HAL
open science

État des lieux des représentations dynamiques des temporalités des territoires

Lahouari Kaddouri, Jean-Yves Blaise, Paule-Annick Davoine, Hélène Mathian, Cécile Saint-Marc

To cite this version:

Lahouari Kaddouri, Jean-Yves Blaise, Paule-Annick Davoine, Hélène Mathian, Cécile Saint-Marc. État des lieux des représentations dynamiques des temporalités des territoires. [Rapport de recherche] UMR 7300 ESPACE; UMR 3495 MAP - GAMSAU; Laboratoire d'Informatique de Grenoble. 2014, pp.167. hal-01383450

HAL Id: hal-01383450

https://inria.hal.science/hal-01383450v1

Submitted on 18 Oct 2016

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.

État des lieux
des
REPRÉSENTATIONS DYNAMIQUES DES TEMPORALITÉS DES TERRITOIRES

Rapport Final
Juin 2014

Lahouari KADDOURI
Maître de Conférences
UMR 7300 Espace
Université d'Avignon
lahouari.kaddouri@univ-avignon.fr

Jean-Yves BLAISE
Chargé de Recherches - CNRS
UMR 3495 MAP – GAMSAU, Marseille
jean-yves.blaise@map.archi.fr

Paule-Annick DAVOINE
Maître de Conférences Grenoble-INP
LIG – STEAMER, Grenoble
paule-annick.davoine@imag.fr

Hélène MATHIAN
Ingénieure de Recherche – CNRS
UMR 5600 Environnement Ville Société, Lyon
Helene.**mathian@ens-lyon.fr**

Cécile SAINT-MARC
Ingénieur d'Etudes
LIG – STEAMER, Grenoble
Cecile.Saint-Marc@imag.fr

Site de l'étude: http://www.map.archi.fr/jyb/puca/

ESPACE

cnrs

UNIVERSITÉ D'AVIGNON
UNIVERSITÉ D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE

PUCA
plan urbanisme construction architecture

Avant propos

Ce rapport présente les résultats de l'action « Représentations dynamiques des temporalités des territoires » engagée en 2012 par le PUCA, dans le cadre de son programme « Temporalités durables » dirigé par Pierre Bernard et Patrice Aubertel.

Ce programme a été initié en tant que piste de travail par le Conseil scientifique du PUCA. Son objectif est de dresser un état des lieux sur les questions traitées et la diversité des pratiques en ce qui concerne les représentations dynamiques afin d'identifier les questions qui restent posées par la recherche, et donc, qui mériteraient une exploration.

Durant une année, notre équipe, composée de 5 enseignant-chercheur-e-s, chercheur, et ingénieure s'est attelé à réaliser cet état des lieux.

Conformément aux attentes du PUCA et au cahier des charges que nous nous sommes fixés, ce **rapport** inclut à la fois des aspects historiques et une analyse de la production contemporaine sur les représentations des temporalités territoriales. On trouvera en annexe une **fiche d'analyse synthétique** de chacune des applications de notre corpus international de la production prises en compte dans l'analyse (**Annexe 1**).

Pour faciliter la recherche du lecteur, nous avons élaboré **une bibliographie** par catégories thématiques (les ouvrages collectifs et/ou généralistes, répertoires et ressources en ligne, …) et par ordre alphabétique, qui comprend des liens de sites Internet des équipes de recherche investies dans la thématique, ceux des logiciels commerciaux, fournisseurs de services et d'applications téléchargeables, et ceux d'un ensemble d'applications cartographiques (**Annexe 2**).

Pour aller plus loin, nous proposons une **bibliographie structurée** selon 13 catégories décrivant les dimensions spatiales, temporelles et spatio-temporelles utilisées dans notre analyse de la production. Par exemple, on trouvera l'ensemble des références bibliographiques et des démonstrations en ligne portant sur les « transformations subies par un espace donné, qui en modifient la forme » dans la catégorie *Transformations* ; ou celles portant sur « le suivi des mouvements individuels à l'intérieur d'un espace donné » dans la catégorie *Mouvement* ; ou encore une distribution de celles portant sur quelques heures ou quelques jours, la granularité de la seconde à la journée ou l'échelle ou portée habituelle inférieure à 2 semaines dans la catégorie *Temps Immédiat*. Cette bibliographie est disponible sur le site dédié à cette étude **http://www.map.archi.fr/jyb/puca/**.

Un séminaire, organisé afin de diffuser les premiers résultats de notre analyse et de faire intervenir des spécialistes de la thématique, a été organisé le 5 février 2014 dans les locaux du PUCA au Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Energie. Nous présentons ce **séminaire** en **Annexe 3** et renvoyons le lecteur vers le **site dédié** à notre étude pour visionner l'ensemble des diaporamas des experts intervenants.

Enfin, l'**Annexe 4** présente le fonctionnement d'un outil d'exploration du corpus de sites analysés disponible sur le site internet de l'étude (**http://www.map.archi.fr/jyb/puca/)**. Un environnement de requête a été développé dans une perspective *infoviz* avec des visualisations dynamiques des analyses de la production, complémentaires à celles contenues dans ce rapport .

Enfin, je dédie l'ensemble de ce travail à Pierre Bernard initiateur de ce programme au PUCA, qui nous a quitté au cours de l'étude.

L. Kaddouri

Table des matières

Avant propos *3*

Introduction *7*

1 Le contexte : une formalisation spatio-temporelle à l'épreuve d'une révolution technologique *9*

1.1-Information géographique et cartographie : une révolution technologique **9**

1.2 Formaliser et représenter le changement et les temporalités : une question ancienne **10**

2- Les représentations du temps : legs méthodologiques *13*

2.1-Aperçu historique des représentations des temporalités **13**

2.2 Représentations spatio-temporelles : legs méthodologiques **18**

2.2.1 Le temps dans le phénomène à représenter : Le cas du mouvement 18

2.2.2 Le temps est extérieur à la représentation : la cas du changement 19

2.2.3 Le temps dans la sémiologie graphique : une réflexion ancienne 21

2.3 Interactions et apports des autres disciplines **25**

3-La visualisation dynamique des temporalités *28*

3.1- L'animation pour représenter le temps en cartographie **28**

3.2- Animation vs Small maps **29**

3.3- Sémiologie dynamique pour représenter le temps **31**

3.4. De l'animation des cartes à la géovisualisation **32**

3.5- Les outils de la géovisualisation **33**

3.5.1 L'interactivité : 34

3.5.2 Le multimédia *:* 34

3.5.3 Le multifenêtrage et la synchronisation *:* 35

3.5.4. L'animation : 36

3.5.5. Des outils de géovisualisation à la diversité des usages 38

4. Analyse de la diversité des productions *41*

4.1. Positionnement du corpus **41**

4.2 Méthodologie d'analyse **44**

4.2.1 Niveau de la conception : les dynamiques ciblées et les services rendus par la visualisation 44

4.2.2 niveau applicatif : processus, modes de représentation et d'exploration 47

4.2.3 Niveau factuel : grilles détaillées comparatives 50

4.3. Analyse de la diversité **53**

5. Réflexions sur les enseignements et perspectives *60*

5.1 Le paramètre temps, un grand absent **60**

5.2 Des données massives, mais quelle qualité de données ? **61**

5.3. Modalité de représentation : un enjeu interdisciplinaire **61**

5.4. Intégrer la troisième dimension : des enjeux à explorer **62**

5.5. « Geovisualanalytics » : un nouveau paradigme transdisciplinaire ? **62**

5.6 Une meilleure diffusion scientifique de l'innovation **63**

6. Bibliographie *64*

Tables des figures *68*

Table des tableaux *70*

Annexe 1. Fiches détaillées descriptives des applications …..……..…..... 71

Annexe 2. Bibliographie structurée ……..……..... 123

Annexe 3. Séminaire (Programme et résumés) ……..……..…..... 151

Annexe 4. Trois outils d'analyse comparative visuelle du recueil de cas 157

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, un certain nombre d'avancées technologiques (développement du web et développement des moyens d'acquisition) ont constitué le socle de changements d'usages de l'information en général : ces changements touchent tant les moyens d'acquisition, la diffusion des données, que la production d'environnements donnant à voir ces données, allant jusqu'à permettre la participation des utilisateurs à leur acquisition ou leur observation. Dans le domaine de la cartographie, ces changements ont marqué une véritable révolution dans les usages à différents niveaux :

- l'innovation dans les échelles représentées (sous tendue en partie par des environnements tels que Google Earth et Google Maps) et la masse des nouvelles données et leurs temps d'acquisition (open data, données de tracking, ….)
- de nombreux développements cartographiques « dynamiques » et une démocratisation accrue de ces productions, allant de la simple carte « en ligne » permettant quelques interactions à l'utilisateur, à de véritables outils d'exploration se rapprochant des domaines du type *Visual Analytics*.

Ces changements ont tout d'abord profondément marqué le rapport auteur/utilisateur du message envoyé. On est passé d'une production spécialisée d'un auteur vers de multiples utilisateurs, à une production multiple, pouvant provenir des utilisateurs eux-mêmes. La carte est devenue interactive, multimédia, animée, dynamique. Elle est passée d'un support papier à un support électronique, et a été intégrée dans des applications informatiques de plus en plus complexes. L'utilisateur interagit avec elle dans un environnement où il peut définir lui-même ses priorités, ses objectifs. En quelques sortes, la conception de la carte et ses usages s'est ainsi démocratisée. Cette évolution a en particulier touché la représentation des temporalités : par les possibilités qu'elle offre pour « dérouler le temps », l'animation et l'interactivité ont permis un essor exceptionnel de ces représentations.

Il nous parait essentiel de repositionner la représentation cartographique des temporalités au sein d'un processus de production de ces représentations. En effet comme l'illustre la Figure 1, la représentation du phénomène passe par un certain nombre d'étapes, confrontant la modélisation (données, processus) à des environnements technologiques (bases de données, environnement de cartographie interactive). A ces différentes étapes sont associés des enjeux qui concernent trois domaines :

- celui de l'information géographique, son acquisition et la modélisation des données,
- celui de la modélisation des processus,
- celui de la cartographie et de la sémiologie graphique.

Certaines articulation de cet enchainement sont soumises à des contraintes techniques (poids Tk sur le graphique) et il nous parait important aussi de dissocier ce qui relève de développements méthodologiques et ce qui relève des aspects techniques.

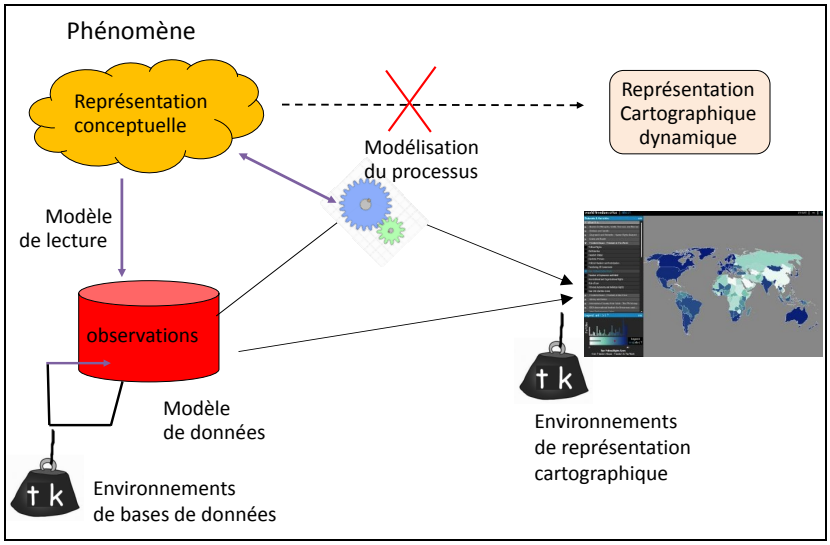


Figure 1. Du phénomène à sa représentation : un enchainement d'étapes confrontant modèles et environnements technologiques

Ainsi ce rapport se positionne très clairement dans le cadre de ce schéma de réflexion où la donnée est au cœur du dispositif. Nous ne revenons pas ici sur les aspects épistémologiques qui peuvent être associées aux questions de représentation des territoires ainsi qu'à leur dynamique. Ce domaine relève à notre sens d'une réflexion en amont de la notre, qui pourrait venir enrichir les types de représentations cartographiques. Nous ne l'avons pas traité dans cette étude.

La suite du rapport sera donc centrée sur les représentations cartographiques dynamiques des temporalités des territoires. La première partie situe le contexte de recherche sur ces questions. Dans la deuxième partie nous présentons le paysage des legs méthodologiques, dont nous analyserons plus spécifiquement deux cas emblématiques. La troisième partie sera consacrée aux questions et solutions que la représentation des temporalités pose à la cartographie et la sémiologie graphique. Nous n'aborderons pas spécifiquement dans ce rapport les enjeux associés à la modélisation des processus, qui sont un domaine en soi, et n'apportent pas de plus-value à l'éclairage que nous proposons ici. Seule la question centrale de la modélisation du temps sera abordée car elle est directement liée à celle de sa représentation. Dans la quatrième partie nous présentons une analyse de la diversité des productions actuelles, qui s'appuie sur une grille de lecture fondée sur les catégories présentées dans la partie précédente.

1. Le contexte : une formalisation spatio-temporelle à l'épreuve d'une révolution technologique

1.1. Information géographique et cartographie : une révolution technologique

Qu'il s'agisse de phénomènes sociaux ou environnementaux, les années 1980 ont vu émerger une culture de la donnée en général, et géographique en particulier, qui s'est installée avec une culture de la « mise à jour » dans les années 1990, puis a été complétée au cours des années 2000 par une culture du « suivi ». Par ailleurs, on assiste aujourd'hui au développement de la production de données collaboratives et citoyennes contribuant à la massification des données. Cette culture de la donnée a touché l'ensemble des domaines utilisant l'information géographique, qui a connu un bouleversement considérable tant dans sa production, que dans ses caractéristiques et ses usages.

Le développement des systèmes d'observation, la performance des systèmes d'acquisition et l'accumulation des données au cours du temps permet de disposer d'une masse d'information géographique. Les dispositifs de localisation (GPS, téléphonie mobile) et le Géoweb constituent des outils de production d'information géographique à part entière. Avec le développement d'applications cartographiques collaboratives, telles que Open Street Map, WikiMapia... les citoyens deviennent producteurs de données géolocalisées. Ces données issues de la *Volunteered geographic information (VGI) et du crowdsourcing* tentent à devenir des données de référence (Goodchild, 2011) .

L'information géographique est au cœur de notre société et de notre système économique. « On est passé de l'ère de la localisation de l'information à l'ère de l'information localisée. La maîtrise et la régulation de l'information géographique sont devenues un enjeu économique, politique et social de premier plan, où se confrontent et s'associent multinationales de l'Internet, fournisseurs d'accès, opérateurs téléphoniques, Etats... que les citoyens ne doivent pas ignorer » (Joliveau T., le Monde, 8 mai 2013). Ce contexte qui se caractérise par une accumulation des données géographiques, géolocalisées ou territoriales au cours du temps nous offrent de nouvelles opportunités en termes d'analyse des dynamiques spatiales ou territoriales. De plus en plus d'études portent sur l'analyse des mobilités des individus, sur l'évolution et sur l'expansion des villes, sur l'évolution des indicateurs socio-économiques ou environnementaux, sur les modifications des paysages ou des modalités d'occupation du sol, sur les dynamiques spatiales des phénomènes environnementaux (pollution, climat, végétation .....). Le temps devient une dimension intrinsèque de l'information, notamment avec les données en temps réel. Parallèlement, d'autres domaines, (histoire, archéologie, littérature, environnement,…) tentent de reconstruire la dimension géographique de l'information sur la base de documents anciens issus d'archives. Il s'agit d'associer la composante géographique à des jeux de données historiques (annuaires, recensement d'évènements ...) via des outils de géocadage (*gazeetters*), ou des méthodes de géoréférencement (cartes anciennes) ou d'extraction de contenus géographiques ou cartographiques.

Si pendant longtemps le temps a été le parent pauvre de la cartographie, aujourd'hui, compte tenu du volume et de la diversité des données disponibles, on est tenté de vouloir cartographier dynamiquement des évolutions, des changements, des mouvements, de mettre en relation les données afin d'en déduire les dynamiques des structures et des relations spatiales, ou tout simplement de donner à voir des objets ou des phénomènes spatio-temporels, des individus en mouvement. Or compte tenu de la variété des sources,

des modalités et des objectifs de production, l'information est devenue aujourd'hui multidimensionnelle et hétérogène, complexifiant sa représentation cartographique. Certes, l'évolution des technologies de l'information et de la communication a offert de nouvelles façons de publier et de représenter l'information géographique multidimensionnelle et depuis une vingtaine d'année, la cartographie a connu un renouveau. La carte est devenue essentiellement numérique, intégrée dans un environnement informatique plus ou moins complexe et performant. Elle est devenue un outil de communication privilégié et s'est largement démocratisée. L'introduction des techniques de l'interactivité et du multimédia a élargi les possibilités d'expressions cartographiques, facilitant la prise en compte de la dimension temporelle (date, durée, cycle ...), la diversité des échelles d'observation que ce soit sur le plan géographique (locale, globale, intermédiaire), temporel (période annuelle, mensuelle, journalière... et fréquence d'observation) ou dans la diversité des formats et des types de données (données structurées ou peu structurées).

Toutes ces évolutions ont aussi modifié les rapports entre l'auteur de la carte (celui qui émet l'information) et l'utilisateur (celui qui la reçoit) . En effet, la carte est reconnue comme un canal de communication par lequel son auteur transmet un message à un lecteur (Cauvin, 2008). Le processus d'élaboration des cartes statiques inscrit le lecteur (récepteur) dans un rôle passif, recevant une carte prête à l'emploi, alors que les environnements informatiques de cartographie tentent d'offrir au lecteur la possibilité d'interagir directement avec ce canal, le situant dans une boucle de rétroaction entre l'utilisateur et la carte. Selon la complexité des possibilités d'interactions, l'utilisateur peut être « récepteur (lecteur), émetteur (ajout de nouvelles information sur la carte), émetteur-recepteur (modification des traitements cartographiques) » (Antoni & al 2004). Notons toutefois que si ces nouveaux environnements ont contribué à démocratiser l'accès aux productions cartographiques et à leurs utilisations, augmentant le pouvoir des cartes, elles sont aussi le plus souvent le produit intuitif de spécialistes des NTIC plus que des cartographes (Kraak , 2006) (Cauvin & al., 2008) (Andrienko & al. 2008). Ils laissent parfois un degré de liberté particulièrement important dans le processus de construction cartographique, ce qui nécessite alors un code de lecture (Antoni & al, 2004).

Aujourd'hui, les géomaticiens s'investissent bien sûr dans ce nouveau champ et produisent des environnements ou des développements innovants en termes de représentations cartographiques. On a vu ainsi se développer des interfaces pour des représentations cartographiques permettant à l'utilisateur de zoomer, de se déplacer sur la carte, de décomposer l'information, d'animer … puis par le couplage de ces interfaces avec des bases de données, ces cartes « actives » sont devenues « dynamiques » et ont permis aux utilisateurs de formuler leurs propres interrogations sur le territoire avec des accès directs à la base de données mise à jour. En France comme ailleurs, les spécialistes de la cartographie travaillent simultanément à développer des cadres conceptuels et à analyser cette production (Kraak, 2006) (Sillere, Robert 2007) (Kaddouri, 2008) (Cunty, Mathian, & al 2011) (Caron &al. 2005). Cette tendance s'est accrue ces dernières années et elle renvoie à des développements méthodologiques en particulier sur la formalisation des données. Les géomaticiens entretiennent cette réflexion depuis une vingtaine d'années.

1.2. Formaliser et représenter le changement et les temporalités : une question ancienne

La représentation des dynamiques spatiales contribue à leur analyse, en ce qu'elle permet d'étudier dans le temps, les transformations, modifications et évolutions des organisations

spatiales produites. Les dynamiques peuvent être des processus d'évolution ; des processus de diffusion ; des mouvements et déplacements, qui s'observent sur un temps long (plusieurs années ou période historique), ou sur un temps court (à l'échelle de la journée, du mois). Il est donc difficile de parler de temporalités des territoires sans parler d'échelle, de granularité. Chaque discipline a ses propres échelles de temps et d'espace et analyse les processus spatiaux et territoriaux au regard de ces échelles, qui définissent la granularité et les objectifs.

Par ailleurs, relativement aux étapes décrites dans la Figure 1 (modélisation des données, modélisation des processus, représentation) chaque discipline a ses propres spécificités. Ainsi les archéologues et historiens s'intéressent généralement à des dynamiques qui se situent sur la longue durée, et leur objectif consiste à « reconstruire » les dynamiques passées sur la base de données lacunaires et hétérogènes. A l'inverse, le temps des urbanistes et aménageurs est très contemporain et l'objectif est d'observer des tendances pour « construire » un futur (Lepetit, Pumain, 1993). On retrouve la même diversité d'approches, du point de vue des échelles géographiques mobilisées, selon le domaine, allant de l'échelle du bâtiment ou de la parcelle, à des échelles relatives aux espaces de mobilités de proximité ou de mobilité quotidienne, ou encore d'un bassin versant de rivière ou de fleuves, des systèmes régionaux… Ainsi le passé des uns se situe dans le présent des autres, le niveau géographique « méso » des uns correspond au niveau « micro » des autres. Par ailleurs les dynamiques observées résultent généralement d'une combinaison de processus aux rythmes et durées différents.

Représenter des dynamiques nécessite une phase de formalisation. La représentation d'un phénomène tel qu'« il se déroule dans le temps » résulte de choix qui sont faits en amont pour représenter les données associées à ce phénomène (Figure 1). Cette phase inclut la définition des entités élémentaires qu'elles soient spatiales ou temporelles. Ces entités définissent les granularités auxquelles le phénomène sera analysé et les temporalités représentées. Ces différents aspects seront particulièrement développés dans la partie exposant notre analyse (§4).

La formalisation des processus et de ces composantes a fait l'objet de nombreux développements dans le domaine de la géomatique, particulièrement entre 1990 et 2000. Les solutions proposées s'inspirent de développements provenant de l'informatique pour raisonner sur la formalisation du temps et du changement, dans un but le plus souvent opérationnel d'enregistrement de l'information (Peuquet 1994, Worboys 1994, Cheylan & al., 1995, Claramunt & Thériault 1995, Mennis &al. 2000, Yuan 2001). L'ensemble de ces travaux conviennent que la question de la représentation de données spatio-temporelles, (représentation informatique, puis cartographique) nécessite de décomposer l'information selon trois dimensions : le temps, l'espace et la dimension thématique du phénomène lui-même. Ces travaux et formalismes ont tout d'abord porté sur la dualité de la formalisation de l'espace, soit continue (field-based), soit discrète (object-based). De même le temps est formalisé en termes de changement (change-based) ou en termes d'événements (event-based). Dés le début des années 90, Couclelis (1992) avait déjà noté cette analogie espace /temps dans la dualité des points de vues qui permettait de mettre en regard certaines composantes de l'espace et du temps : points et instants, champ continu et durée, objets spatiaux et événements. Les dynamiques sont représentées au regard de ces choix, et chacun de ces choix constitue bien un point de vue sur un phénomène spatio-temporel (par exemple une inondation peut être considérée comme un événement sans durée et localisé en un point ou comme un processus ayant une durée et une inscription spatiale qui évolue).

Il a déjà été noté que ces formalismes ont marqué les différents développements de cartographies animées (Cunty & al 2011), et que ces différentes appréhensions de l'espace et du temps (discret/continu) constituent sans doute le premier facteur de différenciation entre les développements contemporains. En particulier, on retrouve sur les outils de représentation du temps et de l'espace ces représentations continue ou discrète de l'espace et du temps. Le recours à des approches en termes d'ontologie a largement enrichi ces développements par la suite et pourraient avoir une résonnance pour les représentations cartographiques. Le principal reproche qui est fait à ces formalismes est de considérer le changement via les deux dimensions (espace et temps) prises comme deux dimensions indépendantes. Il est soutenu que la représentation des dynamiques géographiques nécessite plus que l'introduction du temps via la notion de changement. Cette vision est appelée 3D+1 (3D pour l'espace et 1 pour le temps). Pour raisonner en termes de processus, apparait le besoin de réfléchir sur la formalisation d'objets 4D, appelés par Galton « hyperobjets » (Yuan 2001, Renolen 2000, Galton 2004, Worboys 2005).

Ces derniers formalismes permettraient aussi sans doute de réconcilier géographes et historiens, ou du moins de définir des approches qui produisent des représentations « dominées par l'espace » (« space-dominant ») et celles qui sont «dominées par le temps » (« time-dominant »). Dans le premier cas les entités observées sont spatiales et on observe comment le temps les fait évoluer. Dans le second, l'approche « temps-dominant », sans doute plus proche des temporalités elles-mêmes, considère des entités temporelles et représente leur inscription spatiale. C'est le cas par exemple du formalisme proposé par Rodier et Saligny (2010) qui construit des objets historiques sur la base de composantes spatiale et thématique, mais aussi temporelle. Une approche en termes d'hyperobjet permettrait une vision unifiée des processus spatio-temporels.

En effet représenter les temporalités conduit à représenter les différentes caractéristiques de l'action du temps sur un phénomène, dans sa dimension spatiale et thématique : quantité, qualité, rythme, périodes… Cette acception est sans doute celle qui est la plus consensuelle. Elle donne lieu dans le cadre des nouveaux développements, à la formalisation d'un temps linéaire, qui est exploité comme un simple mécanisme de remplacement d'un état de l'espace par un autre. Alors même que les formalismes ont dépassé cette vue « photographique » de l'évolution, c'est sans doute notamment dans le franchissement de cette limite que les technologies et méthodologies contemporaines doivent être questionnées pour aider à explorer les temporalités d'un phénomène – vitesse, rythmes, densités, cycles, etc.

Le fait de formaliser en amont les différentes composantes des processus à analyser, permet de constituer une grille de lecture générique. Les éléments qui sont présentés ci-dessus permettent de comparer des mises en œuvre qu'il s'agisse de questions à l'échelle du globe – mesurer et comprendre l'impact du réchauffement climatique au cours du temps, par exemple – ou de questions à l'échelle d'un territoire plus restreint – évolution du trafic automobile sur une route départementale dans l'année ou année après année par exemple. Ainsi, la problématique de la représentation des temporalités doit, tout en se nourrissant de la diversité de ces approches, s'abstraire de ces différences d'échelles pour se concentrer sur les choix et les composantes qui en résultent. C'est aussi la démarche qui sera adoptée pour comparer les différents environnements de représentation de ces temporalités, en abordant ces questions de manière générique.

Tous ces formalismes se sont nourris évidemment de différentes expériences que nous proposons d'illustrer dans une deuxième partie.

2. Les représentations du temps : legs méthodologiques

Les représentations du temps et de l'espace sont anciennes. Il est intéressant d'en montrer un éclairage synthétique, d'une part pour en identifier les procédés et méthodes et d'autre part pour introduire des catégories parmi ces méthodes. Par ailleurs nous verrons que parmi ces procédés, certains ont survécu à l'épreuve du temps, et d'autres non, alors qu'ils sont d'une grande efficacité.

Ces questions de représentation du temps et des temporalités sont loin d'être neuves : si les solutions informatiques nous apportent aujourd'hui de la capacité de calcul, des interactions, de la multimodalité, du temps réel, de l'externalisation ouverte… Avant elles, bien des solutions visuelles, souvent très ingénieuses ont été développées pour raisonner conjointement sur l'espace et le temps, et parfois de façon beaucoup plus efficace et économe.

Il nous parait donc indispensable de faire ce tour rapide de legs méthodologiques afin de mettre en évidence les rapports existants ou ayant existé entre la cartographie stricto sensu – entrée souvent privilégiée pour analyser une dynamique spatiale – et le champ de la visualisation d'informations, où la formalisation de la dimension temporelle et le recours à l'abstraction apportent un contrepoint utile. Nous proposons donc de commencer par un inventaire visuel des legs, sur lesquels on pourra ensuite se baser pour réfléchir à la représentation combinée du temps et de l'espace.

Nous proposons dans un premier temps un jeu de repères chronologiques croisés, illustratif des différentes démarches, sans avoir l'ambition d'être exhaustif ni représentatif. Puis nous présenterons quelques cas emblématiques de représentations spatio-temporelles, pour introduire ensuite la manière dont cette question a été traitée dans d'autres disciplines. L'ensemble de ces legs constitue les fondements des explorations cartographiques actuelles qui seront présentées dans le §4.

