujourd'hui et la visualisation d'information peut contribuer à faciliter cette tâche efficacement.

## ◆ Conclusion

Comme nous l'avons vu dans ce chapitre, la visualisation permet de comprendre plus vite et mieux des données numériques ou textuelles en s'appuyant sur nos capacités innées et un certain apprentissage. Lorsque Jacques Bertin a enseigné ses méthodes dans les années 1970, il a noté un blocage dans les capacités de compréhension visuelle dû à l'apprentissage de la pensée symbolique. Aujourd'hui, les choses changent: les jeunes (et les moins jeunes) sont immergés dans les représentations graphiques à l'école, sur leurs jeux vidéo et sur Internet. Il n'y a plus de barrière à la compréhension visuelle des données par les plus jeunes. La visualisation d'information est donc une méthode efficace pour permettre au plus grand nombre de comprendre des quantités de données importantes.

Comme un livre nous donne une table des matières, nous avons besoin d'informations résumées et de synthèses pour comprendre rapidement des données et prendre des décisions appropriées. En enrichissant les données que nous mettons en ligne avec des visualisations adéquates, nous en facilitons l'usage. En apprenant à lire les visualisations, nous gagnons du temps et améliorons notre compréhension. De surcroît, ces représentations et interactions sont souvent ludiques et nous permettent d'acquérir avec facilité et efficacité des informations complexes.

## ◆ Références

[Bertin 67]

[Tukey 77]

James J. Gibson

[Ahlberg & Shneiderman 94]

[5] G. A. MILLER. « The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information ». *Psychological Review*, 1956, vol. 63, n° 2, p. 81-97

[6] S. K. CARD, J. D. MACKINLAY, B. SHNEIDERMAN (eds). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999

[7] Colin WARE. *Information Visualization: Perception for Design*. 2<sup>nd</sup> ed. Morgan Kaufman, 2004. 435 p.

[8] Robert SPENCE. *Information Visualization - Design for Interaction*. Prentice Hall, 2006. 304 p.

[Wattenberg 2001]

[10] N. ELMQVIST, P. DRAGICEVIC, J.-D. FEKETE. « Rolling the Dice: Multidimensional Visual Exploration using Scatterplot Matrix Navigation ». In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (Proc. InfoVis 2008), 2008, vol. 14, n° 6, p. 1141-1148

[11] A. INSELBERG. « The Plane with Parallel Coordinates ». *Visual Computer*, 1985, vol. 1, n° 4, p. 69-91

[12] C. PLAISANT, J. GROSJEAN, B.B. BEDERSON. « SpaceTree: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation ». In: *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (infovis'02)*, October 28 - 29, 2002. INFOVIS. IEEE Computer Society, Washington, DC, 57.

[13] B. JOHNSON, B. SHNEIDERMAN. « Tree-Maps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures ». In: G. M. Nielson, L. Rosenblum (eds). *Proceedings of the 2nd Conference on Visualization '91*, San Diego, California, October 22 - 25, 1991. IEEE Visualization. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. P. 284-291

[14] J. STASKO, C. GÖRG, Z. LIU. « Jigsaw: supporting investigative analysis through interactive visualization ». *Information Visualization*, 2008, vol. 7, n° 2, p. 118-132

XXXXXX XXXXXXXX XXXXX