2.1. Aperçu historique des représentations des temporalités

Nous proposons de décliner cet aperçu historique au regard de trois grandes familles de pratiques qui se sont penchées sur ces questions de représentation spatio-temporelle et ont donné lieu à un corpus de représentations originales et spécifiques à chacune des approches : la ***chronographie,*** la ***cartographie***, et la ***statistique***. Nous avons synthétisé dans la Figure 2 leurs propres objets d'étude, face à la décomposition classique de la question selon les trois composantes: l'espace, le temps et le phénomène.

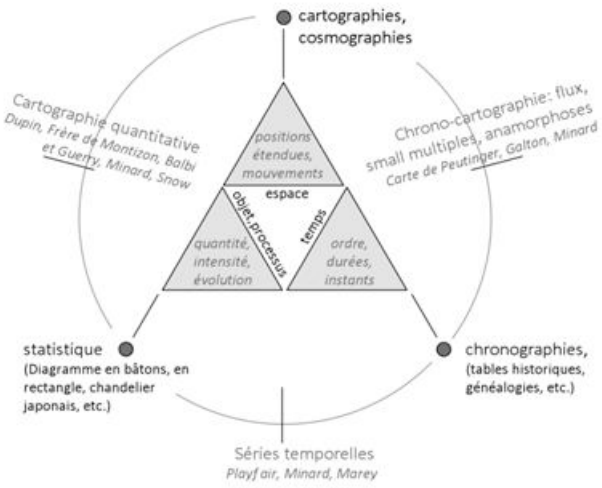


Figure 2. La représentation dynamique de temporalités : des legs méthodologiques à mobiliser

Donner un aperçu des legs méthodologiques de façon exhaustive serait évidemment hors de propos dans le cadre de ce rapport, mais il nous semble utile de mettre face à face quelques repères essentiels relevant de ces trois familles. Cette confrontation permet de mettre en évidence 3 périodes. Les Figure 3, Figure 4Figure 5 illustrent cette confrontation en mettant en vis-à-vis quelques grandes avancées en matière de ***cartographie*** (partie gauche) et quelques travaux pionniers en matière de ***représentation de données et de données orientées temps*** (partie droite). Les exemples et illustrations proposés sont extraits des travaux de M. Friendly, E.R. Tufte, J. Lefort, G. Palsky, G. Schuller, R. Spence, J.P. Saint-Aubin, D. Rosenberg et A. Grafton.

La première phase (Figure 3) illustre une expression souvent symbolique, des graphiques utilisateur-centrés (pour le voyageur, pour le croyant, pour l'administrateur, etc…) et des couches d'informations hétérogènes portées conjointement.

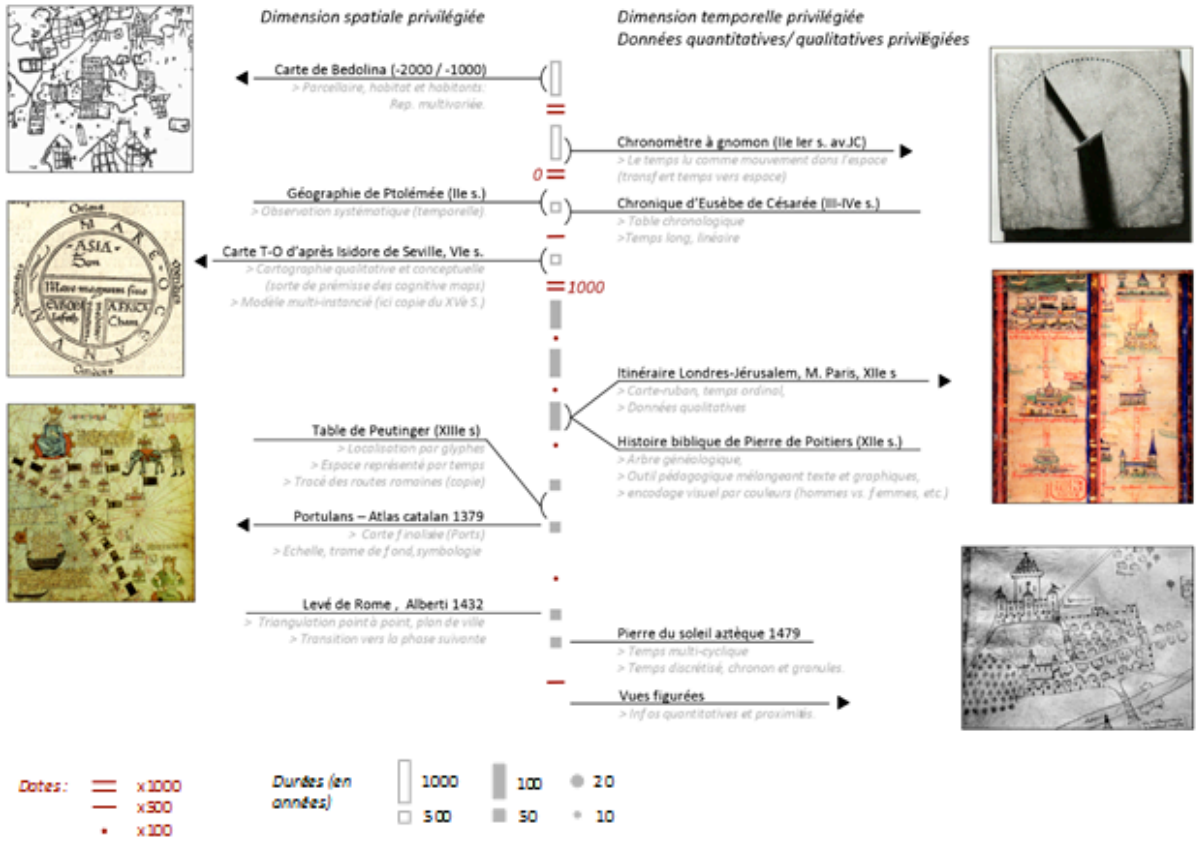


Figure 3. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps et données » (période avant 1500)

A partir de 1500 la symbolique laisse la place à la rationalité et l'exactitude (Figure 4). Les solutions visuelles entre les deux approches (cartographie et visualisation des données) tendent à diverger (tableau poléométriques par exemple) - prémisses du graphique comme outil de raisonnement. L'abstraction symbolique est remplacée par une abstraction mathématique (tableau poléométrique). La mesure affecte fortement les représentations, qu'elles soient cartographiques ou non. Et les représentations orientées temps et données sont fortement inspirées des représentations cartographiques.

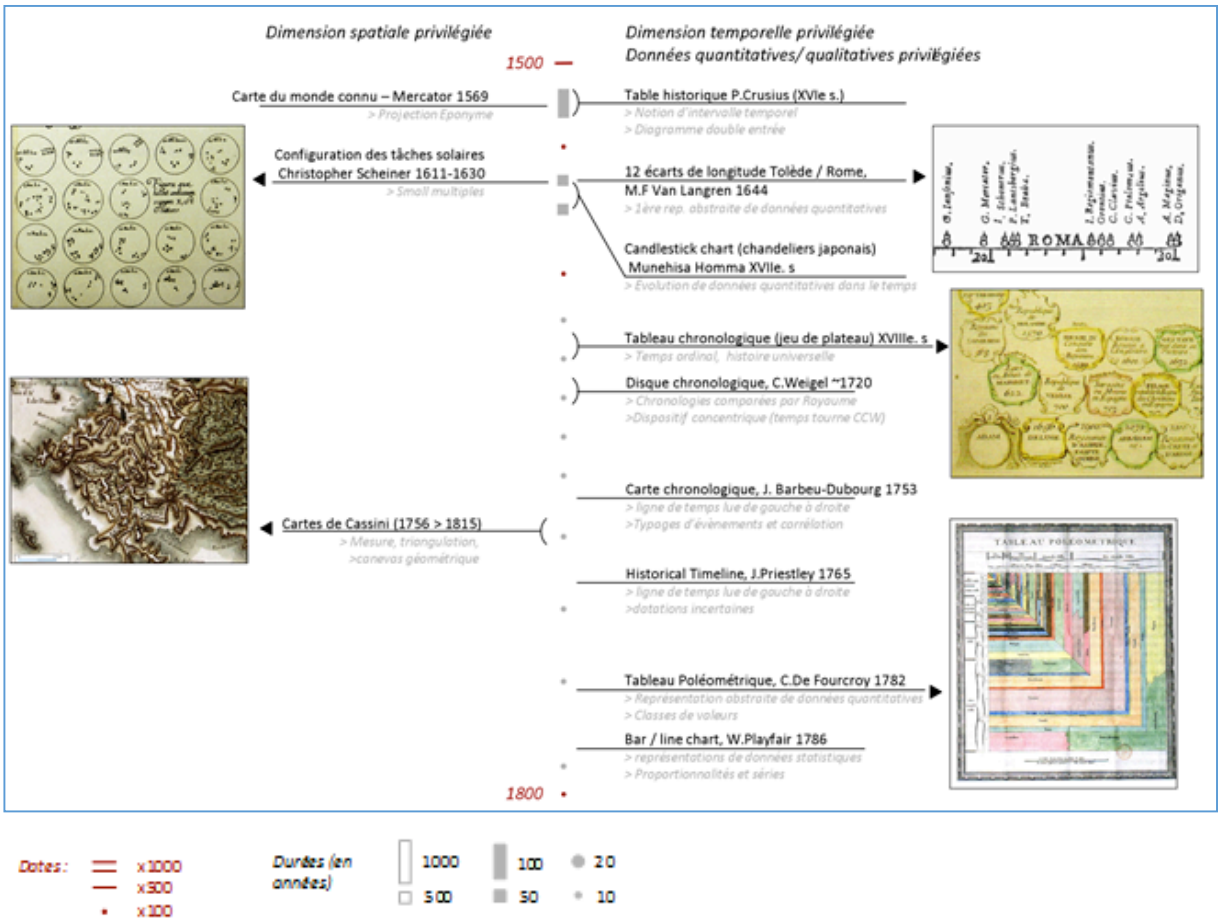


Figure 4. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps » (période 1500-1800)

La troisième période est marquée par l'apparition de solutions « spécialisées » produites par réductions finalisées (échelle catholique, horaire de train…) (Figure 5). En parallèle, les dimensions spatiales et temporelles et/ou thématiques sont combinées dans des solutions visuelles d'aide au raisonnement et à la corrélation (Minard, Marey, Galton, etc). Certaines de ces solutions restent sans égal en termes de simplicité et efficacité, nous reviendrons dessus dans les paragraphes suivants.

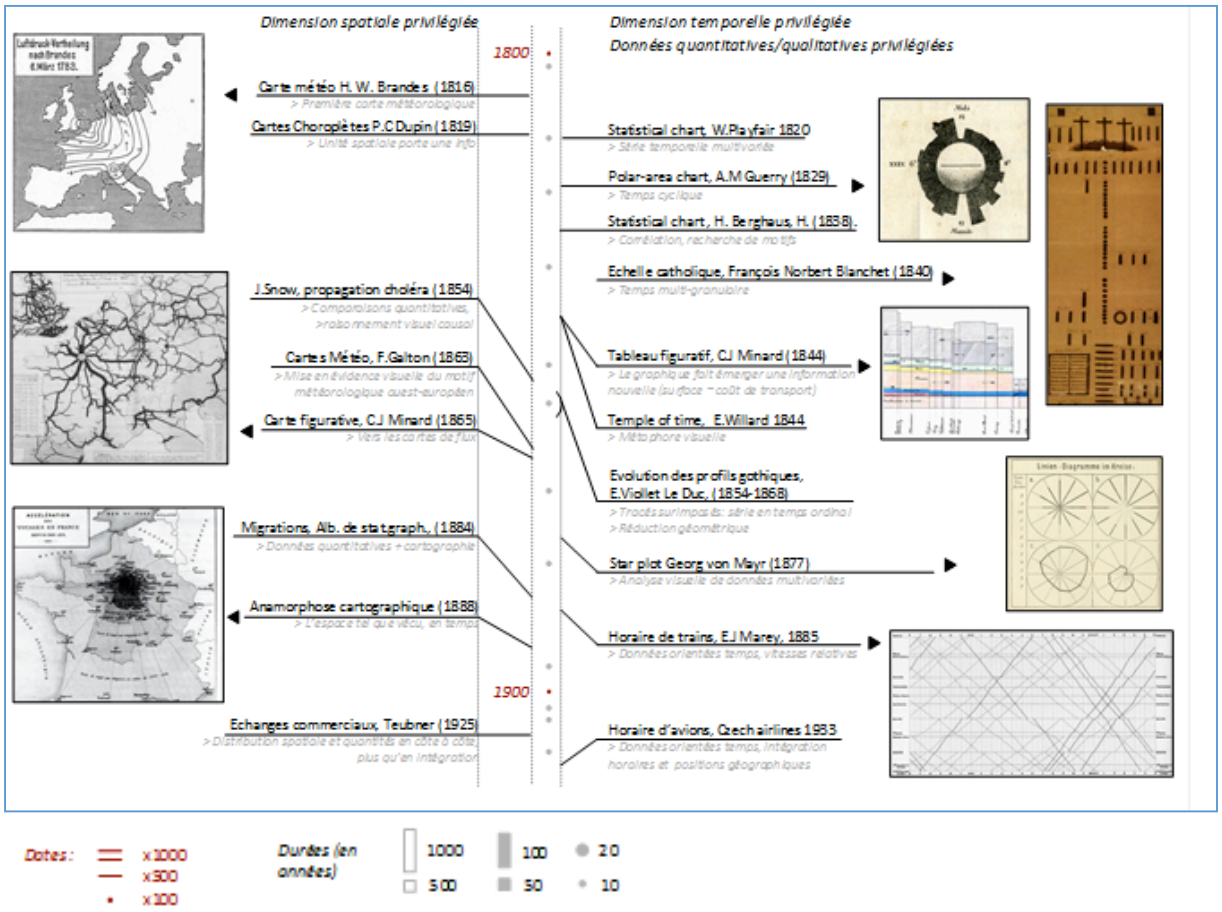


Figure 5. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps » (période après1800)

Cette confrontation, aussi incomplète soit-elle, souligne plusieurs points importants :

- Le développement continu de pratiques, non seulement en cartographie mais aussi en chronographie et en visualisation de données.
- La coexistence d'une logique de spécialité, et d'une logique de passerelle ou de combinaisons entre dimensions. Dans la première, pour chaque dimension, émergent des avancées propres, alors que dans la seconde logique c'est de la combinaison que résulte l'avancée.
- Un nombre de passerelles (ou de développements combinés) relativement limité, mais une grande diversité des modes de combinaison

En ce sens, cette confrontation vient d'abord à l'appui du constat général fait dans le cadre de ce rapport : l'existence de barrières ayant entravé ou entravant la mise en œuvre de solutions visuelles combinant les trois dimensions susmentionnées. Mais elle souligne aussi l'existence de passerelles multiformes, comme autant de pistes à développer ou à re-développer pour mieux équilibrer représentations de spécialités et représentations combinées.

2.2. Représentations spatio-temporelles : legs méthodologiques

Cet historique rapide montre la richesse et l'originalité des productions intégrant espace et temps. Nous proposons dans cette partie d'insister plus précisément sur les moyens mis en œuvre. Nous commençons par revenir sur deux cas emblématiques permettant d'introduire une différenciation classique lorsque l'on parle de représentations spatio-temporelles : on traite généralement de façon différente du mouvement, où le temps est intrinsèque, et des processus de changement, où le temps agit sur l'espace. Les questions de sémiologie graphique et leurs rôles dans la représentation des phénomènes spatio-temporels seront ensuite introduites. Nous finirons sur les interactions entre différentes disciplines et le positionnement disciplinaire actuel de ces questions sur les représentations des phénomènes spatio-temporels.

2.2.1. Le temps dans le phénomène à représenter : Le cas du mouvement

Lorsque les interactions espace - temps sont patentes, et rendent lisible un phénomène *spatio-temporel*, alors le potentiel de la carte de flux se révèle. C'est évidemment le cas de la représentation cartographique de la *retraite de Russie* de Charles Joseph Minard (Figure 6), décrite dans *La méthode graphique dans les sciences expérimentales* (1878) par E.J. Marey en des termes qui en disent long sur l'admiration qu'il avait pour cette réalisation : « *nulle part la marche des armées n'atteint ce degré de brutale éloquence qui semble défier la plume de l'historien*». La *retraite de Russie*, décrit il y a quelques années par E.R Tufte comme « *le meilleur graphique jamais conçu* » stupéfie non seulement par des choix de langage visuel particulièrement adroits (nombre limité de variables graphiques, corrélation entre mouvements, quantités et températures, choix pertinent des couleurs, inversion de celles-ci entre aller et retour, tri dans les données contextuelles de température, affichées seulement pour le retour, etc.) mais par les interactions autorisées entre trois dimensions :

- un espace, qui semble interminable, réduit pourtant à quelques rivières, et à un trajet ;
- un temps ordinal qui fait de chaque observation, de chaque mesure, une étape d'un destin funeste ;
- des données quantitatives corrélées (pertes de soldats, températures) qui font de cette visualisation ce que Marey en dit : un récit éloquent, i.e. *qui parle*.

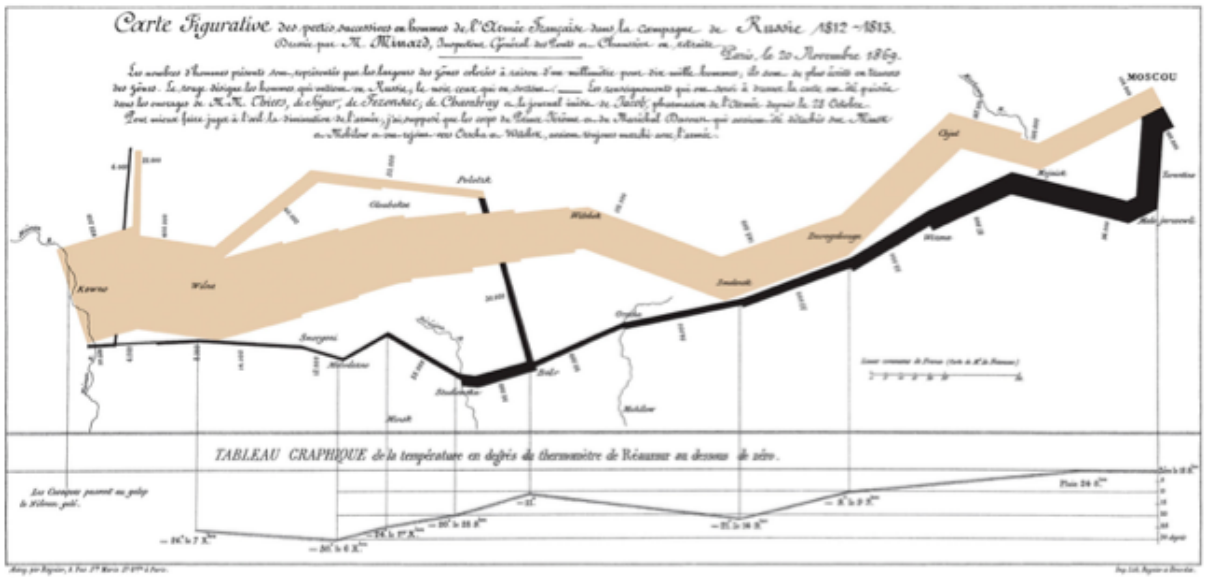


Figure 6. La carte de Minard : une carte emblématique supoprt de réflexion méthodologique pour la représentation du temps

Charles Joseph Minard est aujourd'hui respecté, admiré, non seulement au-delà des frontières de la France mais largement au-delà des frontières de sa discipline d'origine, comme en témoignent les deux exemples ci-dessous. Un premier enseignement à tirer, même s'il sera discuté, est que son héritage, comme celui d'E.J Marey ; mérite d'être beaucoup mieux valorisé dans son propre pays.

Mais au-delà de cette première remarque il convient de tirer quelques enseignements fondamentaux sur ce que peut être la représentation graphique d'un flux (au sens, mouvement d'une quantité dans l'espace) :

- un travail de réduction d'abord : Minard représente non pas une armée, avec ses canons et ses chevaux, mais des soldats ;
- un travail de corrélation finalisé ensuite : Minard cible la variable température, et pas la beauté du paysage, le nombre de champs brûlés ou la couleur des toits des églises orthodoxes

En ce sens, Minard donne aux mots de Jacques Bertin – [graphique] comme réponse à une question – tout son sens, et invite aujourd'hui à repenser la façon dont un mouvement est observé, quelquefois en l'absence de toute contextualisation le rendant intelligible ou au moins analysable.

Il nous faut préciser que cette carte emblématique est devenue une source d'inspiration à de nombreux développements informatique (Menno-Jan Kraak, 2001 http://www.itc.nl/personal/kraak/1812/3dnap.swf; Aaron Walburg, Stephen Hartzog, 1996, http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/minard/march-animated.gif).

2.2.2. Le temps est extérieur à la représentation : la cas du changement

La « Géographie » de Ptolémée illustre une méthode d'observation de l'espace qui fait du temps un outil indispensable : chaque observation est placée dans une série, et c'est de la série que naît l'enseignement, la compréhension du phénomène étudié. Mais la représentation finale ne fait pas toujours voir cette série, ne l'exploite pas comme telle.

Au contraire, la série d'observations des tâches solaires produite dans le premier quart du XVIème siècle par Christoph Scheiner, jésuite allemand, astronome et mathématicien, se traduit par une série de représentations fixant des instantanés, et présentés côte à côte. Scheiner invente ainsi un format visuel qu'E.R Tufte appellera bien plus tard *small multiples*, encore présent (seul ou combiné avec une approche type animation) dans bien des dispositifs contemporains et dans bien des disciplines, sous la forme d'images instantanées (Figure 7).

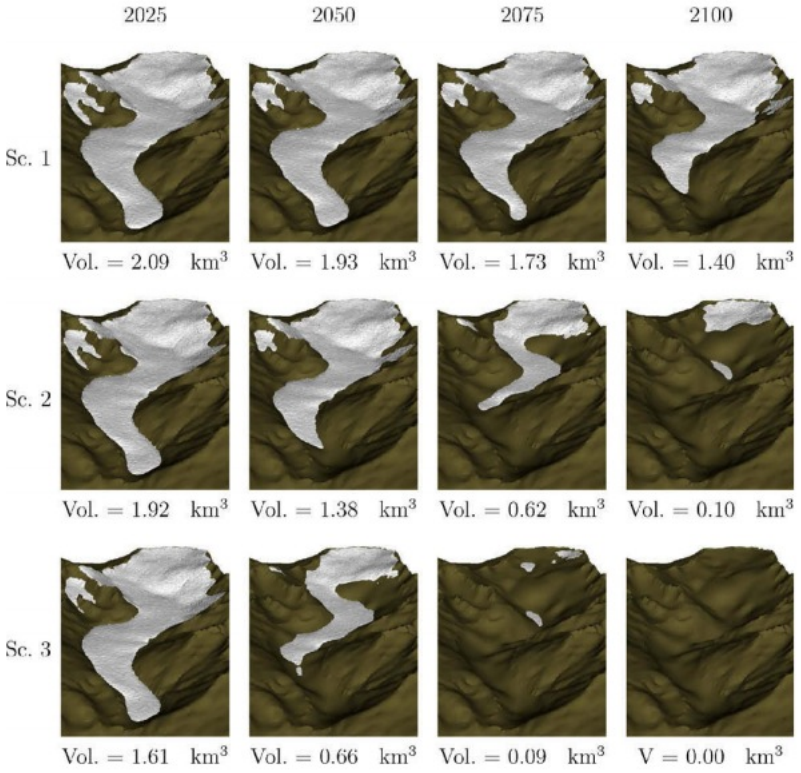


Figure 7. Une application du format visuel « small multiples » dans le contexte d'une évaluation visuelle comparative de différents scénarii d'évolutions en glaciologie (G.Jouvet et al., Numerical simulation of Rhonegletscher from 1874 to 2100, J. Comput. Phys. (2009).).

Le format s'appuie en réalité sur deux principes très simples : la répétition et le temps ordinal. Il inaugure une pratique, la fouille visuelle de données, qui est aujourd'hui au cœur des disciplines *Infovis* ou *Visual analytics* en général. Plaçant côte à côte des « états » successifs de l'espace, il met l'accent sur des changements : que ce soit par effet de proximité (différences entre deux états contigus dans la représentation) ou sur l'ensemble des états présentés, des instants capturés (lecture des tendances, contrastes entre régions au sein de la représentation). En ce sens on ne peut pas parler ici d'analyse du mouvement, mais bien d'états successifs dont le pas de temps peut en soi être une variable sur laquelle l'utilisateur va jouer. Naturellement, le dispositif est gourmand en espace de représentation. Chaque état, représenté par une « unité graphique », ne peut donc porter qu'un nombre limité d'informations. Un tel dispositif ne va donc pas sans un effort de réduction du problème, i.e un effort de modélisation et de paramétrisation du phénomène. Si ni la carte des tâches solaires de Scheiner (Figure 4, §2.1), ni l'exemple présenté ci-dessus (Figure 7) ne sont de pures abstractions, détachées de tout contexte cartographique. Mais le format visuel inauguré par Scheiner impose bien un effort de réduction et d'abstraction particulier. C'est aussi dans ce sens que travaille F. Galton qui analyse les motifs météorologiques européens dans son *Meteorologica* en observant un jeu limité de paramètres, trois fois par

jour (Figure 8) : pression barométrique, température, direction des vents, pluie. Son analyse est traduite graphiquement par une série en temps discret, multi-granulaire, représentant un mois d'observations. Galton se sert du format visuel *small multiples* (ou collection de cartes) pour corréler les différents paramètres et pour mettre en évidence le rapport entre pression et direction des vents (CCW en phase de basses pressions, CW en phase de hautes pressions). Chaque unité graphique porte une sorte de fond cartographique, mais un fond qui en réalité ne sert que de référent de positionnement commun sur lequel sont portés les paramètres susmentionnés.

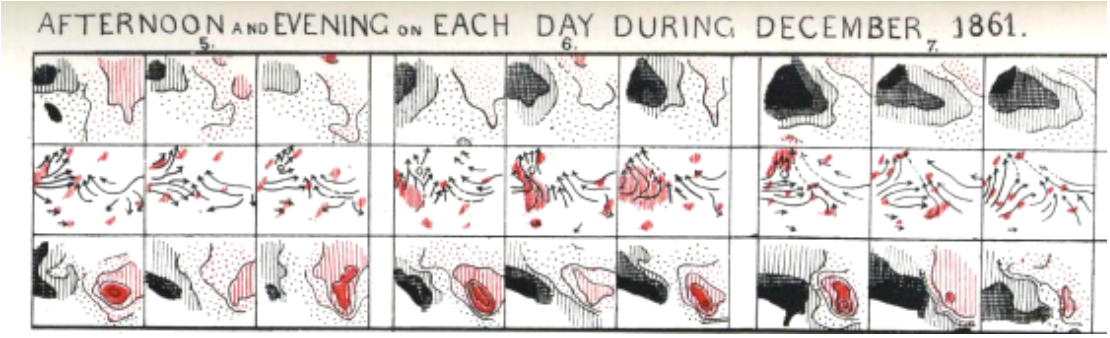


Figure 8. Trois unités graphiques du dispositif de F. Galton, représentant trois jours d'observations. Chaque unité graphique est ici redécoupée verticalement (observations le matin, à midi, le soir) et horizontalement (pression, vent et pluies, température).

2.2.3. Le temps dans la sémiologie graphique : une réflexion ancienne

La construction cartographique s'appuie sur les variables visuelles définies par Bertin (1967) et qui constituent la sémiologie graphique, i.e. « l'ensemble des règles d'un système graphique permettant de transmettre une information ». Les règles sont définies en fonction de la nature de la variable à cartographier (quantitative ou qualitative), et des objets géographiques supports (points, lignes ou polygones) (Figure 9). L'objectif est de faciliter la lecture et la compréhension des cartes en faisant apparaître des relations d'association, de ressemblance ou de différenciation, d'ordre, de proportionnalité entre les données géographiques (Bertin, 1967).

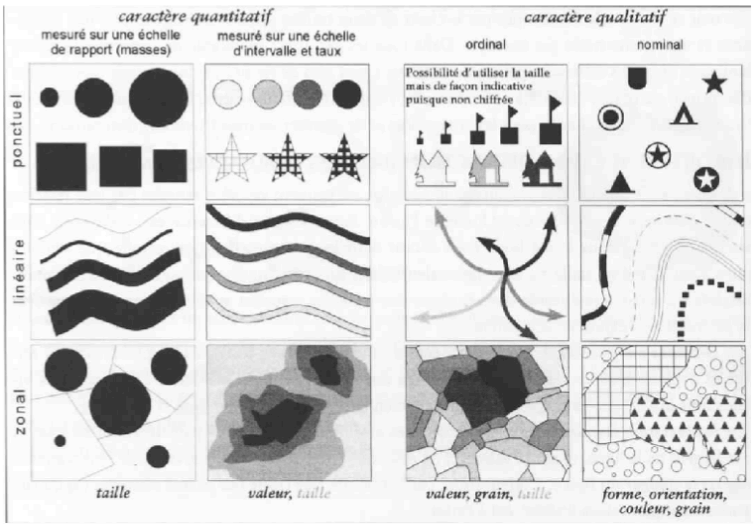


Figure 9. Sémiologie graphique et variables visuelles proposées par Bertin (1967)

La sémiologie graphique proposée par Bertin (1967) s'inscrit dans une cartographie statique dans laquelle le temps est considéré comme une variable cartographique (durée, taux de changement) ou comme une composante projetée, se traduisant par une collection de cartes (Small maps). En s'appuyant sur ces règles, une façon classique de cartographier les dynamiques temporelles et notamment les évolutions, consiste à représenter les taux de variations des indicateurs d'une même entité géographique entre deux dates (variations d'indices ou de taux ...) ou de construire la carte du changement d'état du phénomène étudié. Bertin (1967) préconisait aussi de cartographier le mouvement par des cartes de flux sur lesquelles sont portées des flèches, ou le changement de position d'un objet ou d'un individu par la représentation de sa « trace », i.e. la succession des positions et des empreintes spatiales de l'objet, au moyen de la variable visuelle « valeur » dont le niveau de saturation varie en fonction du temps (fFigure 10). L'usage de la transparence et de la saturation peut venir compléter cette proposition dans le cas de superposition des traces. Toutefois, cette approche présente des limites de lecture lorsque le nombre d'éléments devient important (Davoine & al, 2012).

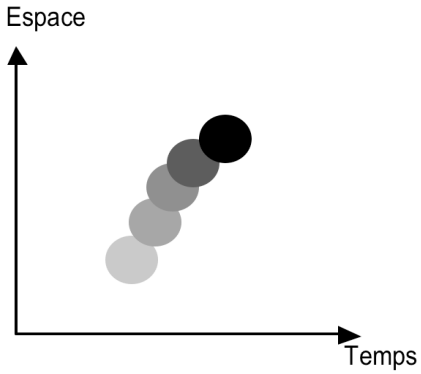


Figure 10. Représentation de la trace d'un objet selon Bertin (1967)

Vasilev, (cité par Cauvin, 2008) fait évoluer la sémiologie en tenant compte des différentes catégories du temps et de la géométrie de l'objet (Figure 11). Les catégories de temps considérées sont le moment et la durée entre deux événements, le temps structurant tel que

la fréquence, ou le temps comme distance. Il s'appuie notamment sur l'inscription dans la carte de la date d'occurrence de l'objet, pour représenter le moment, et à partir de laquelle peuvent être déduites différentes temporalités. Ce procédé implique un niveau de lecture détaillé et non pas global comme le suggère Bertin, ce qui peut rendre plus délicate l'identification des structures spatiales, des dynamiques ou des variations spatio-temporelles.

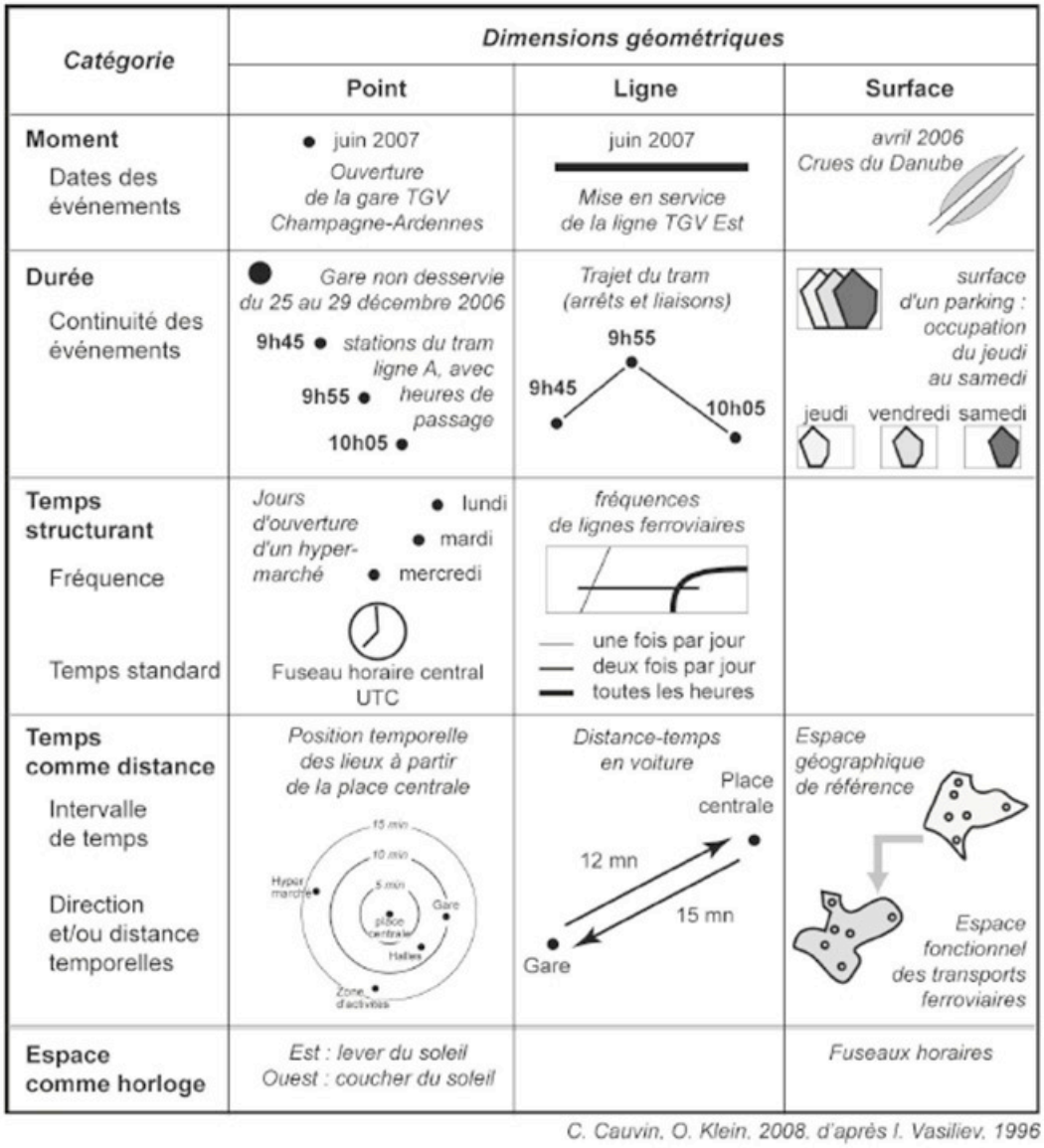
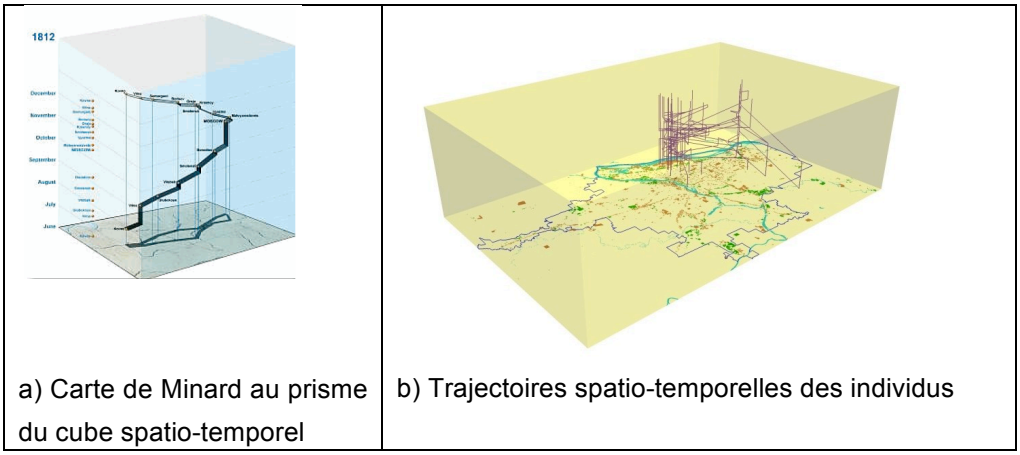


Figure 11. Sémiologie graphique pour la représentation du temps dans les cartes selon Vasiliev (Cauvin & al 2008)

Si les règles de la sémiologie s'appuient sur des fondements méthodologiques reconnus, leur application dans un contexte de cartes statiques 2D reste complexe voire ambiguë. Par exemple, la cartographie de la chronologie d'une série d'évènements (par exemple de risques naturels) ne présentera pas les mêmes caractéristiques selon que la date est considérée comme une variable qualitative (c'est-à-dire une variable discrète, caractérisant l'objet en lui-même), sur laquelle la variable visuelle couleur sera appliquée, ou comme une variable quantitative ou qualitative ordonnée, pour laquelle sera appliquée la variable visuelle valeur (variation de teinte ou saturation) dont l'objectif est de mettre en évidence une relation d'ordre.

Pour faire face à cette complexité, une solution consiste à considérer le temps comme une troisième dimension et à utiliser une représentation sous la forme d'un cube spatio-temporel. Cette proposition, qui s'inscrit dans le courant de la Time-Geography d'Hägerstand (1970), a été initialement utilisée pour traiter des problématiques de déplacements et de mobilité. Elle s'attache à représenter les trajectoires des individus dans l'espace, sur un plan horizontal et dans le temps sur l'axe vertical. Les variables thématiques associées aux trajectoires (modes de déplacement, activités ....) sont placées à l'intérieur du cube selon leurs projections sur les axes temporel et spatiaux, et leurs caractéristiques formalisées au moyen de la sémiologie graphique (Figure 12).



a) Carte de Minard au prisme du cube spatio-temporel

b) Trajectoires spatio-temporelles des individus

Figure 12 . Le temps à travers le cube spatio-temporel
a) d'après Kraak (2003); b) d'après Kuan (2004)

Cette approche a ouvert de nouvelles opportunités pour la représentation des dynamiques spatio-temporelles, même si l'interprétation nécessite un code de lecture et que son usage reste réservé à des spécialistes. Andrienko & al (2003), Gatalsky & al (2004) proposent une adaptation du cube spatio-temporel à des problématiques basées sur des données d'évènements organisées sous la forme de série chronologique de données spatialisées (Figure 13). Relevant plus de la visualisation scientifique que de la cartographie, elle montre aussi la nécessité d'inscrire la représentation des temporalités et des dynamiques territoriales dans une démarche pluridisciplinaire.

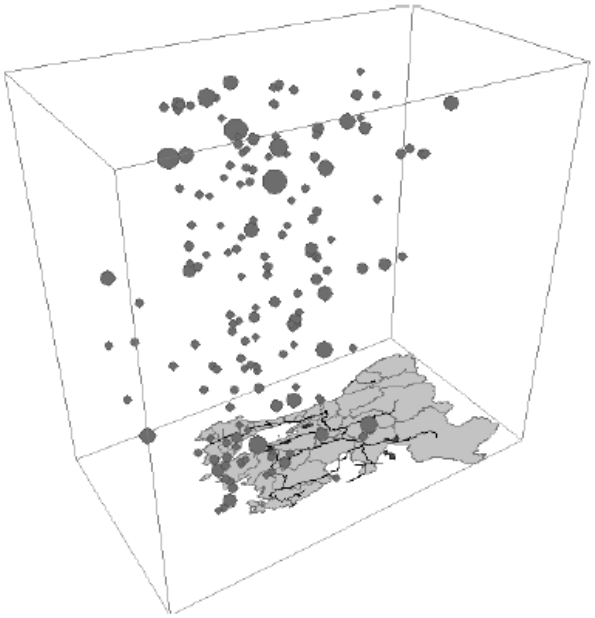


Figure 13. Cube spatio-temporel pour la représentation des évènements : la position verticale représente la date à laquelle s'est produit l'événement, la taille des cercles représente un attribut thématique tel que l'intensité du séisme (d'après Gatalsky & al, 2004).

2.3. Interactions et apports des autres disciplines

Compte tenu de la difficulté à représenter les interactions Espaces – Temps, il peut être fructueux, pour comprendre comment s'analysent des temporalités, de prendre appui sur d'autres disciplines ou pratiques, et notamment sur les travaux issus du champ de la visualisation d'informations, et de son excroissance « visual analytics». En effet, des solutions existent pour représenter des temporalités non uniformes par de l'espace. L'un des exemples les plus spectaculaires est sans doute *l'horaire de train* d'E.J Marey, qui au même titre que la *retraite de Russie* de Minard ou la *sémiologie graphique* de Bertin ont eu un grand retentissement dans le champ de la visualisation d'informations. Marey transforme dans ce graphique une information temporelle (durées, vitesses) en espace. Le graphique se lit de la façon suivante (Figure 14) :

- verticalement, les gares (et distances) entre Paris et Lyon
- horizontalement, les heures (24)
- obliquement, les trains, de Paris vers Lyon (oblique vers la droite et vers le bas) et de Lyon vers Paris (oblique vers la droite, de bas en haut).
- Chaque train est décrit par une heure de départ depuis Paris ou Lyon, par une heure d'arrivée, et par une série d'escales dont la durée est lue horizontalement.

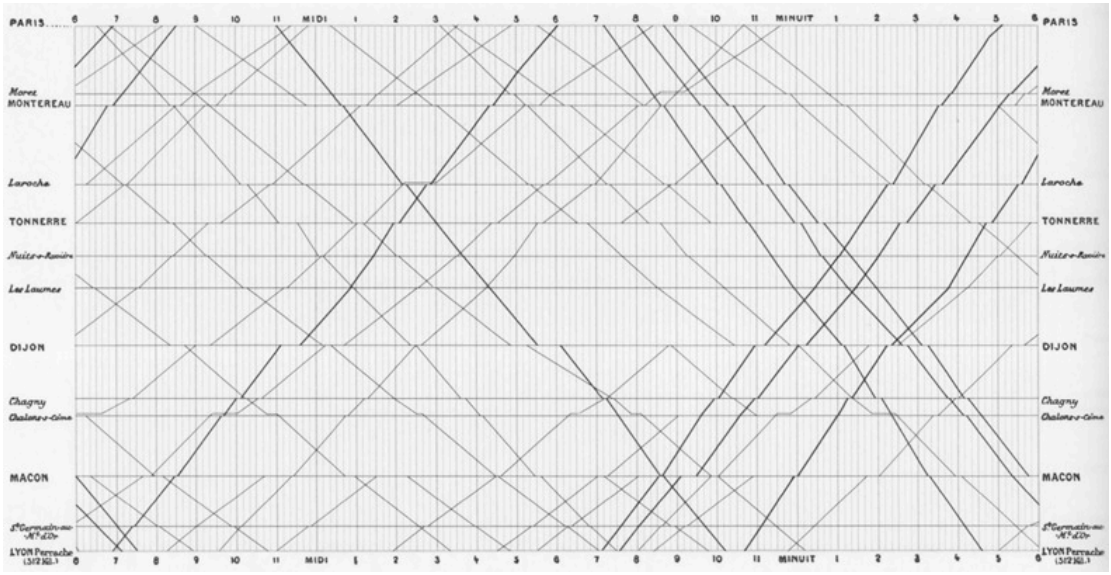


Figure 14. L'horaire de train d'E.J Marey (1885) source : E.R Tufte (1990)

Le dispositif graphique ainsi constitué permet en conséquence de lire la vitesse de chaque train, représenté par l'angle que fait l'oblique avec l'horizontale (plus l'oblique se rapproche de la verticale, plus les heures de départ et d'arrivée sont proches, donc plus le train est rapide).

Marey tente ici un nouvel équilibre entre espace et temps et illustre ce qu'E.R Tufte appellera plus tard le règle du « 1+1 = 3 » : en plaçant distance et temps sur son graphique, il permet la lecture d'une troisième variable, la vitesse. En réalité son graphique, d'apparence finalement assez simple – des lignes en tout et pour tout, sans couleurs - synthétise un nombre très important d'informations, comme par exemple :

- durées des escales pour chaque train ;
- nombre d'escales pour chaque train ;
- nombre de gares sur la ligne ;
- influence du nombre d'escales sur la durée totale ;
- densités des départs et arrivées sur 24 heures.

Ces propositions facilitent les comparaisons, les analyses, les observations comme par exemple :

- vitesses des trains de nuit par rapport aux trains de jour ;
- non-relation entre nombres d'escales et différences de vitesses (Le train partant à 11h de Paris ne s'arrête que 5 fois, il est pourtant plus lent que le train partant de Paris à 19h10 et qui s'arrête 6 fois) ;
- les trains les plus rapides, dans les deux sens, partent exactement à la même heure.

L'idée que l'on peut représenter une notion comme la vitesse par de l'espace, et une variable graphique ad hoc, n'est pas restée sans suite – même si l'expérience de Marey reste probablement inégalée en terme de rapport nombre de variables graphiques / nombre d'informations représentées.

Par ailleurs, et relevant du même pont interdisciplinaire, l'analyse de dynamiques spatiales mobilise aujourd'hui des masses de données que l'on ne peut plus représenter au travers de cartographies classiques, donnant naissance à un champ émergent – *geovisualanalytics* –

potentiellement porteur de réponses originales. La communauté *Infovis* s'est constituée en croisant cette exigence là et la capacité à traiter des données massives et abstraites qu'apportaient les solutions informatiques. Son répertoire de moyens inclut, selon W. Kienreich (2006), trois volets + 1 : formalismes, métaphores, modèles + dispositifs d'intégration permettant de les combiner. Dans ce cadre, la cartographie joue potentiellement à la fois le rôle de modèle et celui de dispositif d'intégration (Blaise, 2005). Par ailleurs, à des échelles spatiales ou temporelles différentes, bien d'autres champs disciplinaires ou pratiques intègrent des problématiques de prise en compte du temps : urbanisme, archéologie, sciences de l'environnement, santé / surveillance médicale, analyse musicale, etc.

Les thématiques de la représentation des dynamiques spatiales, des données orientées temps, ou plus largement de la géovisualisation, restent aujourd'hui au cœur de nombreux travaux en visual analytics (Scharl, Tochtermann, 2007 ; Keim et al., 2010 ; Elmqvist et al., 2010). Mais parce que la spatialisation des informations à analyser n'est pas le point d'entrée unique ou privilégié d'un dispositif de visualisation d'informations, à la carte (interface interactive et dynamique évidemment, puisque c'est un aspect implicite en infovis) peuvent se substituer des dispositifs mettant en exergue d'autres facettes des jeux d'informations (qualité/densité des informations ou aspects temporels par exemple) (Blaise, 2008) correspondant mieux au caractère souvent hétérogène des informations manipulées. Il faut ensuite préciser qu'en infovis aussi, la visualisation de données spatio-temporelles se traduit bien souvent par des visualisations qui expriment d'un côté les informations spatiales et de l'autre les informations temporelles. Mais il existe aujourd'hui des solutions combinant temps et espace (au sens cartographique) (Kapler, Wright, 2004 ; Blaise, 2011 ; Sabol, 2008) qui peuvent être investiguées dans le contexte d'une représentation dynamique des temporalités des territoires.

Le recours à différentes approches a donc pour intérêt de mettre en regard différentes formalisations du temps. Par exemple, dans le champ de la géomatique et de la modélisation dynamique, les données spatio-temporelles vont être abordées différemment selon qu'il s'agit d'un géographe dont l'objet d'étude est l'espace ou d'un archéologue ou d'un chercheur en sciences de la terre et de l'environnement, qui privilégiera la dimension temporelle (Rodier, Saligny, 2010), ou encore dans le champ méthodologique *Infovis*, où la dimension temporelle prédomine sur la dimension spatiale (Aigner et al., 2008 ; Keim et al., 2010).

3. La visualisation dynamique des temporalités

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les récentes avancées technologiques ont offert de nouvelles possibilités de représentations cartographiques des temporalités notamment à travers l'émergence de la cartographie animée et dynamique et des environnements de géovisualisation. Mais traiter la question de la visualisation nécessite de définir sans ambiguïté un terme largement galvaudé, le terme *visualisation*. Faire de la visualisation, ça n'est pas faire un dessin, fût-il interactif, animé, 3D, pour communiquer le résultat d'un processus cognitif qui aurait été mené à bien. C'est assister par le graphique ce processus cognitif. Une visualisation n'est donc pas un but, mais un moyen, c'est une activité cognitive (Spence, 2001) utilisant la vision pour raisonner (Schneiderman et al, 1999).

3.1. L'animation pour représenter le temps en cartographie

L'animation apparaît comme l'une des solutions les plus récentes pour représenter les mouvements, les changements ou les transformations dans l'espace en fonction du temps (Antoni &al, 2004). Ce procédé consiste à afficher de façon successive et rapide une série de cartes représentant le phénomène à différent instant, donnant ainsi l'illusion d'un mouvement, d'un déplacement ou d'un changement (Cauvin 2008), et l'impression d'une dynamique de l'espace. Kraak et al. (2003) soulignent également ce fait : « les animations sont très utiles pour clarifier des tendances et des processus, aussi bien dans l'explication que pour donner un aperçu des relations spatiales ». La mise en œuvre des cartes animées repose sur différents procédés permettant de représenter un changement sur place (la position), en place (les attributs) ou dans le temps (Kraak 2001).

- L'animation de série chronologique ou « animation par image » qui permet de lire les phénomènes spatiaux dans un temps à séquence temporelle. Le temps se découpe selon des « pas de temps », définis suivant différentes granularités temporelles. Le temps de l'animation (qui utilise les pas de temps de représentation) est proportionnel au temps réel (pas de temps dans la réalité) et peut représenter différentes granularités temporelles (heures, jours, mois, années, siècles...). La série chronologique témoigne du changement de localisation ou d'autres attributs de données spatialisées dans le temps ;
- le clignotement et le déplacement d'objets, aussi nommé « animation par objet » : des symboles clignotent, ce qui attire l'attention du lecteur (Fisher, in Kraak et al, 1995). L'effet est similaire avec une simulation de trajectoire d'un objet (Moellering's, in Kraak et al, 1995). Dans ce cas, les évolutions sont perçues grâce aux changements des modifications graphiques, elles-mêmes observées par le lecteur.
- déplacement sur carte : ce type d'animation inclut les glissements de vue (aussi nommé « survol » de la carte) et le zoom (Dorling's, in Kraak et al, 1995). Le zoom est particulièrement intéressant pour se situer à plusieurs échelles simultanément (passage du global au local). Concernant le survol, les travaux de l'Hostis montrent que la troisième dimension peut être encore plus appréciée si elle est animée (animation 3D), et qui plus est en survol, permettant de saisir rapidement le relief et d'effectuer des rotations autour de ce dernier. Les travaux de Banos et alii (2005), Banos et alii (2005), Segura (2003), Frihida et alii (2003) et Thevenin (2002) utilisent les cartes animées en ajoutant la troisième dimension qui représente un attribut autre

que l'altitude, et son survol. Par exemple en représentant les rythmes de personnes dans une agglomération, la carte animée se déforme en 3D selon l'attribut « concentration/déconcentration » (Figure 15). Ce type de carte se nomme « carte chronotopique » (Guez, in Thevenin, 2002). Cette carte animée révèle alors des « configurations spatio-temporelles similaires » au moyen de fonctions qui permettent de sélectionner une distribution temporelle de référence pour un espace étudié (Thevenin, 2002).

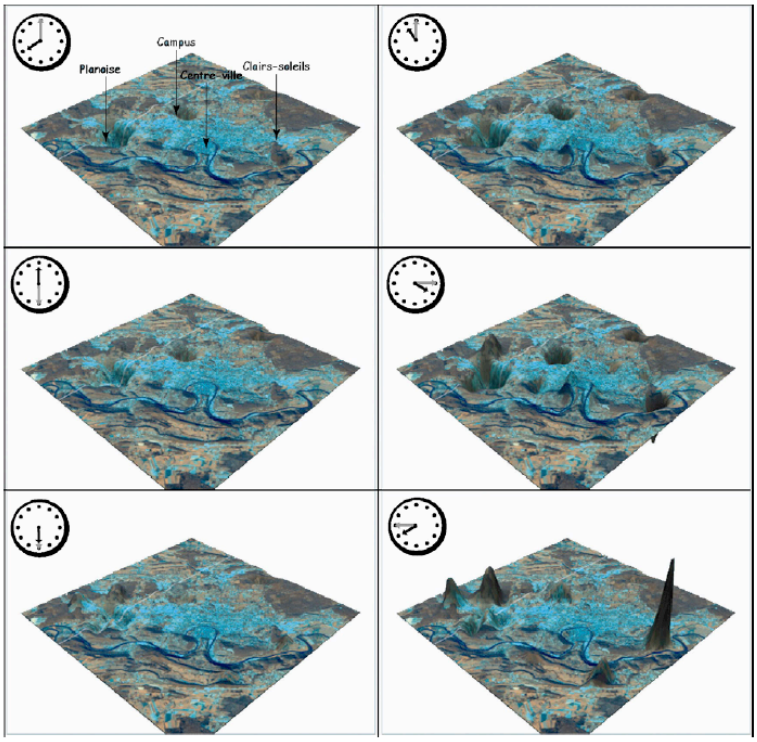


Figure 15. Carte animée 3D pour révéler les temporalités (Banos & al, 2005)

3.2. Animation vs Small maps

Une animation est donc une sorte de « snapshots », de dispositif « small multiples » amélioré, où le pas de temps séparant chaque observation, chaque état, peut être traduit (au facteur d'échelle près) par la vitesse de défilement de l'animation. Il est important de noter que ce transfert direct temps - temps n'est pas sans conséquence en terme de lisibilité. Si le « mouvement » d'un état au suivant est sans doute mieux perçu dans une animation que dans un dispositif small multiples, la comparaison directe d'un état non seulement avec le suivant mais avec tout autre état de la série est en revanche beaucoup plus problématique. Autrement dit, il faut sans doute considérer ces deux solutions non pas comme concurrentes, s'excluant l'une l'autre, mais bien comme complémentaire – et rares sont aujourd'hui les plateformes qui assument ce double choix et l'implémentent concrètement.

Cette position est confirmée dans une étude comparative récente menée par une équipe de l'Université de Lausanne (Boyandin & al. 2012) qui tentent de comparer les performances de ces deux solutions autour de données migratoires (Figure 16). Dans cette étude, les auteurs distribuent à un public de testeurs une série de tâches d'analyse concrètes à mener autour des données illustrées ci-dessus, et mesurent les performances obtenues avec les deux solutions. Leur travail démontre notamment qu'utiliser une seule technique peut conduire à moins de « découvertes » dans les données. Si les « retours utilisateur » indiquent que ceux-ci favorisent les animations, les mesures de performance ne vont pas dans ce sens. Le mapping temps - temps (animation) est particulièrement efficace pour souligner et localiser

des rythmes, des densités de changements, mais peu efficace pour comparer des états distants dans le temps.

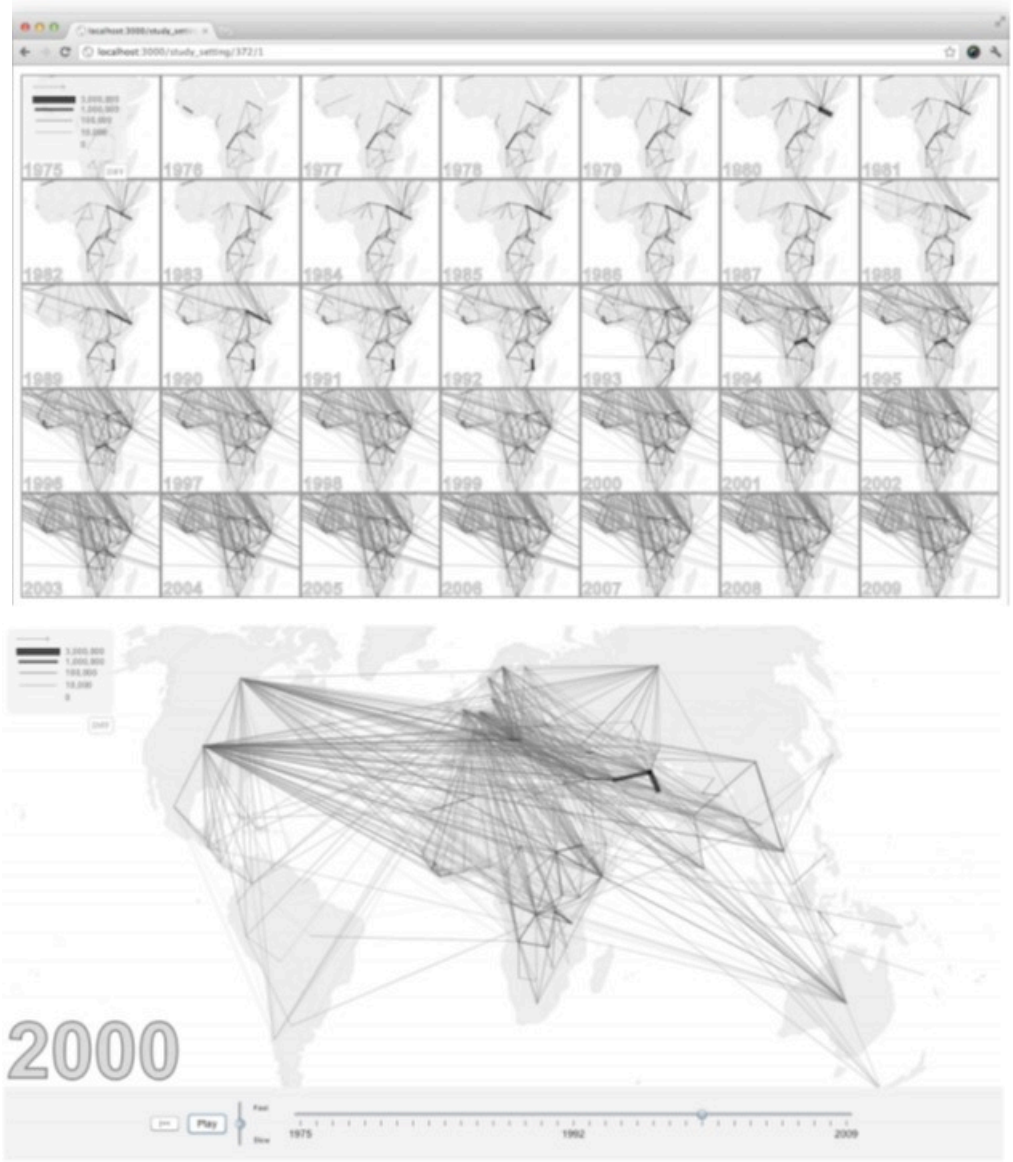


Figure 16. Données mises en œuvre dans Boyandin, Bertini, Lalanne (2012) - analyse de flux migratoires appuyée (bas) sur une animation et (haut) sur une série type « small multiples ».

3.3. Sémiologie dynamique pour représenter le temps

L'émergence de l'animation en cartographie a eu pour conséquence de reconsidérer la sémiologie graphique et les variables visuelles, notamment pour représenter les temporalités. Selon *DiBiase (1992) et MacEachren (1994)* à chaque temporalité peut être associée une variable dynamique, telles que le moment, la durée, la fréquence, le taux de changement, l'ordre et la synchronisation. Plusieurs auteurs ont analysé l'adaptation des variables visuelles de Bertin dans un contexte de cartographie dynamique (Kobben et al 1995 ; Dukaczewski 2006). Ils montrent que la synchronisation, la période de retour, ainsi que l'espace temporel ne sont pas considérés et que la fréquence est peu valorisée par les variables visuelles classiques (Tableau 1).

Temporalités / **Variables cartographiques**	**Moment**	**Durée**	**Fréquence**	**Chronologie**	**Changement**
Taille		+++	++	++	+++
Valeur		+++	++	++	+++
Grain / Trame	+++	+++	++	++	+++
Couleur	+		(+)	(+)	
Orientation	+++		++	++	
Forme	+++		++	++	

+++ Très adapté ++ Adapté + Peu adapté

Tableau 1. Pertinence des variables visuelles dans des cartes dynamiques (d'après Kobben et al 1995 ; Dukaczewski 2006)

Ce constat justifie la définition de variables visuelles adaptées au contexte de l'animation proposées par DiBiase (1992) et MacEachren (1994), et dont l'utilisation peut se décliner selon les modalités suivantes (Figure 17).

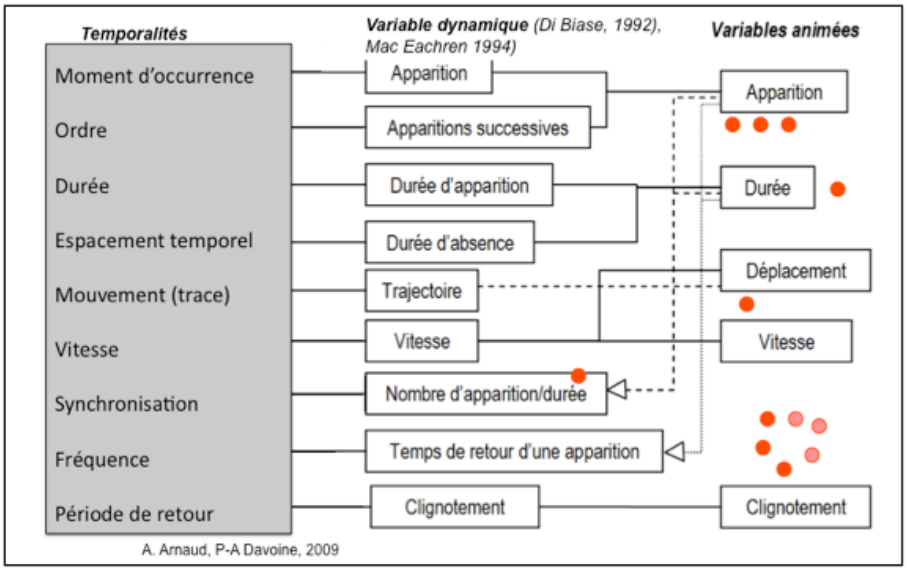


Figure 17. Variables animées et représentation des temporalités (d'après Arnaud & al, 2009)

- L'apparition permet de rendre compte du moment d'occurrence en visualisant l'affichage des évènements. Cette variable permet également de représenter l'ordre en visualisant une apparition successive d'évènements, la fréquence par un nombre d'apparitions ou de durées, et la période de retour par un temps entre deux objets.
- La durée d'affichage d'un évènement pour cartographier sa durée.
- Le déplacement qui permet de représenter un objet qui se déplace dans le temps. Cette variable peut être associée à la vitesse d'un objet.
- La vitesse, qui permet de visualiser le taux de changement.
- Le clignotement pour, éventuellement, mettre en évidence la synchronisation des évènements.

Si ces variables visuelles ont permis de formaliser le processus de représentation des cartes animées, ouvrant de nouvelles opportunités pour la prise en compte de la dimension temporelle, il n'en reste pas moins que l'animation et donc l'usage des variables animées ne peut être dissociée du principe de l'interactivité « utilisateur-interface ». L'animation ne peut être efficace que si l'utilisateur peut interagir avec elle, choisir son rythme de déroulement, revenir sur ce qui l'intéresse. Ceci n'est possible que si elle s'insère dans un environnement de visualisation disposant d'un minimum d'interactivité et offrant au lecteur des fonctionnalités de lecture et d'interrogation.

3.4. De l'animation des cartes à la géovisualisation

L'interactivité se définit comme un processus d'échanges entre deux acteurs. D'un point de vue informatique, elle se traduit par un ensemble d'outils (clavier, souris, pointeur ...) et de fonctionnalités, accessibles à travers une interface, permettant à un utilisateur de communiquer avec un système informatisé. Dans un contexte cartographique, c'est la carte qui devient alors un élément primordial de l'interface : si elle est bien conçue, elle permet l'accès aux données et aux informations, d'en produire de nouvelles et alimente ainsi les connaissances des utilisateurs. Mais l'interactivité est aussi un des sens qui est donné à l'adjectif « dynamique » lorsque l'on parle « d'application de cartographie dynamique ». Les actions de l'utilisateur sur la carte et notamment lorsque celle-ci est animée, rendent « les cartes dynamiques ». Par ailleurs, dans certaines applications informatiques de cartographie, c'est aussi le lien avec la base de données qui est caractérisé de dynamique : les cartes sont produites dynamiquement, « à la demande » en fonction des données sélectionnées et des besoins des utilisateurs.

L'évolution des techniques de l'information et de la communication, associée au développement des méthodes et outils de l'interactivité, ont contribué au déploiement d'une diversité d'environnements dynamiques appliqués à la cartographie et aux données spatialisées. Celles-ci se définissent comme des d'applications de géovisualisation qui peuvent être plus ou moins complexes, allant de simples applications cartographiques de données géographiques, basées uniquement sur l'animation et l'interactivité, à des environnements de développement d'interfaces multidimensionnelles associant plusieurs formes de représentations visuelles de l'information (graphiques, cartographiques, textuelles, iconographiques), et offrant un fort niveau d'interactivité.

La géovisualisation offre de nouvelles opportunités pour représenter les temporalités des territoires. Elle s'appuie sur l'utilisation de nouvelles formes cartographiques telles que les cartes interactives, multimédias et animées, ainsi que sur l'association au sein d'une même interface de visualisation de différents médias et modes de représentations graphiques et

cartographiques des données. La logique de raisonnement qui sous-tend la démarche de géovisualisation reflète l'association des composantes temporelle, spatiale et informationnelle qui caractérisent les dynamiques territoriales. Peuquet (1994) formalise ces associations selon trois questions « What ? Where ? When ?» qui se décline de la façon suivante (Figure 18) :

- Quoi ? + Où ? → Quand ? : décrit le moment (Quand) où un objet (Quoi) se situe à un endroit donné (Où.
- Quoi ?+ Quand ? → Où ? : décrit la localisation (Où) d'un objet (Quoi) à un moment donné (Quand).
- Où ? + Quand ? → Quoi ? : décrit ce qui est présent (Quoi) à un endroit donné pour un moment donné

Du point de vue de la visualisation des données, aux deux premières déclinaisons (Quoi ? + Où ? et Quoi ? + Quand ?) sont naturellement associés des cartes (Où ?) et des graphiques (Quand ?) (Kraak, 2003). L'association espace-temps se traduit par l'association graphiques/cartes mais aussi par le cube spatio-temporel (Figure 18).

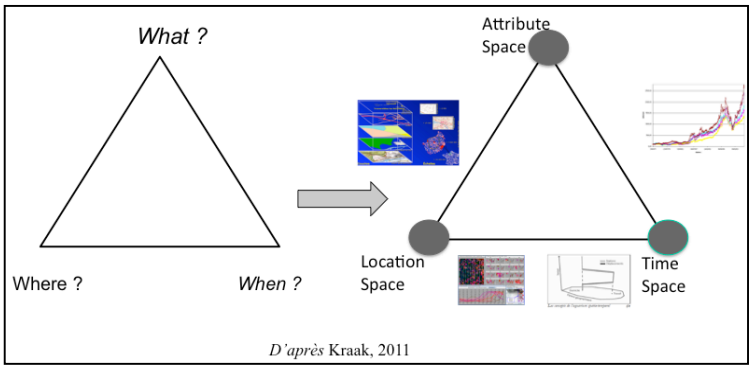


Figure 18. De la Triade de Peuquet à la géovisualisation (d'après Kraak, 2011).

Les interfaces de géovisualisation présentent l'avantage de mobiliser et de permettre d'explorer une masse importante de données selon différents critères, différentes entrées thématiques et différentes approches exploratoires. Elles offrent la possibilité de contextualiser les données en accédant à de l'information complémentaire sur les données représentées (au moyen des info-bulles par exemple) ou en facilitant la comparaison de séries de données ou d'indicateurs (affichage simultané de plusieurs séries de données sous différentes formes graphiques). Certaines d'entre elles utilisent le principe de la ré-expression cartographique qui consiste à redéfinir l'expression graphique de la carte (modification du mode de visualisation des données, mais aussi du contenu), en fonction des besoins et des motivations de l'utilisateur et offrent un service de production cartographique « à la demande ».

Au moyen d'une diversité d'outils de géovisualisation, l'utilisateur peut alors pousser l'analyse et l'exploration des cartes et des données, construire une démarche de lecture cartographique allant du global au particulier, lui offrant ainsi la possibilité de voir le connu mais aussi de rechercher l'inconnu, qu'il s'agisse de l'espace ou du temps.

3.5. Les outils de la géovisualisation

L'interactivité, l'animation, le multimédia, le multi-fenêtrage, la synchronisation constituent donc les principaux outils sur lesquels reposent les applications de géovisualisation, offrant une diversité de services à l'utilisateur :

3.5.1. L'interactivité

Dans le processus d'interactivité, la souris est devenue l'outil central, assurant le lien entre l'utilisateur et l'ordinateur. C'est au moyen de la souris que l'utilisateur peut sélectionner un point sur la carte, sélectionner des données, des cartes ou accéder aux outils de zoom, déplacement dans le plan... Parmi les outils assurant l'interactivité, on distingue les outils de sélection, de navigation et de positionnement.

- Les outils de sélection permettent à l'utilisateur de sélectionner et d'interroger les données géographiques et cartographiques à afficher et d'accéder à du contenu informationnel et multimédia (textes, photos, vidéos, son). Plusieurs modes de sélection peuvent être proposés : la sélection via des boutons radios ou de menus déroulants ; la sélection visuelle via le clic de la souris directement sur la carte ou au moyen d'une forme géométrique englobante dessinée à la volée sur la carte et la sélection textuelle pour une recherche par mots clés.
- Les outils de navigation offrent à l'utilisateur la possibilité d'explorer la carte en se déplaçant dans l'espace au moyen du curseur de la souris, ou de la déplacer afin de la visualiser les parties de la carte qui ne se situent pas dans son champ visuel. Ils permettent aussi de voir plus précisément un objet ou une zone sélectionnée (zoom in / out) ou bien d'avoir une vue d'ensemble de l'espace cartographié (full-extent). Le déplacement du curseur de la souris, le pan, le zoom in/out, le full-extent sont les outils de base qui caractérisent les environnements interactifs de cartographie. Lorsque l'environnement intègre la troisième dimension ou que l'on se situe dans une cartographie virtuelle via la visualisation d'ortho photo, de MNT ou d'image satellitaire, le survol (fly over) vient alors compléter la gamme d'outils.
- Les outils de positionnement qui permettent à l'utilisateur de se situer sur la carte qu'il est en train de visualiser : le curseur géographique, qui permet à l'utilisateur de connaître les coordonnées géographiques ou les identifiants géographiques (nom, code ...) du point qu'il est en train de survoler ; le carton de situation (ou parfois appelé carte de référence), qui permet à l'utilisateur de situer la zone en cours de visualisation par rapport à l'ensemble de l'espace géographique intégré dans l'application. L'écran ayant une dimension définie, l'espace visualisé à l'écran n'est qu'un sous ensemble de l'espace cartographié.

3.5.2. Le multimédia

En rendant les cartes cliquables, et en appliquant les techniques de l'interactivité, celles-ci deviennent multimédia :

- Le passage de la souris sur un élément de la carte permet d'obtenir une information sémantique via une info-bulle (affichage du nom de l'objet survolé ou d'informations descriptives) ;
- des hyperliens associés aux objets cartographiés affichent des informations présentées sur des supports différents telles que les images, textes, photos, vidéo ... Cette technique permet de contextualiser l'élément cartographié et d'accéder à des informations temporelles.
- L'interrogation des cartes via des requêtes visuelles repose sur le principe des « hypermaps » (Laurini & Milleret-Raffort, 990) où les liens hypertextes et hyperdocuments sont associés aux entités géographiques, créant ainsi des hypercartes. Ce procédé permet une navigation non séquentielle de la carte par l'indexation d'un point de la carte vers d'autres documents cartographiques, ou d'autres couches d'informations géographiques. Il permet d'intégrer au sein d'un

même environnement des données hétérogènes, peu structurées et multi-dimensionnelles associant dimension spatiale et temporelle définies selon différents maillages cartographiques ou différentes granularités temporelles.

- le zoom dynamique (appelé aussi zoom sémantique) correspond à un changement d'échelle cartographique, de niveau de généralisation et modifie la forme des objets. Il induit un changement de contenu cartographique et graphique.

L'introduction de l'interactivité et du multimédia dans les cartes renforce donc le pouvoir informationnel des cartes et permet de mieux comprendre les données et le sens de la carte.

3.5.3. Le multifenêtrage et la synchronisation

Une des innovations majeures qui caractérisent ces environnements de géovisualisation se situe dans la mise en œuvre de l'interface elle-même. Il ne s'agit pas uniquement de construire des applications visualisant une seule carte, qu'elle soit animée, cliquable ou multimédia, mais de développer des interfaces multidimensionnelles composées de plusieurs fenêtres représentant chacune une dimension de l'information géographique. Comme dans les applications de « scientific visualization », la carte occupe une fenêtre et d'autres fenêtres sont là pour donner d'autres vues graphiques, cartographiques ou tabulaires représentant les trois dimensions de l'information géographique définies selon la Triade de Peuquet (où ? Quoi ? Quand ?) (Figure 18).

Ainsi peuvent être combinées au sein d'un même environnement des cartes interactives, multimédia ou animées, des graphiques temporels ou atemporels, des tableaux de données en fonction des différentes dimensions de l'information à représenter, de ses caractéristiques et des objectifs attendus. Ces fenêtres sont liées entre elles par des liens dynamiques et leur fonctionnement repose sur le principe de synchronisation et l'utilisation de requêtes visuelles effectuées au moyen de la souris, directement sur la carte ou le graphique (Figure 19). Ainsi dans le cas d'un survol d'un objet dans une fenêtre, la surbrillance s'applique aussi à tous les éléments situés dans les autres fenêtres qui sont en lien avec l'objet survolé. Chaque requête visuelle effectuée par l'utilisateur sur une des fenêtres déclenche alors deux actions successives : 1) la requête est interprétée et exécutée et 2) les résultats sont répercutés sur les autres fenêtres de façon dynamique (Figure 20)

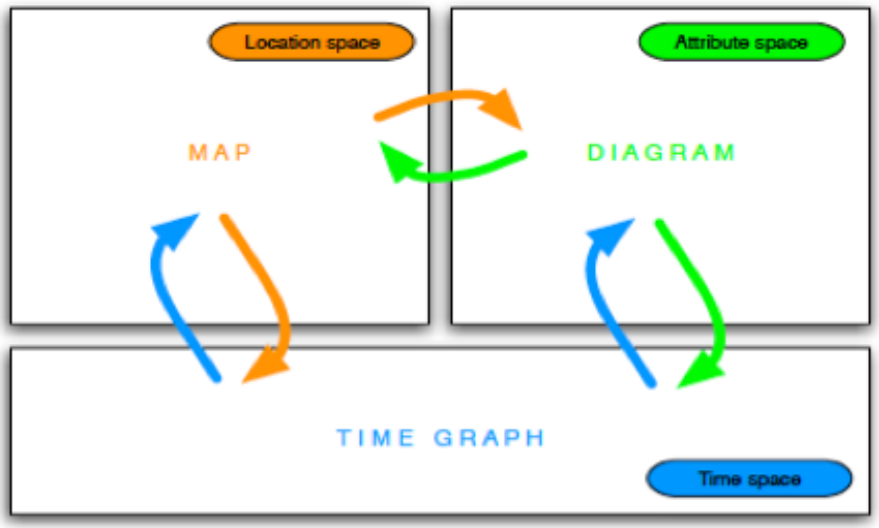


Figure 19. Multifenêtrage et synchronisation dans les interfaces de géovisualisation (d'après Kraak, 2010)

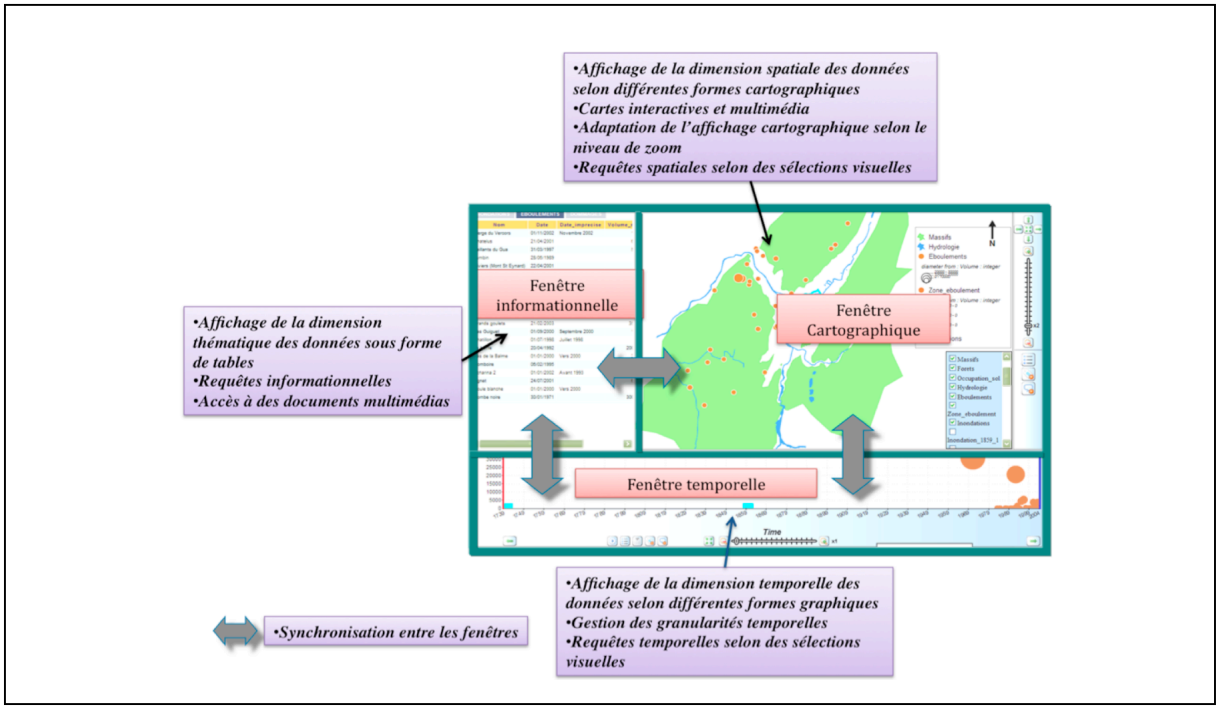


Figure 20. Fonctionnement d'une interface de géovisualisation : l'exemple de GenGHIS (Davoine & al, 2012)

3.5.4. L'animation

Comme évoqué précédemment, une visualisation animée voit son contenu évoluer dans l'interface selon un paramètre temps (temps de l'animation). Certaines animations visent à représenter des dynamiques dans le temps (évolution ou variation d'indicateurs, changement d'états, déplacement d'individus ou d'objets...), tandis que d'autres servent à mettre en évidence des éléments graphiques ou cartographiques (clignotement d'éléments sur la carte ; apparition / disparition répétée d'une couleur ou d'une forme sur la carte ...) ou à modifier l'expression graphique de la carte et effectuer des transformations cartographiques (transformation / déformation géométrique ou graphique des objets sur la carte ; transition animée d'une carte statique vers une anamorphose ; effets vidéos...). L'animation cartographique permet en plus de raconter une histoire, d'expliquer un processus, de révéler des modèles ou relations qui ne seraient pas lisibles sur une carte statique. Elle donne une véritable sensation du mouvement (Ormeling, 1995) non pas en raison des variables visuelles spécifiques ou de l'observation d'une évolution, mais grâce à une déduction de ce que le lecteur mémorise en observant l'animation. Aux variables visuelles classiques, s'ajoute l'impression visuelle commandée par les variables dynamiques et captées par le mécanisme œil-cerveau, qui enregistre les images sans les retenir et ne retient que le mouvement (Kraak & Ormeling, 1995). Différents types d'animations peuvent être envisagés pour représenter les dynamiques des territoires : affichage de séquences d'états d'un phénomène donné ou de différences successives représentant le changement (cf section 3.1, 3.2 & 3.3) ; affichage d'interactions entre 2 ou plusieurs phénomènes ; affichage de motifs temporels comme des traces.

Cependant, pour repérer, analyser et comprendre des tendances spatio-temporelles et des dynamiques territoriales, il est nécessaire d'interagir avec l'animation. Le lecteur doit pouvoir mener de façon simultanée un raisonnement spatial et un raisonnement temporel. Pour cela il doit pouvoir visualiser et interpréter simultanément la séquence temporelle et le rythme de l'animation. Or l'animation pose des problèmes de lecture liés notamment à la vitesse

d'affichage, au temps de lecture, aux difficultés de perception des objets graphiques et de leurs sémantiques. Par ailleurs ce qui se passe entre chaque image intermédiaire est aussi important, voire plus que ce qui est représenté sur les images (Peterson, 1995). Il est donc indispensable d'associer à l'animation l'interactivité, en disposant d'outils permettant d'interpréter et de contrôler l'animation, mais aussi de gérer l'étendue et la résolution temporelle. Ces outils, considérés aussi comme des légendes temporelles, peuvent être simples ou complexes (Edsall & Peuquet, 1997). Ils peuvent être numériques (heure ou date numérique), graphiques (sous la forme d'une ligne de temps ou d'un diagramme temporel ou d'une barre de défilement), iconiques (horloge, calendrier) (Cauvin & al, 2008). Le lien entre la carte et l'outil temporel repose sur le principe de synchronisation : au fur est à mesure que le temps écoulé défile dans la légende temporelle, les objets géographiques correspondant apparaissent ou disparaissent de la carte, se déforment ou se déplacent, changent de couleur ou de symbologie selon que l'on s'attache à représenter la dynamique d'un phénomène exploré à partir de séries temporelles ou des variations de la forme de la mesure de ce phénomène. L'utilisation de ces outils (Peterson, 1999 ; Kraak & al, 1997) offre la possibilité de considérer les temporalités dans leur contexte de déroulement : temps linéaire (passé, présent, futur) et le temps cyclique (saisons, jour/nuit, fréquence de retour). Ils constituent aussi un moyen d'interroger les données dans leur dimension temporelle.

- A minima, le contrôle de l'animation doit s'effectuer au moyen d'une barre de défilement qui indique l'écoulement du temps et qui intègre les fonctionnalités « Arrêt », « avance » ou « retour » et « réglage de la vitesse » (Figure 21);
- Selon que l'on s'intéresse à la représentation de phénomènes cycliques, périodiques ou saisonniers, ou bien linéaires, l'outil de contrôle sera de type TimeWheel ou Timeline (Figure 22).
- Dans le cas de granularités temporelles multiples, il peut être opportun de combiner plusieurs types d'outils graphiques (ligne de temps et représentation cyclique ; ligne de temps et représentation numérique...) (Figure 22).

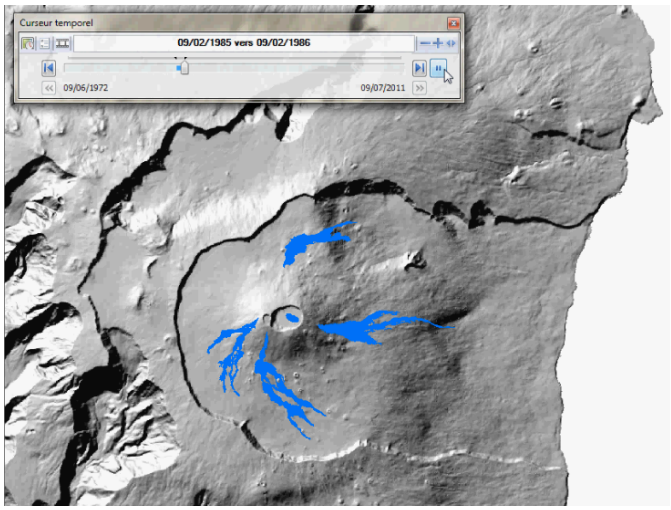
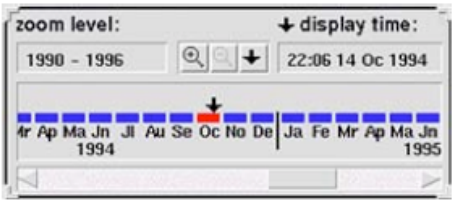


Figure 21. Barre de défilement utilisé pour la gestion de la carte animée représentant l'historique des coulées de lave du Piton de la Fournaise de 1972 à 2011 (Davoine, 2014).

- La combinaison d'une représentation numérique et d'une ligne de temps peut aussi être une façon de représenter différentes granularités temporelles (Figure 22).



a) Roue de Temps (*TimeWheel*), représentation de phénomènes cycliques, périodiques et saisonniers	b) Ligne de temps (*Timeline*), représentation linéaire et ordonnée

Figure 22. Exemples de légende temporelle (Edsall and Peuquet, 1997).

- Le diagramme temporel qui peut se présenter sous différentes formes (diagramme en bâtons, courbe, nuage de points) présente l'intérêt d'associer une information thématique (Figure 23).

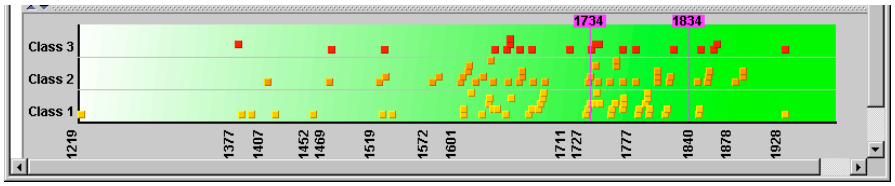


Figure 23. Exemple de diagramme temporel utilisé dans l'application SPHERE. Le défilement s'effectue par année ou par période (Davoine, 2014)

- Dans certains cas, la légende temporelle peut aussi être sonorisée. Ce procédé consiste à attirer l'attention de l'utilisateur en annonçant les dates ou les périodes pendant le défilement de l'animation.
- Lorsqu'on s'intéresse à l'espace temporel entre événements, une proposition consiste à associer un graphique temporel pour la chronologie des évènements et la timeline sur laquelle les périodes « inactives» sont mises en évidence (Figure 24).

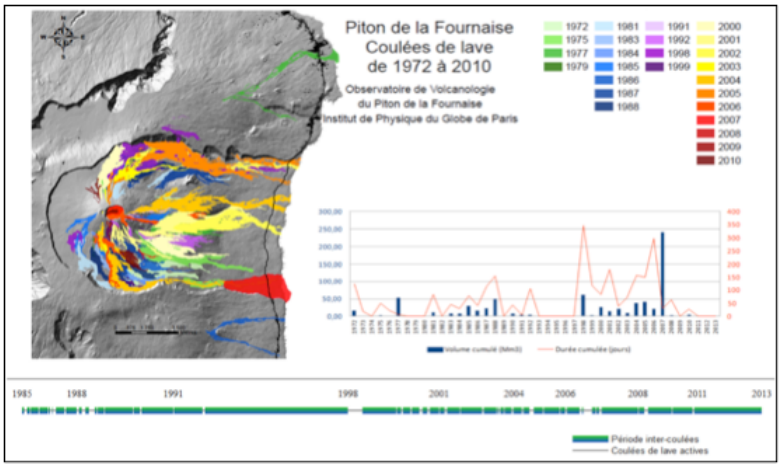


Figure 24. Proposition pour la prise en compte de l'espacement temporel dans une interface de géovisualisation. L'exemple des éruptions du Piton de la Fournaise (Saint-Marc & al, 2013).

3.5.5. Des outils de géovisualisation à la diversité des usages

Aujourd'hui, les outils de géovisualisation s'intègrent donc dans des systèmes de « visualisation » et permettent d'assurer différents services répondant à différents objectifs (Tableau 2). La carte reste bien entendu au cœur de ces environnements et les outils qui les composent permettent certes de localiser, de présenter les données, mais aussi de les interroger, de proposer des synthèses à la volée, et des analyses et de les explorer. Dans ce dernier cas, on donne en général les moyens à l'utilisateur d'éclairer lui-même son propre

jeu de données, de construire son propre éclairage du phénomène grâce à des outils de géovisualisation. Plusieurs niveaux de lecture et de « contextualisation » des informations spatio-temporelles sont permis selon différentes entrées (spatiale, temporelle, spatio-temporelle), allant jusqu'à permettre la construction de scénarii.

Outils / actions	Services rendus	Objectifs
Zoom / pan/ survol/ Infobulles / vue d'ensemble / modification de l'ange de vue	Navigation	Synthèse
Curseur de position / carton de situation	Situation	
Clic sur la carte / Activation des éléments de la légende via des boutons radios ou menus déroulants	Sélection	
Requêtes multicritères	Interrogation	Analyse
Changement de l'apparence des cartes, de la symbologie, du fond de cartes	Modification	
Agencement multi-vues synchronisées / Requêtes visuelles /Filtrage / Switch multionglets / transition vers d'autres vues	Contextualisation / Ré-évaluation (ou re-calcul) / Ré-expression / consultation multiniveaux	Exploration

Tableau 2. Outils de l'interactivité et services rendus (Davoine, 2014).

La diversité des outils de géovisualisation et des services qu'ils proposent ont profondément modifié le rôle et la place de l'utilisateur dans le processus de production cartographique et les usages des environnements de géovisualisation. Dans ces applications, l'utilisateur se situe au centre du dispositif cartographique selon le modèle d'interaction « User-Map » défini par MacEachren (1994). L'auteur identifie clairement les nouveaux usages et organise la production cartographique selon trois dimensions à savoir (Figure 25) :

- le type de public : entre privé (expert) et public (novice);
- l'état de la connaissance : révéler l'inconnu ou présenter le connu ;
- le niveau d'interaction proposé à l'utilisateur : de faible à élevé.

Selon ces trois critères mais aussi le degré de relation entre les données, l'environnement peut aider à explorer des données, à analyser et comprendre un phénomène, à synthétiser un ensemble d'observations ou de variables, ou simplement à présenter des résultats. Ainsi on peut positionner à un extrême d'un cube les productions cartographiques de présentation s'adressant à un large public, communicant une information élaborée et connue, ou le degré de liberté de l'utilisateur est minime. A l'opposé on trouve les environnements d'exploration des données, qui proposent une interactivité forte à un public plus spécialisé, dont l'objectif est de comprendre les données et de révéler des structures.

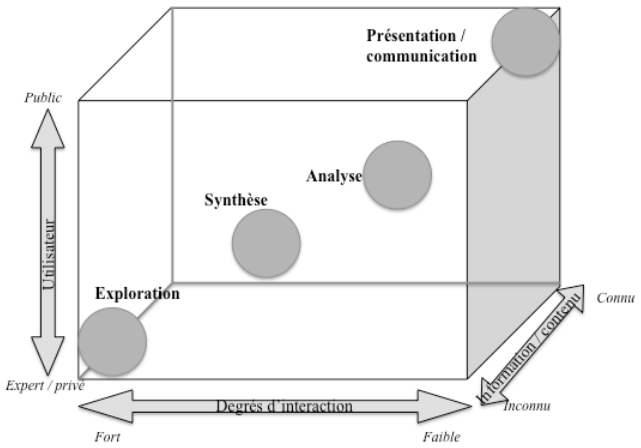


Figure 25. Géovisualisation au prisme de 3 dimensions (MacEachren, 1994)

Dans la partie qui suit, le cube de MacEachren (1994) nous servira de référence. Publié il y a 20 ans, ce cube illustrait des différences entre outils de visualisation dans un contexte de pratiques. Qu'en est-il aujourd'hui avec le développement de ces technologies, la diffusion de leurs usages et la démocratisation des nouvelles productions ?

4. Analyse de la diversité des productions

Comme nous l'avons vu dans les paragraphes 1 et 2, l'aspect temporel des processus est rarement appréhendé de façon conjointe avec l'espace dans les visualisations qui sont produites : il s'agit le plus souvent de représentations de type « snapshots » (suite de clichés), c'est-à-dire où le temps est vu comme une dimension extérieure sur laquelle se positionnent différents états de l'espace. Les processus ne sont pas représentés, tout au plus les changements. Notre hypothèse est que les problématiques de représentations des temporalités des territoires demeurent : on reste sur des représentations où l'innovation réside essentiellement dans la mise en situation par les nouvelles technologies, et non par des nouvelles conceptions des représentations spatio-temporelles. Les rares visualisations combinant cartographie et temps ne traitent souvent que sommairement des temporalités, en plaçant le temps dans l'attribut cartographié ou en déroulant une animation linéaire. La grande innovation que permettent ces outils est cependant la contextualisation (multifenêtrage) et le fait de proposer des vues multiples en termes de granularité temporelle ou spatiale. Ces outils permettent par exemple d'appréhender le temps de façon cyclique (l'exemple le plus commun étant la succession des saisons d'année en année) ou de proposer une exploration à différents niveaux de granularité (échelle de la semaine, du mois, de l'année, etc.).

Nous nous proposons ici de mettre la production actuelle, présente sur le web, à l'épreuve de cette hypothèse, sur la base d'une grille permettant d'identifier d'une part la diversité des productions et d'autre part la manière dont sont utilisés les différents outils de la géovisualisation, comment leur combinaison vient enrichir les représentations.

Nous présentons dans un premier temps le corpus d'applications analysées et le positionnons dans le référentiel proposé par Mac Eachren (1994) et présenté précédemment (§3). Nous nous attacherons ensuite à présenter la grille utilisée pour identifier les spécificités de ces environnements, tant dans la formalisation de l'espace et du temps que dans les outils mis en œuvre pour les représenter. Chaque développement a fait l'objet d'une description selon une grille détaillée que l'on trouvera en annexe 1 de ce rapport. Nous en présentons une synthèse critère par critère. Puis, nous présentons les résultats d'une analyse multivariée, permettant d'identifier quelques catégories représentatives de la production actuelle. Par ailleurs, un site internet accompagnant ce rapport (http://www.map.archi.fr/jyb/puca/) synthétise les positions des environnements relativement à chacune des entrées qui vont être détaillées dans le §4.2.

4.1. Positionnement du corpus

Le corpus analysé se compose de 47 sites internet. Le choix a été fait de ne sélectionner que des applications diffusées sur internet. Le web est aujourd'hui le vecteur principal de diffusion des productions cartographiques, soit parce que ce sont des développements spécifiquement réalisés pour être diffusés sur le web, soit parce ces applications ont été développées dans d'autres environnements mais sont quand même relayées sur le web, via des vidéos par exemple. La collecte s'est opérée par exploration du web sur une période de 6 mois par 5 personnes différentes, indépendamment, chacune ayant des thèmes de recherche différents. Le seul critère de sélection étant « représentation de phénomène se déroulant dans le temps et dans l'espace » sans critère a priori du public ciblé, ni du

phénomène, ni des technologies mises en œuvre. On ne peut bien évidemment pas évaluer la représentativité de ce sous ensemble, mais les intersections entre les différentes collectes ont permis d'en évaluer la pertinence : le fait que ces intersections existent mais soient faibles relativement au reste, valide le fait que le sous-ensemble reflète une certaine diversité des développements spatio-temporels qui sont mis sur le web. Une première validation a été opérée en positionnant ces applications relativement aux trois dimensions qui sous-tendent le cube de Mac Eachren (1994), à savoir: l'interactivité, le lien avec l'information et le type de public. En positionnant le corpus étudié relativement à ces trois dimensions, nous avons pu d'une part évaluer la diversité des applications, mais aussi l'évolution des développements par rapport au référentiel défini il y a vingt ans. Nous présentons simultanément les critères et la distribution du corpus sur l'échelle des modalités considérées. La liste des sites analysés se trouvent dans l'annexe 1. Le Tableau 3 synthétise ces distributions.

- L'interactivité : ce critère a été évalué selon 2 modalités selon que l'application était interactive ou pas. Le niveau de spécialisation des outils d'interactivité mis à la disposition des utilisateurs, a été évalué selon deux modalités : niveau de base (outils classique de déplacement, de zoom…) et outils spécifique (légende, graphique…). La grande majorité des applications sont interactives, ce qui est cohérent avec notre point de collecte, mais qui prouve aussi que qu'un nombre significatif d'applications sont encore développées sans utiliser cette caractéristique. Les applications rencontrées qui ne sont pas interactives, traitent soit du spatio-temporel via la sémiologie graphique, soit sont simplement animées. L'interactivité permet d'enrichir l'expérience de l'utilisateur, en lui offrant la possibilité de personnaliser la visualisation ou de pousser l'analyse s'il le souhaite. De plus, à l'heure du Web 2.0, les utilisateurs d'Internet souhaitent de plus en plus être acteurs de leur navigation, et non plus seulement spectateurs. Cette tendance est entretenue chez les concepteurs des applications.

- L'animation : environ la moitié des applications sont animées. Cela va dans le sens de notre hypothèse, à savoir que l'animation se prête particulièrement bien à la représentation du temps, car elle permet de « dérouler » le temps et présenter une histoire ou l'évolution d'un paramètre comme une maquette de la « réalité ». Cependant il ne s'agit pas de la seule façon de représenter le temps, ce qui peut expliquer qu'on la rencontre seulement dans la moitié des cas. Certaines animations visent à représenter des dynamiques dans le temps (ex : variation d'indicateurs démographiques au cours du temps, dans l'Atlas de l'INED) tandis que d'autres servent uniquement à mettre en évidence des éléments graphiques (ex : transition animée d'une carte ordinaire vers une carte en anamorphose)

- Lien dynamique avec les données : c'est le critère que nous avons utilisé pour rendre compte de la 3è dimension du cube, à savoir la connaissance sur les données. Lorsque les données sont « connues » du producteur de l'application, c'est une vue cartographique synthétique qui est donnée à l'utilisateur qui n'est plus « connectée » aux données. Tandis qu'un lien dynamique vers les données met l'utilisateur dans un rôle de « producteur » d'une carte pour explorer les données. Par ailleurs la façon dont l'application est liée aux données influe sur ses potentialités, en termes de généricité (outil applicable à d'autres jeux de données) et de fonctionnalités (potentialités d'analyses sur les données. 64% des applications ont un lien dynamique avéré avec les données. Cela concerne donc une grande majorité des applications.

	Possède	Ne possède pas	Indéterminé
Interactivité	89%	11%	
Animation	51%	49%	
Lien dynamique avec les données	64%	25%	11%

Tableau 3. Répartition des applications du corpus selon les trois critères de MacEachren (1994)

Si l'on reprend le référentiel proposé par MacEachren pour décrire les types d'applications, il semblerait tout d'abord qu'il y ait une translation du cube le long de l'axe « interactivité » puisque quasiment toutes les applications permettent à l'utilisateur d'interagir avec elles que ce soit pour zoomer ou pour explorer plus précisément les données. La Figure 26(a) signifie ce déplacement à partir de la situation théorique de référence (en pointillés). Par ailleurs la Figure 26(b) illustre le positionnement des différentes applications. Les cercles sont proportionnels au nombre d'applications concernées par le positionnement. La couleur est relative au type. Par rapport aux quatre types de cartographie de références du cube de MacEachren, deux nouveaux types émergent : la « contextualisation des données » et la « présentation des données ». Il semblerait que le déplacement vers l'interactivité s'accompagne de développements très tournés vers les données, au détriment sans doute des types « analyse » et « synthèse ». Il peut s'agir de deux processus disjoints (déclin des 2 types d'un côté, et émergence de 2 autres de l'autre) ou d'une transformation de conception d'environnement. Quoiqu'il en soit ce deuxième déplacement (illustré sur la Figure 26(b) par des flèches) conduit à penser que les données s'observent plus que les phénomènes analysés , et que l'on « présente » moins de synthèses et plus de données ; l'analyse est remplacée par une mise en contexte ou par des visualisations originales des données qui peuvent elles-mêmes nécessiter des analyses poussées mais qui sont transparentes pour l'utilisateur. Parallèlement, le type « récit » est de plus en plus utilisé : la synthèse s'anime sous forme de récit où le narrateur (spécialiste) n'est plus nécessaire grâce aux effets de sémiologie dynamique et l'utilisateur peut, grâce à l'interactivité et l'animation, rejouer le récit à l'envie.

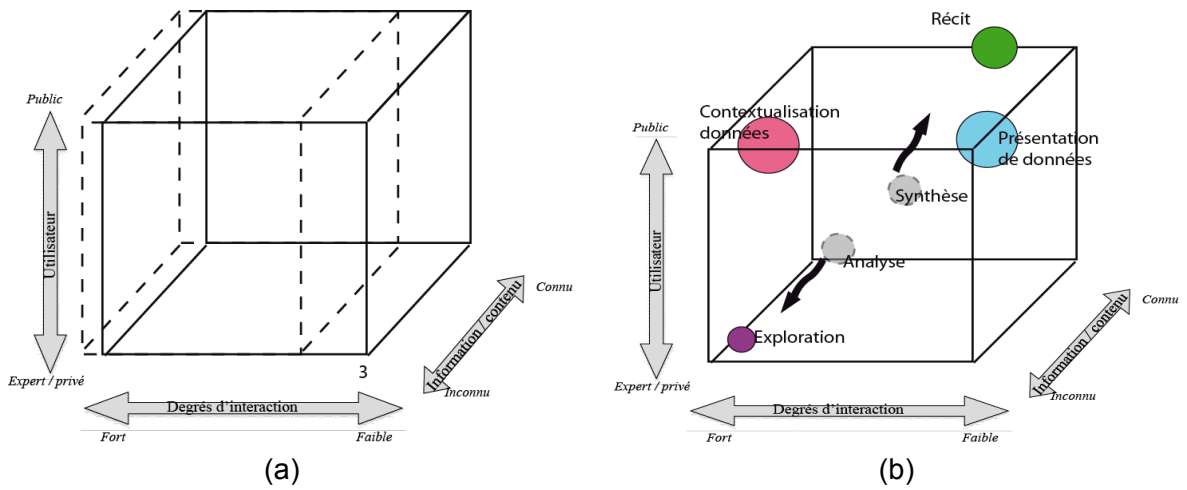


Figure 26 : Le corpus analysé relativement au référentiel proposé par MacEachren (1994)

4.2. Méthodologie d'analyse

L'analyse de notre corpus repose sur une grille structurée en trois niveaux : conceptuel, applicatif et factuel. Les fiches de l'annexe 1 restitue l'ensemble de la grille et montrent comment, d'une application à l'autre, elle permet de présenter les applications de façon comparable.

4.2.1. Niveau de la conception : les dynamiques ciblées et les services rendus par la visualisation

Il s'agit ici d'identifier le phénomène représenté et les objectifs, les attentes auxquelles répondent les applications de visualisation dynamique (Tableau 4). Classiquement deux types de phénomène sont identifiés :

- Les processus d'évolution, qui correspondent à un changement d'état. Celui-ci peut consister soit dans la variation ou la modification de la forme d'une entité spatiale au fil du temps, soit dans la modification de la valeur des variables qui y sont rattachées. Par exemple, l'évolution des frontières des pays correspond à une transformation géométrique de l'entité géographique « pays » (modification de la forme du pays et de la limite des frontières). L'expansion des villes correspond aussi à ce type de transformation.

- Les processus de mobilité correspondent à des changements de localisation d'objet géographiques dans l'espace au cours du temps. De nombreuses réalisations s'intéressent à la représentation des mobilités des populations au sein d'un territoire ou entre territoires. La mobilité peut être appréhendée à l'échelon élémentaire sous forme de trajectoire des individus ou des objets, ou agrégée à l'échelon des mailles d'un découpage géographique sous forme de flux entrant et sortant.

A partir de là chacun des deux types est subdivisé (Tableau 4, tableau 5).On trouve :

- des changements : la localisation d'événements (ex : catastrophes naturelles, ouverture / fermeture de services, conflits ...), les changements d'états de l'espace (ex : variation d'occupation du sol, densité de population, …), les changements de forme (ex : étalement urbain, …)
- des mouvements : les déplacements d'individus (ex : déplacements quotidiens des individus, trajectoires de navires, …) et les flux ou déplacements de quantités (ex : volumes d'imports/exports, …).

- Critères	Modalités	% dans le corpus
Dynamiques spatiales	Dynamique de localisation d'événements (catastrophes naturelles, ouverture / fermeture de services, conflits...)	25%
	Changement d'état de l'espace (occupation du sol, urbanisation, ...)	38%
	Changement de forme (marée noir, ville..)	6%
	Déplacements d'individus (trajectoires quotidiennes des individus)	28%
	Flux, échanges entre lieux (navettes domicile - travail ...)	19%

Tableau 4 : types de dynamique spatiales

Le Tableau 5 donne un exemple de chacun des types issu du corpus. Une application peut permettre de visualiser l'un ou plusieurs de ces types de dynamiques à la fois.

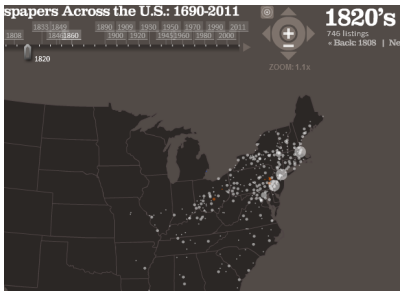
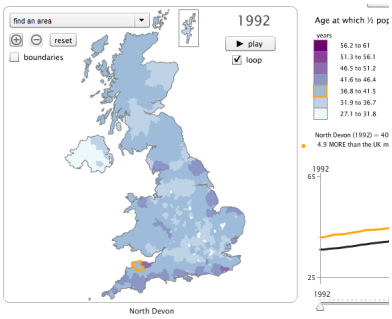
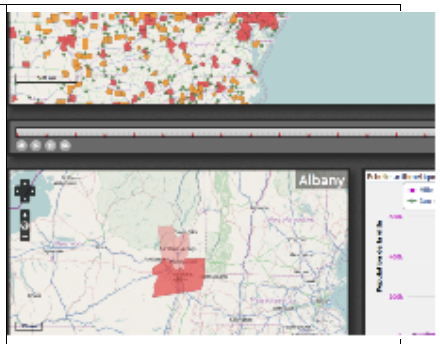
		
Localisation d'événements (*The Growth of Newspaper accross the US*)	Changement d'états de l'espace (*Ageing and the UK*)	Changement de forme (*Harmonie-Cités*)
Déplacements d'individus (*Bostonography*)	Déplacements de quantités / flux (*Small arms and ammunition*)	

Tableau 5 : Les types de dynamiques représentées

La dynamique de changement d'état de l'espace est prédominante dans les applications. On la rencontre dans près de 40% des cas, rarement conjointement avec d'autres dynamiques. A elle seule, elle représente 50% du nombre d'occurrence de toutes les autres dynamiques réunies. Les dynamiques de territoire sont en effet souvent appréhendées comme des variations d'indicateurs (par exemple démographiques) par unités spatiales, qui segmentent ce territoire (par exemple communes, départements, etc.).

A l'opposé, les changements de forme ne sont pas souvent représentés dans les visualisations temporelles (seulement 6%). Les autres dynamiques se situent dans une situation intermédiaire (rencontrées dans 19% à 28% des applications).

Le deuxième critère du niveau de la conception est le service rendu, c'est-à-dire l'objectif visé par l'auteur de la visualisation. L'objectif conditionne la façon dont les phénomènes sont représentés, dont la visualisation est « mise en scène » et influe sur l'utilisation qui sera faite de l'application. Ainsi, les services rendus par les visualisations peuvent être la présentation simple de données d'inventaire, la présentation de scénario ou de récits, ou l'exploration et l'analyse de jeux de données. Certaines visualisations rendent également un service de prédiction de données (Tableau 6 , Tableau 7)

- Critères	Modalités	% dans le corpus
Services rendus	Présentation de données (Localisation d'objets)	43%
	Présentation de récits	40%
	Exploration	47%
	Prédiction-prospective	21%

Tableau 6: Types de services rendus

Le service rendu par les applications le plus fréquent est l'exploration (47% des applications), suivi de près par la présentation de données (43%) et la présentation de récit (40%). Le service de prédiction-prospective ne concerne que 21% des applications.

Les applications rendent souvent plusieurs services à la fois. Le service d'exploration est légèrement prédominant sur les autres : il représente 45% du nombre d'occurrence de tous les autres services réunis, contre environ 38% pour les présentations de données et de scénarios. On peut l'expliquer par le fait qu'il apporte une valeur ajoutée à la simple présentation et qu'il est attractif pour certains utilisateurs qui souhaitent en savoir plus sur la thématique présentée. Il peut permettre d'accéder à un niveau supérieur de compréhension des phénomènes par une analyse plus poussée.

En revanche, le service de prédiction-prospective est moins représenté. Il est sans doute plus complexe à mettre en œuvre, car sous-tendu par des modèles de prévision. Il s'agit d'un cas particulier comparé aux autres types de services.

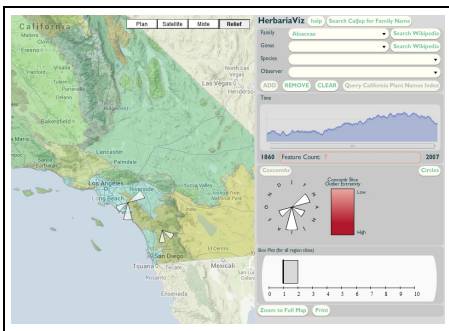
	
Présentation de données (*HerbariaViz*)	Exploration de données (*Crime Analysis*)

Tableau 7 : Les types de services rendus

Certaines visualisations, en délivrant par exemple un contenu technique et de multiples outils d'analyses, sont conçues pour s'adresser plutôt à un public de spécialistes du domaine qu'elles présentent. D'autres en revanche présentent un contenu qui se veut facile d'accès,

destiné à tous les publics. Ces deux publics ne sont pas antagonistes et on peut rencontrer des applications qui s'adressent à la fois aux deux publics en proposant des fonctionnalités adaptées à chacun. Comme le montre le Tableau 8, les applications étudiées s'intéressent aussi bien au grand public qu'aux spécialistes.

Type de public visé	Part dans le corpus
Grand public	62%
Professionnels et spécialistes	68%

Tableau 8: type de public visé

Cependant une part importante des applications (30%) ciblent à la fois les deux types de publics, en proposant des données faciles d'accès pour le grand public, mais également des données et fonctions plus avancées pour les professionnels et spécialistes.

4.2.2. Niveau applicatif : processus, modes de représentation et d'exploration

Ce deuxième niveau de la grille permet de décrire les choix réalisés dans les applications. On s'attache à analyser la représentation du temps, la représentation de l'espace, les autres éléments (diagramme-graphique, histogramme, ...) présents dans la visualisation et l'interactivité relative aux différents composants.

- ***Représentation du temps***

Le temps des événements peut être représenté de différentes façons : par le temps dans le cas d'une visualisation animée (ex : une seconde d'animation représente une année de temps), par de l'espace grâce à un graphique ou une ligne de temps (ex : 1cm sur le graphique représente une année), ou par l'attribut des données (ex : coloration des événements en fonction de leur date).

Dans le corpus analysé, le temps est très souvent représenté par l'espace dans les visualisations de dynamiques territoriales (87% des applications). Dans près de la moitié des cas (49%), il est représenté par l'animation (Tableau 9, Tableau 10).

La majorité des applications utilisent donc une représentation spatiale pour figurer le temps, par exemple sous forme d'une ligne de temps ou de graphiques. Cette prévalence peut s'expliquer par l'apport d'avoir un repère visuel du temps qui passe, par exemple pour se figurer sa vitesse d'écoulement lors d'une animation. Cela explique donc aussi que 40% des applications utilisent à la fois le temps de l'animation et l'espace pour représenter le temps. En réalité, seules 36% des applications utilisent uniquement l'espace pour représenter le temps, et 9% utilisent uniquement le temps.

Types de représentation du temps	Part dans le corpus
Par le temps	49%
Par l'espace	87%
Par l'attribut	23%

Tableau 9:Types de représentation du temps

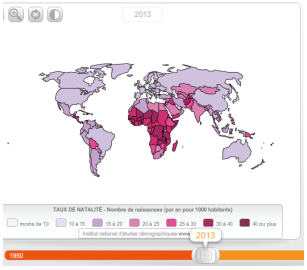
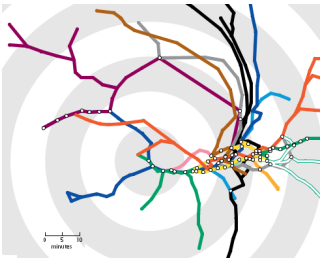
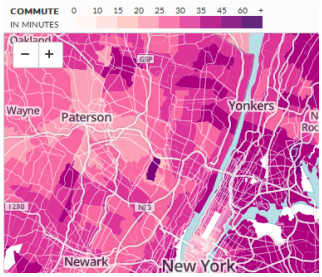
		
Représentation du temps par l'espace dans une ligne de temps avec curseur (*Atlas de l'INED*)	Représentation des temps de trajet par l'espace qui se déforme (*Tube Map London*)	Représentation du temps dans l'attribut des cantons, ici par la couleur (*Mega-Commuters Take Manhattan*)

Tableau 10:Différents exemples de représentations du temps

L'un de nos postulats lors de cette étude était que le temps est représenté le plus souvent dans l'attribut des données. Or, il n'est finalement représenté par l'attribut que dans 23% des applications étudiées. Ce résultat s'explique sans doute par la démarche de constitution du panel : les applications du corpus couvrent divers types de visualisation et pour la plupart innovantes. Par conséquent, une représentation temps-espace donnée n'apparaît qu'une seule fois dans notre panel, alors qu'elle peut être utilisée dans de très nombreuses applications sur le web. La proportion dans le panel n'est donc pas un indicateur du nombre absolu d'utilisation de cette représentation à travers le web, mais un indicateur de diversité.

- **Représentation de l'espace**

L'espace dans lequel se situent les données est le plus souvent représenté par une carte. Mais il peut également être représenté par un graphique, ou par un cartogramme.

Le Tableau 11 montre que l'espace est presque toujours représenté par une carte (98% des applications). Lorsque ce n'est pas le cas, il est représenté sous forme de schéma-cartogramme dans 9% des applications (et est associé dans 75% des cas à une représentation sous forme de carte). La représentation de l'espace par un graphique concerne quant à elle 19% des applications.

La représentation sous forme de carte est donc largement prédominante. Les représentations alternatives de l'espace, qui permettent d'apporter un autre regard sur les données, sont donc encore relativement marginales.

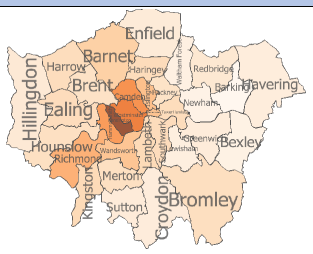
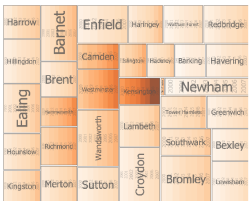
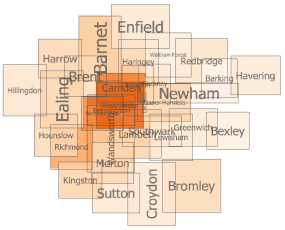
Type de représentation de l'espace	Exemple	Part dans le corpus
Carte		98%
Graphique		19%
Cartogramme - schéma		8%

Tableau 11 : types de représentation de l'espace (source : *Treemaps House Prices*)

- **Présence de graphiques**

Des graphiques peuvent être inclus dans les visualisations. Ils permettent généralement d'apporter un autre point de vue que la carte sur les données et/ou de présenter d'autres variables thématiques. Ils peuvent être temporels, c'est-à-dire représenter des temporalités, ou bien atemporels. Certaines visualisations combinent ces deux types de graphiques (Tableau 13). Comme le montre le Tableau 12, 55% des applications du corpus intègrent des graphiques, en majorité des graphiques temporels (71% des graphiques rencontrés). Les graphiques temporels sont environ 2,5 fois plus nombreux que les graphiques atemporels. Ceci peut s'expliquer par le fait que la dimension temporelle est inhérente aux visualisations de dynamiques des territoires. Leur prédominance semble donc logique (présents dans 47% des applications), même si les graphiques atemporels apportent une information différente (présents dans 19% des applications). 11% des applications contiennent à la fois les deux types de graphiques.

Types de graphiques	Part dans le corpus
Graphique temporel	47%
Graphique atemporel	19%
Aucun	45%

Tableau 12 : Les types de graphiques dans les applications du corpus

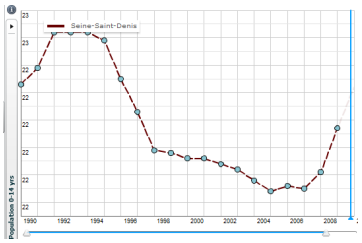
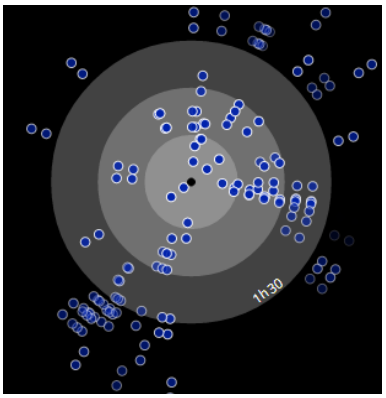
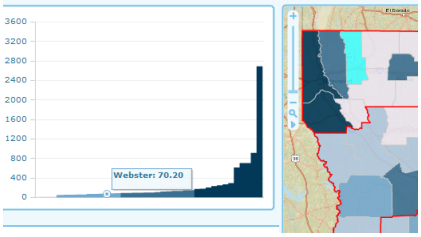
		
Graphique temporel : le temps est représenté sur l'axe des abscisses (*OECD Regional eXplorer*)	Graphique temporel : les cercles concentriques représentent des durées (*Commuting Scales*)	Graphique atemporel : le graphique permet de comparer les valeurs des régions (*InstantAtlas Dynamic Report*)

Tableau 13:Exemples de types de graphiques dans les applications du corpus

4.2.3. Niveau factuel : grilles détaillées comparatives

Enfin, au troisième niveau de l'analyse, trois grilles plus exhaustives peuvent être remplies de façon systématique, en vue de pouvoir comparer les applications entre elles. Ces trois grilles reprennent les composantes des applications dynamiques des temporalités des territoires :

- une grille sur le temps
- une grille sur l'espace

- **Temps représenté**

Différentes échelles de temps peuvent être représentées dans les visualisations : un temps immédiat (sur une période inférieure à la journée), un temps court (de la journée au mois), un temps intermédiaire (de quelques années à quelques dizaines d'années) ou un temps de l'Histoire (supérieur au siècle).

Le Tableau 14 montre que le temps intermédiaire est prévalent (présent dans 43% des applications). En revanche, le temps de l'Histoire est sous représenté (13% des applications). Dans 6% des cas, plusieurs échelles temporelles sont accessibles dans les applications : il s'agit toujours du temps intermédiaire accompagné d'une autre. A lui seul, le temps intermédiaire (de quelques années à dizaines d'années) représente deux-tiers du nombre d'occurrence de toutes les autres échelles réunies. L'échelle de l'année semble en effet être l'échelle de collecte de données la plus fréquente (études démographiques par exemple). Et les études d'observation des dynamiques du territoire n'ont lieu que depuis quelques décennies, ce qui peut expliquer que les visualisations sur le temps de l'Histoire (supérieur au siècle) soient peu rencontrées (12% des applications). Le temps immédiat (inférieur à la journée) et le temps court (de la journée au mois) sont chacun présents dans 25% des applications.

Echelles temporelles	Part dans le corpus
Temps immédiat	25%
Temps court	25%
Temps intermédiaire	43%
Temps de l'Histoire	13%

Tableau 14 : Les échelles temporelles représentées dans le corpus

- **Espace représenté**

Différentes échelles spatiales peuvent également être visualisées : l'échelle locale (du point à l'échelle de la commune), intermédiaire (échelle de la région), globale (du pays au continent) ou mondiale.

Le Tableau 15 met en évidence que la couverture locale (échelle de la commune) est la plus fréquente (représentée dans 47% des applications). Elle représente à elle seule 85% du nombre d'occurrence de toutes les autres échelles spatiales réunies. Si elle prévaut largement, l'échelle d'étude globale (du pays au continent) est assez fréquente également (25% des applications).

Les couvertures spatiales intermédiaire (échelle de la région) et mondiale sont sous-représentées par rapport aux deux autres (chacune présente dans seulement 15% des applications). Les visualisations s'intéressent donc rarement à ces échelles.

Echelles spatiales	Part dans le corpus
Echelle locale	47%
Echelle intermédiaire	15%
Echelle globale	25%
Echelle mondiale	15%

Tableau 15 : Types d'échelles spatiales représentées dans le corpus

- **Granularité temporelle**

La granularité temporelle correspond au pas de temps auquel s'intéresse la visualisation (ex : données visualisables toutes les heures, année par année, …). La granularité temporelle peut être simple (un seul pas de temps disponible) ou multiple (les données peuvent être visualisées selon plusieurs pas de temps, coexistants ou alternatifs) (Tableau 16).

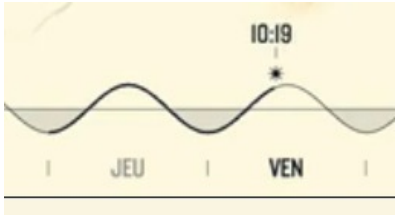
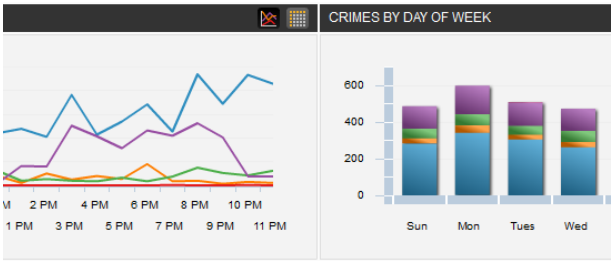
	
Les granularités du jour et de la minute sont toutes les deux visualisées (*Ville Vivante Genève*)	Statistiques sur les données à la granularité de l'heure et du jour (cartovista, *Crime Analysis*)

Tableau 16 : Exemples de granularité

La majorité des applications (83%) utilisent une granularité temporelle simple (Tableau 17). La granularité temporelle simple est ainsi presque 5 fois plus représentée que la granularité temporelle multiple. Peut-être la granularité multiple nécessite-t-elle un travail de conception plus poussé. En tous les cas, on peut en conclure que la majorité des applications de géovisualisation intègrent une conception de la dimension temporelle minimaliste, éventuellement au profit d'une réflexion plus grande sur la dimension spatiale, mais passent ainsi à côté de la richesse apportée par l'analyse temporelle.

Type de granularités temporelles	Part dans le corpus
Simple	83%
Multiple	17%

Tableau 17 : Types de granularités temporelles représentées dans le corpus

- **Granularité spatiale**

La granularité spatiale correspond au maillage géographique visualisable, à la taille de l'unité spatiale sur laquelle sont visualisées les données. Tout comme la granularité temporelle, elle peut être simple (une seule échelle de maillage spatial sur le territoire) ou multiple (plusieurs échelles ou plusieurs maillages coexistants ou alternatifs) (Tableau 18)

Le Tableau 19 montre qu'une majorité d'applications (79%) utilise une granularité spatiale simple. Celle-ci est 4 fois plus présente dans les applications que la granularité spatiale multiple. De même que pour la granularité temporelle, la granularité spatiale multiple est peut-être plus compliquée à mettre en place dans une visualisation dynamique, bien qu'elle soit légèrement plus répandue que la granularité temporelle multiple.

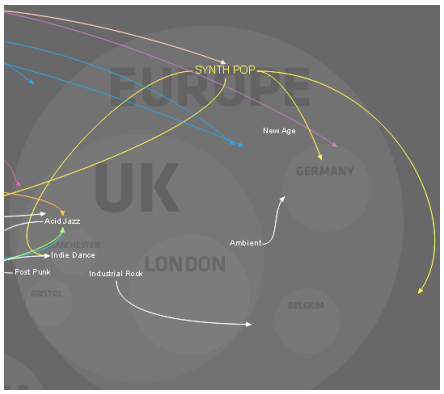
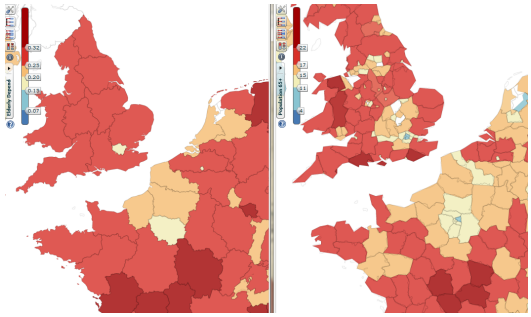
	
Granularité spatiale multiple : localisation d'événements à la fois dans des continents, pays et villes (*How music travels*)	Plusieurs maillages spatiaux alternatifs de visualisation (*OECD Regional eXplorer*)

Tableau 18 : exemples de granularité spatiale

Granularités spatiales	Part dans le corpus
Simple	79%
Multiple	19%
Inconnue	2%

Tableau 19 Granularités spatiales représentées dans le corpus

4.3. Analyse de la diversité

Comme le montrent les fiches détaillées de l'annexe 1, chaque application a fait l'objet d'une description fine. Treize critères d'analyse ont été présentés dans les deux paragraphes précédents (3 au §4.1 et 10 au §4.2) (Tableau 20). Ces critères principaux ont été retenus en vue de mener une analyse systématique sur le corpus d'applications. Ces critères, extraits des différents niveaux de la grille de lecture, doivent permettre de décrire la variabilité existante dans le corpus d'applications. Il s'agit d'identifier les relations existantes entre eux et de dégager des tendances parmi les visualisations dynamiques de temporalités du territoire.

Environnement interactif
Environnement animé
Lien dynamique avec les données
Dynamiques spatiales
Services rendus
Public visé
Représentation du temps
Représentation de l'espace
Graphiques
Granularité temporelle représentée
Granularité spatiale représentée
temps représenté
Espace représenté

Tableau 20 : ensemble des 13 critères retenus pour analyser conjointement la diversité des applications

La première étape de ce travail a été de tester les relations deux à deux entre les caractéristiques des applications, pour voir s'il y avait des associations systématiques. Nous avons ainsi identifié 7 relations entre critères dans les visualisations du corpus dont nous rendons compte dans le Tableau 21 :

- présence d'animation et service rendu,
- présence d'animation et échelle de temps représentée,
- présence d'animation et échelle d'espace représentée,
- présence d'animation et granularité spatiale,
- présence d'animation et représentation du temps,
- type de dynamique et échelle de temps représentée,
- service rendu et type de public.

Relation	Intensité (R2 ANOVA)	Explicitation
Présence d'animation – Service rendu	54%	- les applications qui rendent un service d'inventaire sont très *rarement animées* ; - les applications qui rendent un service de récit sont *souvent animées*.
Présence d'animation – Echelle de temps représentée	55%	– les applications qui présentent un temps de l'Histoire sont *plus animées que la moyenne* ; – les applications qui présentent un temps immédiat sont *moins animées que la moyenne*.
Présence d'animation – Echelle d'espace représentée	45% (faible)	- les applications qui présentent un espace intermédiaire ne sont *jamais animées* ; - les applications qui présentent un espace global ou mondial sont *plus animées que la moyenne*.
Présence d'animation – Granularité spatiale	30% (faible)	- les applications qui présentent une granularité spatiale multiple sont *le plus souvent animées* ; - les applications qui présentent une granularité spatiale simple sont *le plus souvent non animées*.
Présence d'animation - Représentation du temps	88% (très fort)	– les applications animées représentent souvent le temps *à la fois par le temps et l'espace* ; – les applications non animées représentent souvent le temps *par l'espace uniquement*.
Type de dynamique – Echelle de temps représentée	59%	– les applications qui présentent des changements états de l'espace sont souvent associées à un *temps intermédiaire* ; – les applications qui présentent des mobilités sont souvent associées à un *temps immédiat ou court* ; – les applications qui présentent des changements de forme sont souvent associées au *temps de l'Histoire* ; – les applications qui présentent à la fois des localisations d'événements ET des mobilités sont souvent associées à un *temps immédiat* ; – les applications qui présentent à la fois des mobilités ET des flux sont souvent associées à un *temps court*.
Service rendu – Type de public	54%	– les applications qui proposent un service d'exploration seul s'adressent *souvent aux spécialistes* et peu souvent au grand public ; – les applications qui proposent un service de récit s'adressent *souvent au grand public* ; – les applications qui proposent à la fois un service de récit ET d'exploration s'adressent souvent aux deux publics à la fois : *grand public ET spécialistes*.

Tableau 21 : Relations entre caractéristiques des visualisations

Nous avons ensuite réalisé une analyse multivariée[1] qui nous a permis de définir qu'au-delà des critères dans leur globalité, certaines modalités de ces critères sont liées entre elles. Cela signifie que si une visualisation possède l'une de ces modalités comme caractéristique, il y a de fortes probabilités qu'elle possède aussi l'autre. Les résultats sont présentés dans le Tableau 22.

[1] ACP sur tableau de présence/ absence des différentes modalités

Relation	Explicitation
Type de dynamique - Graphiques	Les applications qui présentent des changements d'état de l'espace intègrent des *graphiques atemporels* plus souvent que la moyenne.
Type de public - Graphiques	Les applications qui s'adressent à des professionnels et spécialistes intègrent plus de *graphiques temporels* que la moyenne.
Types de public – Granularité temporelle	Les applications qui utilisent une *granularité temporelle multiple* s'adressent souvent à des professionnels et spécialistes.
Service rendu – Granularité temporelle	Les applications qui rendent un service de récit utilisent souvent une *granularité temporelle simple*.
Echelle d'espace - Echelle de temps	Les applications qui présentent un espace intermédiaire ont tendance à représenter également un *temps intermédiaire*.
Echelle d'espace – Représentation de l'espace	Les applications qui représentent l'espace à une échelle mondiale *représentent l'espace par un graphique* plus souvent que la moyenne.
Représentation du temps – Représentation de l'espace	Les applications où le temps est représenté par l'attribut des données représentent majoritairement l'espace sous forme de carte
Représentation du temps – Service rendu	Les applications où le temps est représenté par l'espace remplissent plus que la moyenne un *service de prédiction ou prospective*.
Type de dynamique - Service rendu	Les applications qui présentent des localisations d'événements remplissent aussi souvent un *service d'inventaire*.
Type de dynamique - Echelle d'espace - Interactivité	Les applications qui présentent une dynamique d'état de l'espace s'attachent plus que la moyenne à un *espace mondial* et sont souvent *interactives*.

Tableau 22: Corrélations entre modalités des critères descriptifs des visualisations

Afin de dégager des groupes ou des tendances parmi les visualisations dynamiques des temporalités des territoires, nous avons réalisé une classification (CAH) sur la base des critères descriptifs retenus.

Les résultats permettent de classer les visualisations en 9 types d'applications (G1 à G9), qui regroupent chacun de 3 à 10 applications. Les critères qui expriment la diversité de ces groupes sont représentés dans le Tableau 23.

	Critères											
Types	**Animé**	**Lien données**	**Dyna-mique**	**Service**	**Public**	**Graphi-ques**	**Visu Temps**	**Visu Espace**	**Echelle Temps**	**Echelle Espace**	**Grain Temps**	**Grain Espace**
G1	non	oui	Mobilités, localisation	présen-tation / prédiction	Grand public	peu	attribut	sémiotique	**immédiat**	**local**	simple	simple
G2	non				**Spécia-listes**				**Intermé-diaire**	**Intermé-diaire**		
G3	oui		**Flux, mobilités**				**temps**		court	**local**		
G4	oui	non	Forme	**récits**	Grand public	peu	temps	sémiotique	historique	global, mondial		**multiple**
G5	oui	oui	Etat	**exploration**		majorité Atem-porels	temps		Intermé-diaire	**global**		**multiple**
G6		oui		présen-tation, exploration					**court**	local	**multiple**	multiple
G7		oui	Etat	exploration	Spécia-listes			sémiotique	court, intermé-diaire	**local**	**multiple**	simple
G8	oui		Etat	**récit**	Grand public		temps			**global**	simple	simple
G9	oui		Etat	exploration	Grand public	majorité Atem-porels	temps	graphique		**mondial**	simple	simple

*(Légende : les cases vides signifient que le critère n'est pas une caractéristique du groupe, sinon la modalité la plus représentative est signalée – les modalités **soulignées** sont celles qui distinguent ce groupe des autres – les couleurs n'ont pas de signification particulière et servent juste à distinguer plus facilement les modalités des variables)*

Tableau 23 : Caractéristiques discriminantes des groupes de visualisations analysées

On peut ainsi identifier des catégories fines d'applications parmi les productions web qui représentent des temporalités territoriales. Le Tableau 24 présente ces types ainsi que les applications qu'ils concernent.

	Intitulé	Applications concernées
G1	**Présentations statiques de données de localisations et de mobilités à grande échelle**	1)Bostonography, 2)Isokron, 3)Marine Traffic, 4)Mega-Commuters Take Manhattan, 5)Photographer's ephemeris, 6)Quick route, 7)ReRouteMe, 8)TubeMap London, 9)Wind Maps, 10)Yosemite Park Hiking Map
G2	**Visualisations statiques à échelle intermédiaire destinées aux spécialistes**	1)2001 vs 2011 Census, 2)American Migration, 3)FlowMap, 4)Gruben Glacier, 5)HerbariaViz, 6)InstantAtlas, 7)IRSN Mesure de la Radioactivité, 8)JflowMap, 9)Newspaper accross the US, 10)Simulateur climatique Météo France
G3	**Visualisations animées de flux et de mobilités à grande échelle**	1)Bike Share Map, 2)Commuting Scales, 3)MATSim, 4)MIRO, 5)STEM gis Animations, 6)Ville Vivante
G4	**Récits historiques animés à l'échelle mondiale, à destination du grand public**	1)How music travels, 2)The centennia historical atlas, 3)TimeMap
G5	**Visualisations exploratoires animées à une échelle globale**	1)Datar, 2)OECD eXplorer, 3)Visualizing emancipation, 4)Voting America
G6	**Visualisation de présentation et d'exploration sur une échelle locale et un temps court, à granularité temporelle multiple**	1)Crime Analysis, 2)CrimeViz, 3)1 mois de Vélib
G7	**Visualisations exploratoires de changement d'état de l'espace à une échelle locale, à granularité temporelle multiple**	1)City of Melbourne, 2)Data rose, 3)Treemaps, 4)Wakame
G8	**Présentations de récits animés de changements d'état de l'espace, destinées au grand public**	1)Ageing and the UK, 2)Animeye, 3)Sars Epidemic, 4)Statistik Austria
G9	**Visualisations exploratoires animées de changement d'état de l'espace à l'échelle mondiale, destinées au grand public**	1)Atlas INED, 2)Global Peace Index, 3)Small arms and ammunitions

Tableau 24 : Intitulé des groupes et applications de visualisation de dynamiques concernées

En conclusion, 13 critères ont été identifiés comme étant d'intérêt pour analyser la diversité des visualisations dynamiques des temporalités des territoires. Les analyses réalisées

permettent de mettre en évidence certains modes de représentation de l'information sous-utilisés actuellement (tels que le lien dynamique avec les données, les granularités spatiale et temporelles multiples, les graphiques associés à la carte), alors qu'ils apporteraient une richesse importante aux visualisations. Ils montrent également que certains types de dynamiques territoriales sont moins visualisés que les autres (en particulier les dynamiques qui entrainent des changements de forme d'objets spatiaux et les flux).

L'analyse permet d'identifier 9 catégories de visualisations dynamiques des temporalités des territoires, grâce au panel d'applications sélectionnées dans le corpus. Ces 9 types sont a priori représentatifs de la majorité de la production sur le web. Ces catégories se distinguent chacune par un ou plusieurs indicateurs.

Dans les applications actuelles, certains de ces critères sont souvent représentés conjointement. Cela met en évidence les tendances actuelles dans la conception de visualisations dynamiques des temporalités territoriales, mais souligne aussi les zones de vide en montrant que certains indicateurs sont rarement associés alors qu'ils ne paraissent pas exclusifs. La prise en compte de ces associations entre indicateurs pourrait permettre d'élaborer de nouveaux modes de visualisation, innovants, qui enrichiraient la diversité des applications.

5. Réflexions sur les enseignements et perspectives

L'analyse de la variété des visualisations dynamiques et les discussions tenues lors du séminaire du 5 février 2014 au PUCA permettent de dégager un certain nombre de questions en suspens quant aux représentations des dynamiques territoriales. Le séminaire avait pour but de rassembler un certain nombre de spécialistes afin d'éclairer certains des enjeux futurs liés à la question de la représentation dynamiques des temporalités des territoires. Le programme s'articulait autour des questions suivantes :

- Quels legs méthodologiques ? Quelles réutilisations ?
- Comment la cartographie et la sémiologie graphique viennent enrichir les représentations des dynamiques des territoires ?
- Quelles innovations sont liées aux données sur les mobilités, qui constituent aujourd'hui une des sources importante des nouvelles données et qui se justifie par la croissance du phénomène de mobilité qui est au cœur de beaucoup de questionnements ?
- Quels enseignements peut on tirer des pratiques de simulations ?
- Quels sont les nouveaux enjeux associés aux pratiques participatives et aux données ainsi constituées ?

Nous synthétisons ici les différentes présentations et discussions de cette journée.

5.1. Le paramètre temps, un grand absent

L'étude que nous avons réalisée a souligné clairement un déséquilibre net entre attention portée au paramètre espace et attention portée au paramètre temps. Ce dernier est souvent réduit à une sorte de « portion congrue » - un attribut secondaire, vu comme simple. Cela se traduit par des *a priori* presque systématiques (temps vu comme linéaire, discret, ancré, à granularité simple), limitant très largement la portée informationnelle des données mobilisées et notre capacité à les analyser de façon innovante. Pour comprendre et interpréter de façon renouvelée, à fins décisionnelles, une dynamique spatiale, il paraît indispensable d'élargir l'éventail de solutions offertes à l'analyste en matière de modélisation et de représentation du paramètre temps, en répondant par exemple aux questions suivantes :

- Si le temps est une variable multidimensionnelle, alors quelles sont les dimensions du paramètre temps à prendre en compte pour analyser une dynamique spatiale à l'échelle du territoire ?

- Quelles sont aujourd'hui les définitions et classifications opérationnelles permettant de rendre compte de la multi-dimensionnalité du paramètre temps ?

- Quels sont les services spécifiques à attendre de la modélisation et de la représentation des différentes dimensions du paramètre temps (par exemple, mise en évidence de récurrences, impact du modèle temps discret sur la restitution d'une transformation, apport du raisonnement en temps ordinal, etc.)

- Puisque les jeux de données produits intègrent aujourd'hui des temporalités de plus en plus hétérogènes, comment faire du paramètre temps un paramètre incluant la notion de multi-granularité temporelle ?

- Comment doivent être prises en comptes les temporalités longues, comment rendre comptes des problèmes spécifiques que pose l'étude d'évolutions se déroulant dans le temps de l'Histoire, avec ce que cela implique « d'imperfections » dans les données disponibles ? Comment rendre compatibles et mutuellement enrichissantes l'observation de temporalités courtes, pour lesquelles le retour d'expérience est possible, et des temporalités longues, pour lesquelles on cherche à densifier un état de connaissance ?

- Quels sont les apports respectifs des solutions représentant le temps par de l'espace (frises, curseurs, roues, etc.) et des solutions représentant le temps par du temps (animations) ?

5.2. Des données massives, mais quelle qualité de données ?

Avec notamment l'émergence de solutions dites « collaboratives », et des dispositifs de suivi temps réel (transports en commun, ou téléphonie mobile par exemple) la quantité de données spatialisables croît de façon significative. Les masses de données, que les systèmes de collecte en temps réel génèrent, posent en réalité des problèmes d'interprétation considérables, imposant de rechercher de nouvelles modalités de réduction dimensionnelle, de sérialisation, de classes de valeurs, questions appelées à devenir de plus en plus prégnantes dans les années à venir. Par ailleurs certaines de ces données, en particulier les données issues de démarches collaboratives, posent des problèmes de fiabilité significatifs. Autrement dit, le jeu de données spatiales certes s'enrichit, avec plus de précisions spatiales et temporelles, mais avec cette croissance plusieurs familles de questions émergent :

- Face à des modalités d'extraction de données fortement hétérogènes, comment rendre compte de façon lisible et analysable des spécificités de telle ou telle donnée, de tel ou tel jeu de données, en terme de crédibilité, de vérifiabilité, de cohérence, de portée spatiale et temporelle ?

- Quels outils d'analyse (quels modèles, quels outils visuels) développer face à des masses de données pour lesquelles les réponses exclusivement cartographiques sont manifestement mal adaptées ? Quels mécanismes de simplification / regroupement / prétraitement mettre en œuvre sans perte de sens ?

- Quels protocoles définir pour réaliser des collectes des données plus adaptées aux représentations dynamiques des temporalités des territoires, en particulier dans leurs dimensions temporelles ?

5.3. Modalité de représentation : un enjeu interdisciplinaire

Cette étude a notamment permis de mettre en évidence les rapports existants ou ayant existé entre la cartographie stricto sensu – entrée souvent privilégiée pour analyser une dynamique spatiale – et le champ de la visualisation d'informations, où la formalisation de la dimension temporelle et le recours à l'abstraction apportent un contrepoint utile. Au-delà, les expériences rapportées et les constats que nous avons mis en évidence, soulignent la nécessité grandissante de s'inscrire dans une logique d'interdisciplinarité pour dépasser les verrous existants, et faire face avec pragmatisme aux complexités nouvelles (données

massives, hétérogènes, non vérifiables, multi-supports, temps réel, etc.). Plusieurs pistes sont aujourd'hui à explorer pour renouveler et étendre les pratiques graphiques dominantes :

- La multiplication des types de données géolocalisées, ou encore l'émergence de plateformes 3D ou pseudo-3D par exemple, posent avec une acuité nouvelle la question de la gestion des échelles : quelle représentation multiscalaire face à des données dont l'éventail d'échelles s'élargit ?

- A l'heure où des pratiques sociales inédites – réseaux sociaux typiquement – transforment notre relation à un territoire, à des proximités et où les jeux d'emboîtements simples ne traduisent plus un découpage territorial univoque, comment poser les bases d'une *multi-représentation* du territoire, diverse mais cohérente et interopérable ?

- Bien que certaines dimensions aient été largement analysées, comment mettre en place des règles de sémiologie graphique animée exhaustives et adaptées aux informations spatio-temporelles et aux technologies numériques dans toutes leurs dimensions ?

5.4. Intégrer la troisième dimension : des enjeux à explorer

De nombreuses solutions de manipulation de la donnée spatiale ou spatio-temporelle tentent aujourd'hui d'intégrer la donnée 3D à la fois en amont (acquisition) et en aval (représentation, interfaces). Cette intégration n'est pas sans poser des problèmes sérieux, tant technologiques que méthodologiques, encore largement inexplorés :

- Comment gérer de façon lisible le contraste de définition (résolution spatiale, niveaux de détails) entre une information géographique fine et une volumétrie 3D (notamment du bâti) souvent approchée, voire simulée ? Comment ne pas introduire un biais de lecture en mélangeant une logique de localisation et d'explicitation géométrique relevant de la cartographie, et une logique d'expression des volumes relevant du jeu vidéo ?

- Sur quelles variables graphiques (au sens de J. Bertin) appuyer la production de représentations 3D, animées ou non ? La cartographie a su s'imposer comme une logique de réduction du réel, et comme une logique de codification visuelle largement partagée. Mais quel équivalent dans le monde de la modélisation géométrique 3D, et comment attendre une compréhension rapide et partagée d'un contenu 3D sans cet effort de réduction et de codification visuelle ?

- Quelle est l'efficacité réelle, en terme de navigabilité, d'une interface 3D, et quelle est la courbe d'apprentissage qui sera imposée à l'utilisateur de ces solutions, qui s'affranchiraient des codes et usages classiques de la cartographie numérique 2D ?

5.5. « Geovisualanalytics » : un nouveau paradigme transdisciplinaire ?

Un constat clair est que les bases de connaissances des paradigmes, théories, concepts de sémiologie, de base de données, de modélisations spatiales et temporelles doivent être réinterrogées pour tenir compte de toutes les dimensions temporelles et de ses

caractérisations. Les nombreuses applications développées soulèvent de plus en plus la question d'une transdisciplinarité.

Notre étude a montré (si besoin était) que représenter des temporalités n'est pas un souci neuf, et que de nombreux enseignements peuvent être tirés en croisant trois grandes familles de pratiques, de legs : chronographie, cartographie, visualisation de données et d'informations (dataviz, infoviz). Les solutions informatiques nous apportent aujourd'hui de la capacité de calcul, des interactions, de la multimodalité, du temps réel, de l'externalisation ouverte – mais avant elles, bien des solutions visuelles, souvent très ingénieuses ont été développées pour raisonner conjointement sur l'espace et le temps, et parfois de façon beaucoup plus efficace et économe. Dans quel cadre pourra être mené un travail de compilation et d'analyse systématique de ces legs, permettant d'une part de réinvestir des concepts encore non exploités dans l'ère numérique, et d'autre part de dépasser des frontières disciplinaires encore trop présentes ?

En mettant en avant le néologisme *geovisualanalytics*, de nombreux travaux montrent qu'une meilleure intégration à l'analyse de dynamiques spatiales des apports de la discipline *infovis* (visualisation d'informations) et de son excroissance *visual analytics,* doit être vu comme un objectif prioritaire, pour faire face à la fois à l'effet de masse des données et à leur nécessaire croisement dans et hors de la dimension spatiale.

5.6. Une meilleure diffusion scientifique de l'innovation

Le cloisonnement disciplinaire est également palpable dans la diffusion et la publication des travaux. Il pose la question de la diffusion scientifique des avancées majeures, aussi bien théorique et conceptuelle qu'applicative et technique, de la « Geovisualanalytics » via un support adapté, accessible et transdisciplinaire.

Alors qu'il existe de nombreux blogs et sites web qui relayent des visualisations dynamiques originales, il demeure un vrai manque d'un espace pour fédérer les avancées.

Cet espace scientifique doit être conçu comme une plate-forme collaborative, un webservice d'apprentissage, de communication sur les applications, les modèles et les traitements sous-jacents, afin d'en permettre leur reproductibilité et leur maîtrise dans la lecture et la compréhension des phénomènes observés quel que soit le publics visé (signalons au passage qu'un premier pas a été réalisé vers une telle plate-forme d'échange entre disciplines avec la création récente de l'Association Française de Dataviz et de sa plateforme web : http://www.visualdecision.fr).

6. Bibliographie

Aigner W., Miksch S., Muller W., Schumann H., Tominski C., 2008, « Visual Methods for Analyzing Time-Oriented Data », IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 14, No. 1, pp 47 – 60

Andrienko N., Andrienko G., Gatalsky P., 2003, Visual Data Exploration using Space-Time Cube, Proceedings of the 21th International Cartographic Conference (ICC), The International Cartographic Association, Durban 2003

Andrienko N., Andrienko G., Gatalsky P., 2003, Exploratory spatio-temporal visualization,: an analytical review, Journal of Visual Languages and Computing, 14 2003,pp 503-541

Andrienko G., Andrienko N., Dykes J., Fabrikant S. I., Wachowicz M. 2008. "Geovisualization of dynamics, movement and change: key issues and developing approaches in visualization research", Information Visualization, 7(3-4):173-180.

Antoni J-Ph**,** Klein O. **et** Moisy S., 2004, « Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 288, mis en ligne le 21 octobre 2004, consulté le 05 juillet 2014. URL : http://cybergeo.revues.org/2621 ; DOI : 10.4000/cybergeo.2621

Arnaud A., Davoine P-A., 2009, Temporal geovisualization in risk aera, International Cartography Conférence, November 15-21, 2009, Santiago du Chili

Arnaud A, Davoine P-A, 2009. « Cartographie des temporalités dans le domaine des risques », in le Monde des Cartes. Revue du comité français de cartographie, n°202, décembre 2009. pp. 59-70.

Banos A, Thevenin Th, 2005 : « La carte animée pour révéler les rythmes urbains », Revue Internationale de Géomatique, Vol 15, n° 1, pp. 11-31

Bertin J., 1067, La sémiologie graphique. Paris, Gauthiers-Villars, 1967, 431 p

Blaise JY, Dudek, I. 2011, «Concentric Time: Enabling Context+Focus Visual Analysis of Architectural changes», *Foundations of Intelligent Systems, Sc.Ed.: M. Kryszkiewicz, H. Rybinski, A. Skowron, W. Raś, Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg*,* http://www.springerlink.com/content/g430m21237g76766/

Caron C., Roche S., Larfouilloux J., Hadaya P. (2005), « A New Classification Framework for Urban Geospatial Web Sites », *Cybergeo : European Journal of Geography*

Cauvin C., Escobar F., Serradj A., 2008, Cartographie thématique: Des voies nouvelles à explorer, coll. IGAT Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale, Hermes, Paris, p 320,

Cheylan J.-P., Lardon S., Mathian H., Sanders L., 1995 « Les problématiques de l'espace et du temps et les SIG », *Revue Internationale de Géomatique*, n° 4, p. 287-305, 1995.

Claramunt C., Thériault M., 1995, « Managing time in GIS : an event-oriented approach », dans Clifford J., Tuzhilin A. (dir.), *Proceedings of the International Workshop on Temporal Databases : Recent Advances in Temporal Databases*, Springer-Verlag, Zurich, Suisse, p. 23-42, 1995.

Couclelis H., 1992, « People manipulate objects (but cultivate fields) : beyond the raster-vector debate in GIS », dans Frank A.U., Campari I., Ormentini U. (dir.), *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*, Springer Verlag, Berlin, p. 65-77, 1992.

Cunty C., Mathian H., Groupe Cartomouv , 2011, Cartographier le changement : analyse des pratiques sur le web, Actes du colloque SAGEO 2011.

Davoine P-A, Moisuc B. Gensel J., 2012, "GenGhis: un environnement pour la génération d'interfaces de visualisation spatio-temporelle", chapitre dans Développements logiciels en géomatique, sous la responsabilité de B. Bucher et F. Le Ber, Hermès, Collection traité IGAT, Hermès, 2012

Davoine P.-A., Saint-Marc C., Di Muro A., Staudacher T., Villanova-Oliver M., Boissier P., 2012 "Constructions cartographiques pour la caractérisation de l'aléa volcanologique du

Piton de la Fournaise : Cartographie de séries de données chrono-spatiales", in Actes Conference Internationale de Géomatique et Analyse Spatiale, SAGEO 2012, Liège (Belgique), 7-9 novembre 2012.

Davoine P-A, 2014, Contributions Géomatiques pour la Gestion des Risques Naturels, Mémoire d'habilitation à Diriger des Recherches, Université de Grenoble, 2014.

DiBiase D, MacEachren A. M., Krygier J. B., Reeves C, 1992, . Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization ., Cartography and Geographic Information Science, vol. 19, nÅã 4, October 1992, p. 201-214.

Dukaczewski D., 2006. « Entities – Cartotropic Method of Selection of Static and Dynamic Variables for Temporal Cartographic Animations ». International Conference on Cartography and GIS, january 2006

Edsall, R. M., and D. J. Peuquet. 1997. "Graphical query techniques for temporal GIS." ACSM/ASPRS Annual Conference, Seatt;e. WA, 1997, pp. 182-189.

Elmqvist N., Riche Y., Henry Riche N. and Fekete J-D., 2010, Mélange: Space Folding for Visual Exploration. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 16(3): 468–483, 2010. (voir aussi http://www.aviz.fr/)

Frihida A., Marceau D. J., Thériault M., 2003, Dimension temporelle et modélisation d'une animation cartographique dans un SIG orienté objet. Revue Internationale de Géomatique 13(1): 107-127.

Galton A. 2004, « Fields and objects in space, time, and space-time », *Spatial Cognition and Computation*, vol. 4, n° 1, p. 39-68, 2004.

Galton A., 2004 « Fields and objects in space, time, and space-time », *Spatial Cognition and Computation*, vol. 4, n° 1, p. 39-68, 2004

Gatalsky P, Andrienko N, Andrienk, 2004, G, Interactive Analysis of Event Data Using Space-Time Cube, Proccedings of the Eighth International Conference on Information Visualisation (IV'04) 1093/9547/04, 2004.

Hägerstrand T., 1970, « What about people in regional science? », Papers of the Regional Science Association, 24, 1970, p.7-21.

Hearnshaw, H. M.; D. J. Unwin (Hrsg.): Visualization in Geographic Information Systems. John Wiley & Sons, Chichester, 1994, pp. 243.

Kaddouri L. 2008, « Réflexion sur la sémiologie graphique animée des flux », Mappemonde, no 89, p. 1-12.

Kapler T., Wright W. , 2004, , "GeoTime Information Visualization", INFOVIS '04 Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization IEEE Computer Society Washington, DC, USA 2004

Kienreich W. 2006, "Information and Knowledge Visualisation: an oblique view", MIA Journal, Vol. 0, Numb. 1

Köbben B. et Yama M., 1995. « Evaluating Dynamic Visual Variables ». International Cartographic Association, Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica, Madrid, Spain, August 30 - September 1, 1995, 7p.

Kraak M-J., Edsall R., MacEachren A-M., 1997, "Cartographic Animation and Legends for Temporal Maps: Exploration and or Interaction". Proceedings of the 18th International Cartographic Conference, Stockholm, Sweden, 1997, p. 253-260.

Kraak M-J 2001, Wep maps and atlases. In Web cartography : developments and prospects. Taylor and Francis, London, pp 135-140, 2001.

Kraak M-J, 2003, The space-time cube revisited from a geovisualization perspective, Proceedings of the 21 th International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa, 10-16 august 2003

Kraak M-J., 2003, “Geovisualization illustrated”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2003, 57(6-5), p. 390-399.

Kraak M-J, Ormeling F, 2003, Cartography, Vizualization of spatial data, second edition, Pearson Education, 2003

Kraak M-J, Ormeling F, 2010, Cartography, Vizualization of spatial data, third edition, The Guilford Press, 2010

Kraak M.J., Ormeling F. and F-J., 2011, Cartography: visualization of spatial data. New York, Guildford Press, 2011.

Kraak M-J., Edsall R., MacEachren A-M., 1997, « Cartographic Animation and Legends for Temporal Maps: Exploration and /or Interaction », dans Proceedings of the 18th International Cartographic Conference, Stockholm, Sweden, p. 253-260. http://www.geovista.psu.edu/publications/MacEachren/Kraak_etal_97.PDF

Kwan M.-P., Lee J. 2003, Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3 D GIS : A Time-Geographic Approach, in M.F. Goodchild, D.G. Janelle, *Spatially Integrated Social Science : Examples in Best Practice,* Oxford University Press.

Kwan M-P, 2004, GIS Methods in time-geographic research: Geocomputation and visualization of human activity patterns. Geografiska Annaler, Series B: Human Geography 86(4): 267-280, 2004

Laurini R. Milleret-Raffort F. 1990 *Principles of Geomatic Hypermaps*. 4th International Symposium on Spatial Data Handling. Zurich, 23-27 Juillet 90. Edited by K. BRASSEL. Pp. 642-651

Le Petit B., Pumain D. (993, *Temporalités urbaines*, Paris, Anthropos, collection « Villes », 316 p.

L’Hostis A., 1997, *Images de synthèse pour l’aménagement du territoire : la déformation de l’espace par les réseaux de transport rapide*, Thèse de doctorat en Aménagement de l’espace et Urbanisme, sous la direction de P. Mathis, Université F. Rabelais - Centre d’Etudes Supérieures d’Aménagement, Tours.

L’Hostis A., 2003, « De l’espace contracté à l’espace chiffonné. Apports de l’animation à la cartographie en relief des distances - temps modifiées par les réseaux de transport rapides », Revue internationale de géomatique, vol. 13, n°1, p. 69- 80.

MacEachren A-M, 1995, How Maps Work. Representation, Visualization, and Design, The Guilford Press, 1995.

MacEachren A-M., 1994, “Time as a cartographic variable”, dans Visualization in Geographic Information Systems,

Mennis J.L., Peuquet D.J., Qian L., 2000 « A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation », *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, n° 6, p. 501-520, 2000.

Ormeling F.J., 1995, ”Teaching animation cartography”, dans Proceedings of the Seminar on Teaching Animated Cartography, Madrid, Spain.

Peterson M-P., 1994. « Spatial Visualization through Cartographic Animation: Theory and Practice ». Spatial Visualization through Cartographic Animation: Theory and Practice. Proceedings of Geographic Information Systems / Land Information Systems GIS/LIS (1994), pp. 619-628.

Perterson, M-P.,1999, « Active legends for interactive cartographic animation ». Technical communication, int. J. Geographical information science, vol. 13, No. 4, 1999, pp. 375-383.

Peuquet D.J., 1994, « A conceptual framework for the representation of temporal, dynamics in geographic information systems », *Annals of the Association of American, Geographers*, vol. 84, n° 3, 1994, p. 441-461.

Renolen A., 2000, « Modelling the real world : conceptual modelling in spatiotemporal information system design », *Transactions in GIS*, vol. 4, n° 1, p. 23-42, 2000

Rodier X., Saligny L., 2010 « Modélisation des objets historiques selon la fonction, l'espace et le temps pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, 2010, disponible à l'adresse : http://cybergeo.revues.org/index23175.html

Sabol, V., & Scharl, A., 2008, Visualizing temporal-semantic relations in dynamic information landscapes. 11th International Conference on Geographic Information Science AGILE2008 Semantic Web Meets Geospatial Applications Workshop (pp. 1-6). Retrieved from http://geoanalytics.net/GeoVis08/a15.pdf

Saint-Marc C., Davoine P-A, Villanova-Oliver M., 2014, Proposal for methods to map natural historical phenomena: application to volcanic hazard and flood hazard in La Réunion, France, Journal of Maps, 2014

Scharl A., Tochtermann K. (Eds.) 2007, "The Geospatial Web Advanced Information and Knowledge Processing Series 2007", London: Springer

Ségura L., 2003. « Analyse spatiale et carte animée : construction d'un prototype d'animation des dynamiques démographiques ». *Revue internationale de géomatique*, vol.13, n°1, pp. 93-105.

Spence R. ,2001, "Information vizualisation", Addison Wesley ACM Press

Shneiderman B., Cart S.K., Mackinlay J.D, (1999, , "Readings in Information Visualization: Using Vision to Think", Morgan Kaufmann

Thevenin T.**,** Chardonnel S., Cochey E. 2007, « Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon : Une analyse de l'Enquête-Ménage-Déplacement par les programmes d'activités », *Espace populations sociétés*, 2-3

Tufte E. R., 2001, The Visual Display of Quantitative Information (2nd edition 2001), Graphics Press

Tufte E.R.,1990, "Envisioning information", Graphics Press

Worboys M.F.1995, « A unified model of spatial and temporal information », *Computer Journal*, vol. 37, n° 1, p. 26-34, 1994

Worboys M.F., 2005 « Event-oriented approaches to geographic phenomena », *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 19, p. 1-28, 2005.

YUAN M., 2001, « Representing complex geographic phenomena with both object- and field-like properties », *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28, n° 2, p. 83-96, 2001.

Tables des figures

Figure 1. Du phénomène à sa représentation : un enchainement d'étapes confrontant modèles et environnements technologiques 8
Figure 2. La représentation dynamique de temporalités : des legs méthodologiques à mobiliser 14
Figure 3. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps et données » (période avant 1500) 15
Figure 4. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps » (période 1500-1800) 16
Figure 5. Confrontation des représentations « orientées espace » et « orientées-temps » (période après1800) 17
Figure 6. La carte de Minard : une carte emblématique supoprt de réflexion méthodologique pour la représentation du temps 19
Figure 7. Une application du format visuel « small multiples » dans le contexte d'une évaluation visuelle comparative de différents scénarii d'évolutions en glaciologie (G.Jouvet et al., Numerical simulation of Rhonegletscher from 1874 to 2100, J. Comput. Phys. (2009).). 20
Figure 8. Trois unités graphiques du dispositif de F. Galton, représentant trois jours d'observations. Chaque unité graphique est ici redécoupée verticalement (observations le matin, à midi, le soir) et horizontalement (pression, vent et pluies, température). 21
Figure 9. Sémiologie graphique et variables visuelles proposées par Bertin (1967) 22
Figure 10. Représentation de la trace d'un objet selon Bertin (1967) 22
Figure 11. Sémiologie graphique pour la représentation du temps dans les cartes selon Vasiliev (Cauvin & al 2008) 23
Figure 12 . Le temps à travers le cube spatio-temporel a) d'après Kraak (2003); b) d'après Kuan (2004) 24
Figure 13. Cube spatio-temporel pour la représentation des évènements : la position verticale représente la date à laquelle s'est produit l'événement, la taille des cercles représente un attribut thématique tel que l'intensité du séisme (d'après Gatalsky & al, 2004). 25
Figure 14. L'horaire de train d'E.J Marey (1885) source : E.R Tufte (1990) 26
Figure 15. Carte animée 3D pour révéler les temporalités (Banos & al, 2005) 29
Figure 16. Données mises en œuvre dans Boyandin, Bertini, Lalanne (2012) - analyse de flux migratoires appuyée (bas) sur une animation et (haut) sur une série type « small multiples ». 30
Figure 17. Variables animées et représentation des temporalités (d'après Arnaud & al, 2009) 31
Figure 18. De la Triade de Peuquet à la géovisualisation (d'après Kraak, 2011). 33
Figure 19. Multifenêtrage et synchronisation dans les interfaces de géovisualisation (d'après Kraak, 2010) 35
Figure 20. Fonctionnement d'une interface de géovisualisation : l'exemple de GenGHIS (Davoine & al, 2012) 36

Figure 21. Barre de défilement utilisé pour la gestion de la carte animée représentant l'historique des coulées de lave du Piton de la Fournaise de 1972 à 2011 (Davoine, 2014). 37
Figure 22. Exemples de légende temporelle (Edsall and Peuquet, 1997). 38
Figure 23. Exemple de diagramme temporel utilisé dans l'application SPHERE. Le défilement s'effectue par année ou par période (Davoine, 2014) 38
Figure 24. Proposition pour la prise en compte de l'espacement temporel dans une interface de géovisualisation. L'exemple des éruptions du Piton de la Fournaise (Saint-Marc & al, 2013). 38
Figure 25. Géovisualisation au prisme de 3 dimensions (MacEachren, 1994) 40
Figure 26 : Le corpus analysé relativement au référentiel proposé par MacEachren (1994) 44

Table des tableaux

Tableau 1. Pertinence des variables visuelles dans des cartes dynamiques (d'après Kobben et al 1995 ; Dukaczewski 2006) 31
Tableau 2. Outils de l'interactivité et services rendus (Davoine, 2014). 39
Tableau 3. Répartition des applications du corpus selon les trois critères de MacEachren (1994) 43
Tableau 4 : types de dynamique spatiales 45
Tableau 5 : Les types de dynamiques représentées 45
Tableau 6: Types de services rendus 46
Tableau 7 : Les types de services rendus 46
Tableau 8: type de public visé 47
Tableau 9:Types de représentation du temps 47
Tableau 10:Différents exemples de représentations du temps 48
Tableau 11 : types de représentation de l'espace (source : Treemaps House Prices) 49
Tableau 12 : Les types de graphiques dans les applications du corpus 49
Tableau 13:Exemples de types de graphiques dans les applications du corpus 50
Tableau 14 : Les échelles temporelles représentées dans le corpus 51
Tableau 15 : Types d'échelles spatiales représentées dans le corpus 51
Tableau 16 : Exemples de granularité 52
Tableau 17 : Types de granularités temporelles représentées dans le corpus 52
Tableau 18 : exemples de granularité spatiale 53
Tableau 19 Granularités spatiales représentées dans le corpus 53
Tableau 20 : ensemble des 13 critères retenus pour analyser conjointement la diversité des applications 53
Tableau 21 : Relations entre caractéristiques des visualisations 55
Tableau 22: Corrélations entre modalités des critères descriptifs des visualisations 56
Tableau 23 : Caractéristiques discriminantes des groupes de visualisations analysées 57
Tableau 24 : Intitulé des groupes et applications de visualisation de dynamiques concernées 58

Annexe 1. Fiches d'analyses des visualisations dynamiques

Titre et site internet des applications analysées *(par ordre alphabétique)*

1. 2001 vs 2011 census UK - Population and Age *(Recensements de 2001 et 2011)*
   http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html
2. Ageing and the UK *(Le vieillissement en Grande-Bretagne)*
   http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html
3. American migration interactive map /
   http://www.forbes.com/special-report/2011/migration.html
4. Animeye: Eye-movement analyses of dynamic geovisualization displays *(analyse des mouvements oculaires sur les géo-visualisations dynamiques)*
   http://www.geog.ucsb.edu/~animeye/animations.htm
5. Atlas de l'INED : le monde en cartes
   http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/cartes_interactives/
6. Bike Share Map London *(Carte du partage de vélos à Londres)*
   http://bikes.oobrien.com/london/
7. Bostonography (Transit transports urbains)
   http://bostonography.com/2013/live-mbta-bus-speeds/
8. 24 PM - Pedestrian monitoring system data visualization *(Visualisation des données du système de surveillance des piétons)*
   http://www.pedestrian.melbourne.vic.gov.au/
9. Commuting Scales *(Echelles de déplacement pendulaire)*
   http://choros.ch/cs/#9.00/46.5550/6.7846
10. Crime Analysis
    http://www.cartovista.com/CartoVista/CrimeAnalysis.aspx?Language=fr
11. CrimeViz
    http://www.geovista.psu.edu/CrimeViz/
12. Data rose - Ring maps
    http://www.directionsmag.com/articles/visualizing-crime-a-data-rose-blooms/204984,
    http://www.esri.com/news/arcuser/0408/files/ringmaps.pdf
    http://geoanalytics.net/GeoVis08/a25.pdf
13. Observatoire des territoires : Espace cartographique
    http://carto.observatoire-des-territoires.gouv.fr/
14. FlowMap
    http://flowmap.geog.uu.nl/index.php
15. Global Peace Index
    http://www.visionofhumanity.org/gpi-data/
16. Dynamic processes of the Gruben Glacier *(Processus dynamiques du glacier Gruben)*
    http://www.carto.net/svg/gruben_glacier/index.svgz
17. HerbariaViz
    http://www.geovista.psu.edu/herbaria/v3/index.html
18. How music travels *(Comment la musique voyage)*
    http://www.thomson.co.uk/blog/wp-content/uploads/infographic/interactive-music-map/index.html
19. InstantAtlas Dynamic Reports *(Rapports dynamiques d'InstantAtlas)*
    http://www.instantatlas.com/index.xhtml
20. Mesure de la radioactivité dans l'environnement
    http://sws.irsn.fr/sws/mesure/index
21. Isokron
    http://old.isokron.com/
22. JflowMap / Flowstrates
    http://code.google.com/p/jflowmap/wiki/Flowstrates
23. Marine Traffic
    http://marinetraffic.com/ais/fr/default.aspx
24. MATSim
    http://www.matsim.org/
25. Mega-Commuters Take Manhattan *(Les déplacements pendulaires à l'assaut de Manhattan)*
    http://www.wnyc.org/articles/wnyc-news/2013/mar/05/mega-commuters-take-manhattan/
26. MIRO - Modélisation Intra-urbaine des Rythmes quOtidien
    http://miro.csregistry.org/home
27. The Growth of Newspapers Across the U.S.: 1690-2011 *(La croissance des journaux aux Etats-Unis de 1690 à 2011)*
    http://www.stanford.edu/group/ruralwest/cgi-bin/drupal/visualizations/us_newspapers
28. OECD Regional eXplorer

http://stats.oecd.org/OECDregionalstatistics/#

29. The Photographer's Ephemeris *(L'éphéméride du photographe)*
    http://photoephemeris.com/
30. Quick route
    http://www.matstroeng.se/quickroute/fr/index.php
31. ReRouteMe
    http://www.rerouteme.com
32. Exploring the SARS epidemic: An animated cartography approach *(Explorer l'épidémie du SARS: une approche par la cartographie animée)*
    http://arnaudbanos.perso.neuf.fr/SARS/sars_epidemic.html
33. Simulateur climatique - Météo France
    http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?page_id=12979
34. Small arms and ammunition - Imports & Exports *(Armes de petits calibres et munitions : imports et exports)*
    http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/
35. Statistics Austria - Online Atlas
    http://www.statistik.at/OnlineAtlasWeb/start?action=start&atlas=1
36. STEMgis Animations - Simulation de données de volume de trafic
    http://www.discoverysoftware.co.uk/GalleryTraffic.htm
37. The centennia historical atlas
    http://www.clockwk.com/
38. TimeMap
    http://www.timemap.net/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=144
    http://www.timemap.net/epublications/2002_animations/2002_shilla_animation.swf
39. Treemaps for Exploring Spatial and Temporal Variation House Prices *(Des Treemaps pour explorer les variations spatiales et temporelles des prix du logement)*
    http://www.gicentre.org/houseprices/demo/index.html
40. TubeMap London *(Carte du métro de Londres)*
    http://www.tom-carden.co.uk/p5/tube_map_travel_times/applet/
41. Un mois de Velib'
    http://www.comeetie.fr/galerie/velib/
42. Ville vivante : Genève dans sa dimension dynamique
    http://villevivante.ch/fr/
43. Visualizing emancipation *(Visualiser l'émancipation)*
    http://dsl.richmond.edu/emancipation/
44. Voting America *(Les votes en Amérique)*
    http://dsl.richmond.edu/voting/index.html
45. Wakame
    http://www.merl.com/publications/docs/TR2010-031.pdf
46. Wind Map *(Carte du vent)*
    http://hint.fm/wind/
47. Yosemite National Park Hiking Map *(Carte de randonnée du Parc National de Yosemite)*
    http://www.carto.net/williams/yosemite/index.svg

Explication de l'utilisation des fiches

Légende des symboles

Les symboles des fiches d'analyse peuvent être figurés actifs, lorsqu'ils sont affichés en couleur, ou inactifs lorsqu'ils sont affichés en noir et blanc.

Présence d'interactivité

Présence d'animation

Type de dynamique spatiale représentée

Localisation d'événements (ex: catastrophe naturelle, conflits, ouverture de services)

Changement d'états de l'espace (ex: variation d'occupation du sol, densité de population)

Changement de forme (ex: urbanisation)

Mobilité d'individu (ex: trajectoire quotidienne des individus)

Flux, échange de quantités (ex: navettes domicile-travail, volume d'exportations)

Explicitation des termes

Service rendu

Inventaire	Présentation simple de données, destinée à observer des éléments datés, en relation les uns avec les autres dans le temps ou non.
Scénario-récit	Présentation de données sous la forme d'un scénario ou d'un récit d'évolution.
Exploration	Mise à disposition d'objets ou d'outils dans la visualisation, dans l'objectif d'extraire une information complémentaire par rapport aux données initiales présentées.
Prédiction-prospective	Visualisation de données prédites par des modèles de simulation.

Lien avec les données

Dynamique	Les données sont stockées dans une base de données, à laquelle l'application a un accès constant et qu'elle va interroger à la demande.
Statique	Les données sont écrites directement dans le code de l'application.

Echelle de temps

Immédiat	Inférieur à la journée
Court	De la journée au mois
Intermédiaire	De quelques années à quelques dizaines d'années
De l'Histoire	Supérieur au siècle

Echelle d'espace

Locale	Echelle de la ville ou inférieur
Intermédiaire	Echelle de la région
Globale	Du pays au continent
Mondiale	Echelle du monde

Granularité temporelle (ou spatiale)

Simple	Le temps (ou l'espace) est présenté selon un seul découpage (ex: données présentée par jour, par pays).
Multiple	Le temps (ou l'espace) est subdivisé en unités de différentes tailles, selon lesquelles les données peuvent être affichées (ex: l'utilisateur peut choisir d'afficher les données soit par heure, par jour ou par semaine).

Représentation du temps

Par le temps	Les temporalités des données sont représentées par le défilement de l'animation, i.e. le temps de l'animation.
Par de l'espace	Le temps est visualisable dans l'espace de l'application, par exemple grâce à une ligne de temps où 1 heure est représentée par 1 mm.
Par un attribut	Le temps est contenu dans l'attribut des données. Les différentes dates sont par exemple représentées par différentes couleurs attribuées aux données sur la carte.

Représentation de l'espace

Par une carte	La visualisation contient une carte géographique.
Par un graphique	La localisation des données est affichée dans un graphique (ex: histogramme, graphique circulaire, etc.).
Par un cartogramme	L'espace géographique dans lequel se trouve les données est déformé selon l'un des attributs des données (ex: dilatation de la surface des pays selon le nombre d'habitants).

Titre	**2001 vs 2011 census - Population and Age** *(Recensements de 2001 et 2011)*

Auteur(s)	Office des statistiques nationales de Grande Bretagne
Source	http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html

Lien données

Statique	Dynamique

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Description générale

Cette application est éditée par le Bureau des Statistiques Nationales de Grande-Bretagne. Elle vise à comparer deux indicateurs : le densité de population et le pourcentage de la population par tranche d'âge, entre l'année 2001 (à gauche) et l'année 2011 (à droite), grâce à deux cartes interactives parallèles et synchronisées.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application propose deux cartes parallèles et synchronisées pour comparer l'évolution du territoire entre deux dates. C'est une façon de traiter le temps qui est peu rencontrée.

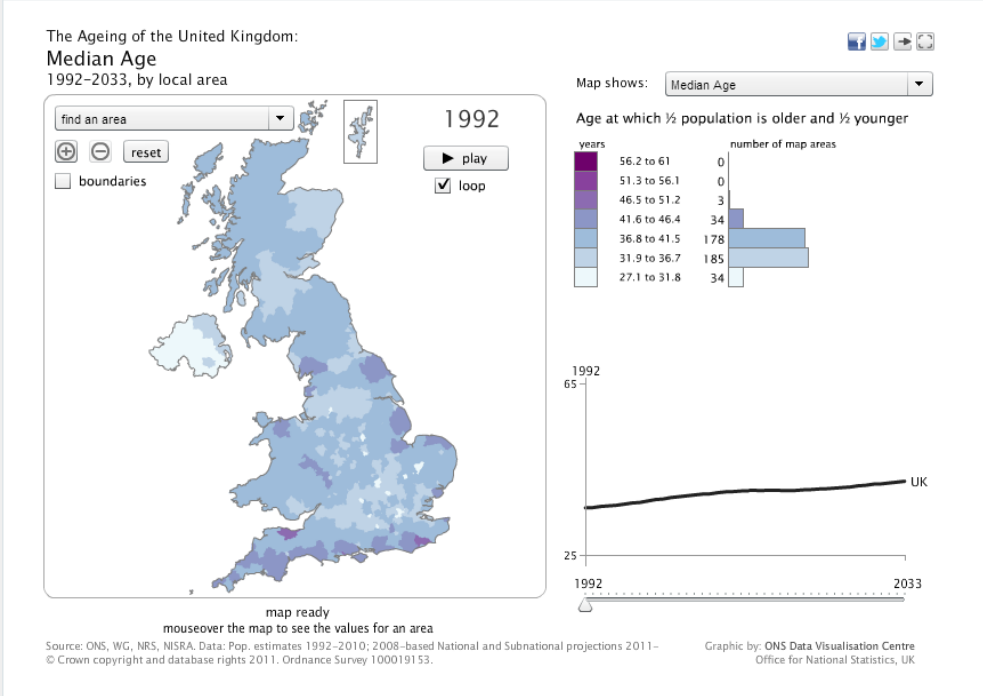
Titre	**Ageing and the UK** *(Le vieillissement en Grande-Bretagne)*

Auteur(s)	Office des statistiques nationales de Grande Bretagne
Source	http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html

Lien données

Statique	Dynamique

Service rendu	Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective



Description générale

Cette carte montre l'évolution de l'âge médian de la population, c'est-à-dire l'âge au-dessus et en dessous duquel le nombre d'habitants est le même. Son objectif est de montrer l'évolution de cet âge médian (dans le temps et dans l'espace) et les prédictions de son évolution jusqu'à 2033.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application montre à la fois des données passées à l'échelle du pays, mais fait également une projection des données sur le futur jusqu'à 2033. Elle permet également de comparer l'évolution de plusieurs régions entre elles via le graphique de tendance.

Titre	**American migration interactive map**

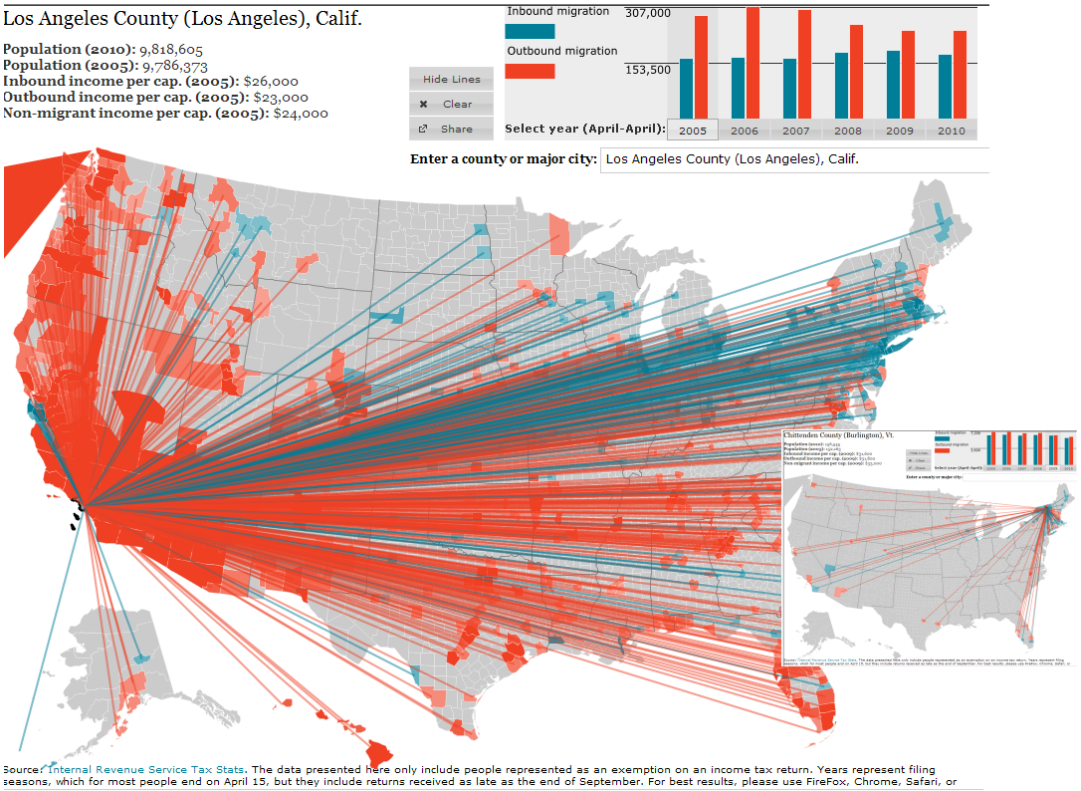
Auteur(s)	J.Bruner
Source	http://www.forbes.com/special-report/2011/migration.html

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Visualisation des flux migratoires intra Etats-Unis présentée en appui d'un dossier thématique du magazine Forbes. La visualisation permet de restituer année par année les mouvements de population de comté à comté partout aux Etats-Unis, sur une période de cinq ans. Elle est construite à partir de données statistiques issues des services de collecte de l'impôt. Deux couleurs sont utilisées pour différencier partants et arrivants, les quantités globales sont représentées années par années sous la forme d'un histogramme basique. Chaque ligne représente un minimum de 10 migrants par an.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Les services (et les limites) de ce type de visualisation sont assez bien illustrés dans cet exemple qui met en évidence des motifs spatiaux au prix d'une surcharge visuelle potentielle.

Titre	**Animeye: Eye-movement analyses of dynamic geovisualization displays** *(analyse des mouvements oculaires sur les géo-visualisations dynamiques)*

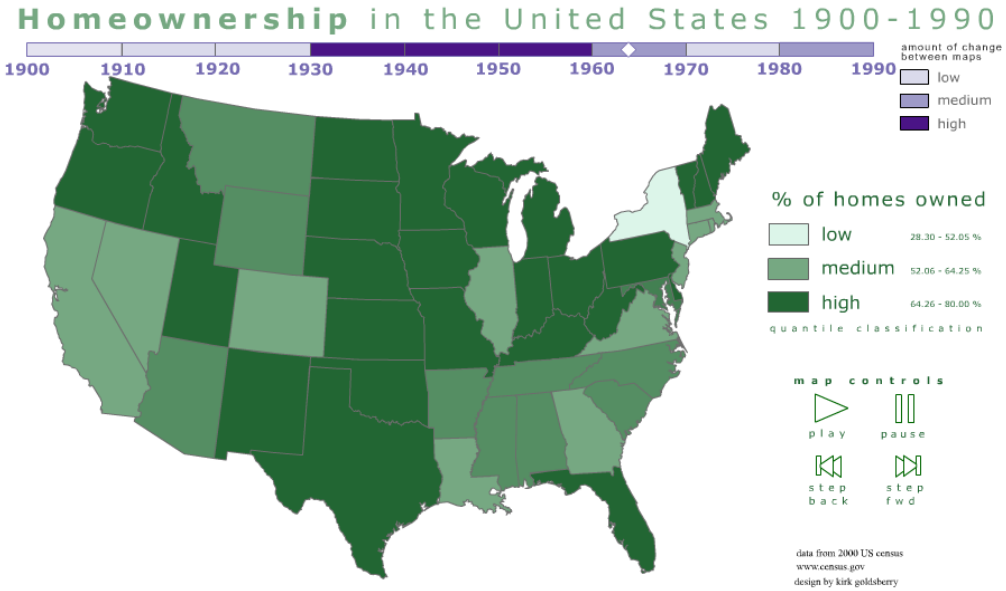
Auteur(s)	S.Fabrikant, D.R Montello (UCSB)
Source	http://www.geog.ucsb.edu/~animeye/animations.htm

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Animation dédiée à l'analyse de l'accession à la propriété aux Etats-Unis entre 1900 et 1990. Cette animation, qui en soi n'a véritablement rien de particulièrement original (une carte, un curseur temporel et des boutons marche-arrêt ou pause) accompagne un projet universitaire (UCSB, Université de Californie à Santa Barbara) dont l'objectif était en réalité de comprendre et de mesurer en quoi l'animation apporte (ou non) un plus dans l'exploration de données spatio-temporelles, dans la construction de connaissances, dans l'apprentissage.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Il s'agit donc d'une application-test, construite dans une démarche d'évaluation de la carte animée, plus que d'explicitation ou d'analyse de la dynamique elle-même (voir bibliographie). Comme beaucoup de projets dits « incitatifs » l'initiative semble ponctuelle et sans suite.

Titre	**Atlas de l'INED : le monde en cartes**

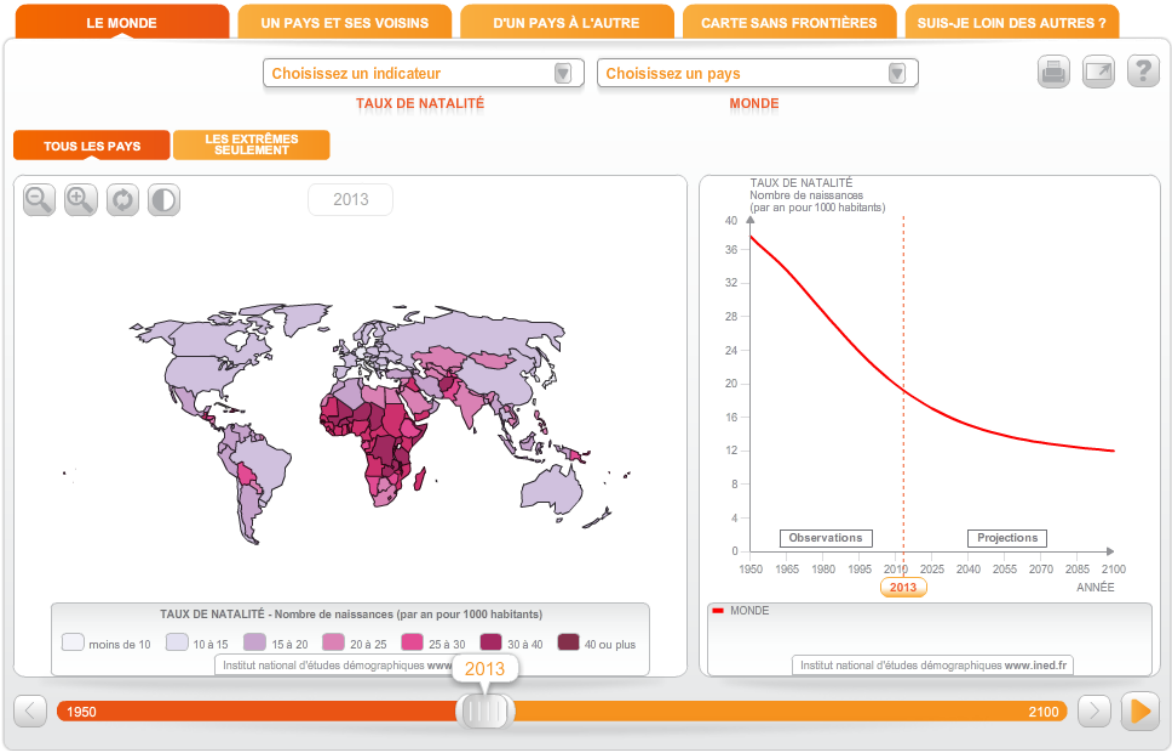
Auteur(s)	INED
Source	http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/cartes_interactives/

Lien données

Statique	Dynamique

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective



Description générale

Cet outil permet de visualiser des cartes d'indicateurs statistiques sur la population mondiale, tout en faisant des projections de l'évolution de ces indicateurs jusqu'en 2100. Son objectif est d'explorer les indicateurs démographiques, à travers différents types de cartes et des graphiques.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application propose des cartes thématiques parallèles, dans différents onglets, pour explorer le monde selon différents points de vue. Elle présente aussi des prédictions de données démographiques.

Titre	**Bike Share Map London** *(Carte du partage de vélos à Londres)*

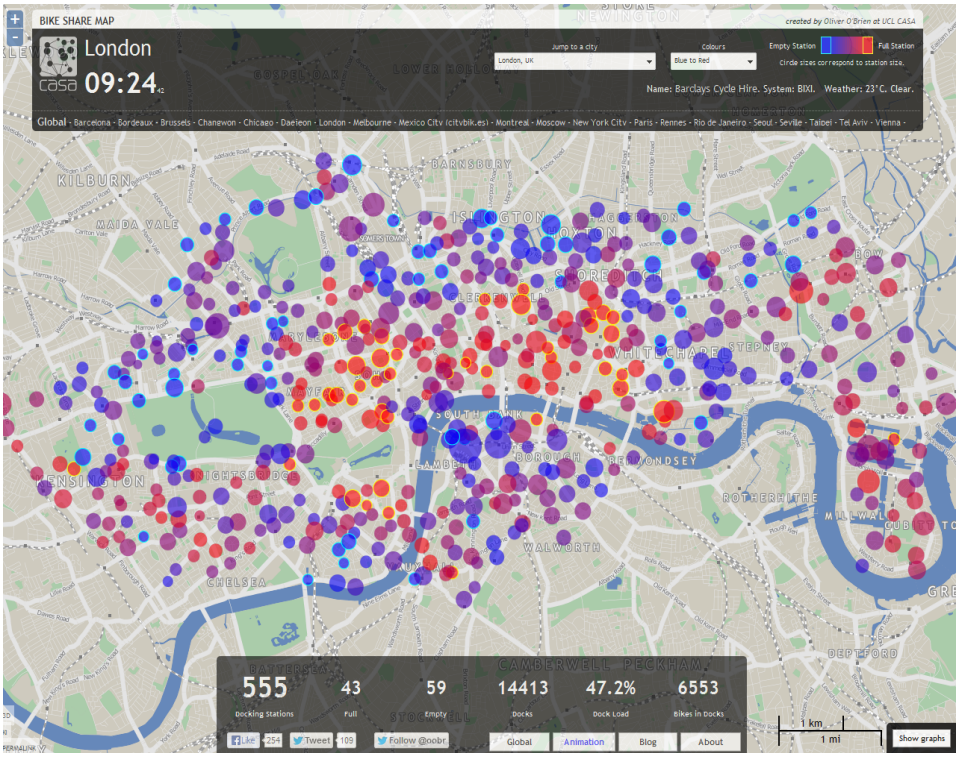
Auteur(s)	Oliver O'Brien
Source	http://bikes.oobrien.com/london/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Cette application montre la disponibilité en vélo de chaque station de la ville de Londres, en temps réel. Une fonctionnalité d'animation est également disponible pour voir le résumé des emprunts de vélo dans les 48 heures précédentes. L'exemple choisi est celui de la ville de Londres, mais 112 autres villes dans le monde entier sont également couvertes par cette cartographie.

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Cette application en temps réel montre deux types de dynamiques, qui sont en fait utiles à deux types de publics : pour les gestionnaires de la ville, cette visualisation permet de comparer les zones vides et pleines de l'agglomération afin d'étudier les flux d'individus au cours de la journée ; pour le grand public, elle peut permettre de connaître le nombre de vélos disponibles ou en transit, et de savoir où est située la station la plus proche d'eux qui contient des vélos.

Titre	**Bostonography** (Transit transports urbains)

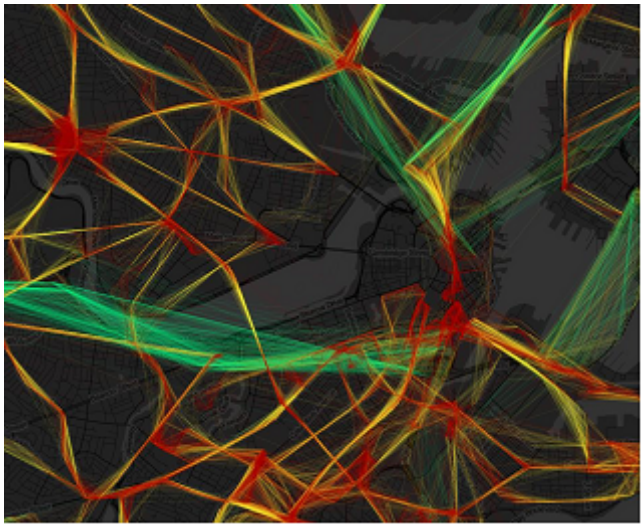
Auteur(s)	A. Woodruff
Source	http://bostonography.com/2013/live-mbta-bus-speeds/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Visualisation des vitesses sur les réseaux de transport public de Boston, qui s'appuie sur des données temps réel – une cartographie interactive remise à jour toutes les trois heures, une visualisation cumulative sur 24 heures postée tous les jours. Les couleurs sont indicatives des vitesses auxquelles les bus circulent dans différents secteurs et sur différents axes routiers : rouge >10mph, jaune entre 10 et 25 mph, vert > 25 mph. Chaque ligne représente un bus, non pas sur sa route exacte mais d'arrêt en arrêt.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

La visualisation, présentée comme « à moitié de nature artistique » par son auteur rend néanmoins bien compte de façon synthétique de l'état du trafic sur un intervalle de trois ou de 24 heures, permet d'identifier des zones clés, et (sans que le système le prévoir explicitement) de comparer les situations à différents moments de la journée, ou à différentes période de la semaine ou de l'année. Les données utilisées sont issues du fournisseur de service NextBus (informations passager temps réel en ligne et smartphone), la carto exploite OpenStreetMap.

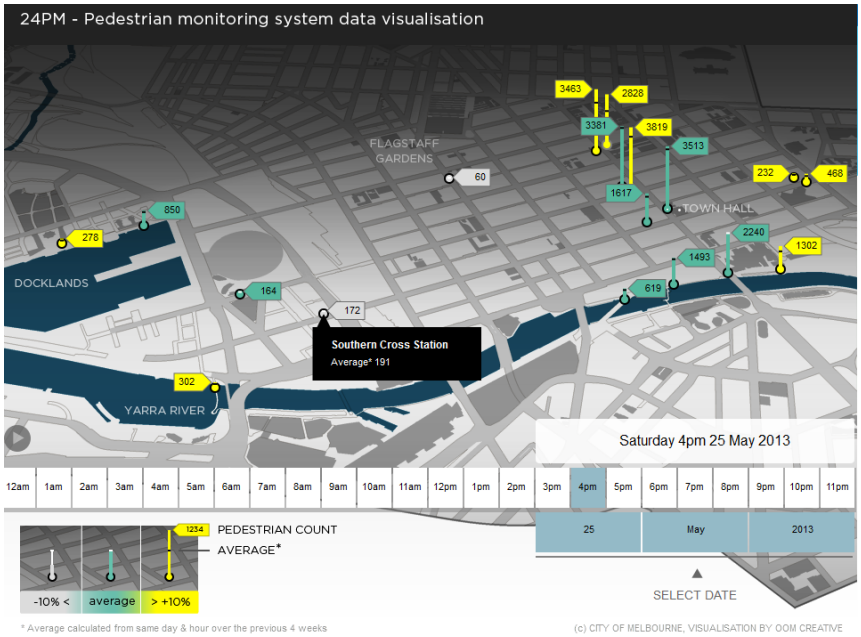
Titre	**24 PM - Pedestrian monitoring system data visualisation** *(Visualisation des données du système de surveillance des piétons)*

Auteur(s)	City of Melbourne
Source	http://www.pedestrian.melbourne.vic.gov.au/

Service rendu	Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

L'application 24 PM est une géovisualisation du nombre de piétons dans la ville de Melbourne par heure. La visualisation est le résultat d'une série de 18 capteurs détectant les mouvements disséminés dans la ville. Elle met en évidence les affluences au-dessus ou en-dessous de la moyenne, moyenne calculée pour la même tranche horaire sur les données des 4 semaines précédentes.
Son objectif, pour la ville de Melbourne, est de voir l'impact d'événements majeurs sur l'affluence des piétons, d'évaluer l'efficacité des aménagements favorables aux piétons ou des politiques urbaines ou encore confirmer et faire face aux risques associés à la marche en ville.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

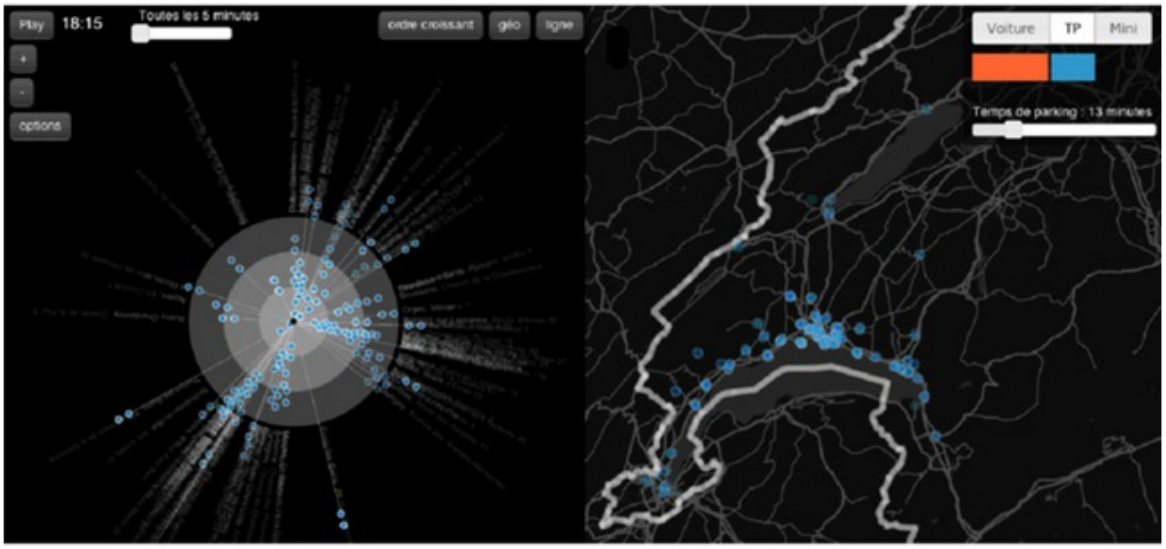
Spécificité de l'application :
Cette application présente des données basées sur un réseau de capteurs en temps réel. Cette démarche n'est pas rencontrée très souvent dans des géovisualisations ouvertes au grand public. Par ailleurs, la représentation graphique des données, colorées selon leur rapport à la moyenne, est également un point original.

Titre	**Commuting Scales** *(Echelles de déplacement pendulaire)*

Auteur(s)	Beaude Boris, Guillemot Luc
Source	http://choros.ch/cs/#9.00/46.5550/6.7846

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | **Exploration** | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique



Description générale

Commuting Scales est une application interactive qui vise à observer les durées des déplacements pendulaire en fonction des heures de la journée.
Les données utilisées correspondent aux distances séparant le campus de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) d'un échantillon de lieux de la région lémanique (Suisse et France), situés à, au maximum, 1h30 de trajet du campus aux heures de pointe. Les distances ont été mesurées toutes les 5 minutes au cours d'un lundi d'octobre selon différentes métriques: les temps de trajets en transports publics, les temps de trajet en voiture (embouteillages pris en compte et temps de parking modifiable) et la distance kilométrique.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette visualisation est centrée sur l'usage d'un graphique temporel, où la dimension spatiale se résume dans des points, disposés selon les rayons du cercle, et où la durée des trajets est représentée par des anneaux concentriques. Ce point de vue est original car il s'affranchit presque complètement de la dimension spatiale, qui est souvent prépondérante dans les géovisualisations.

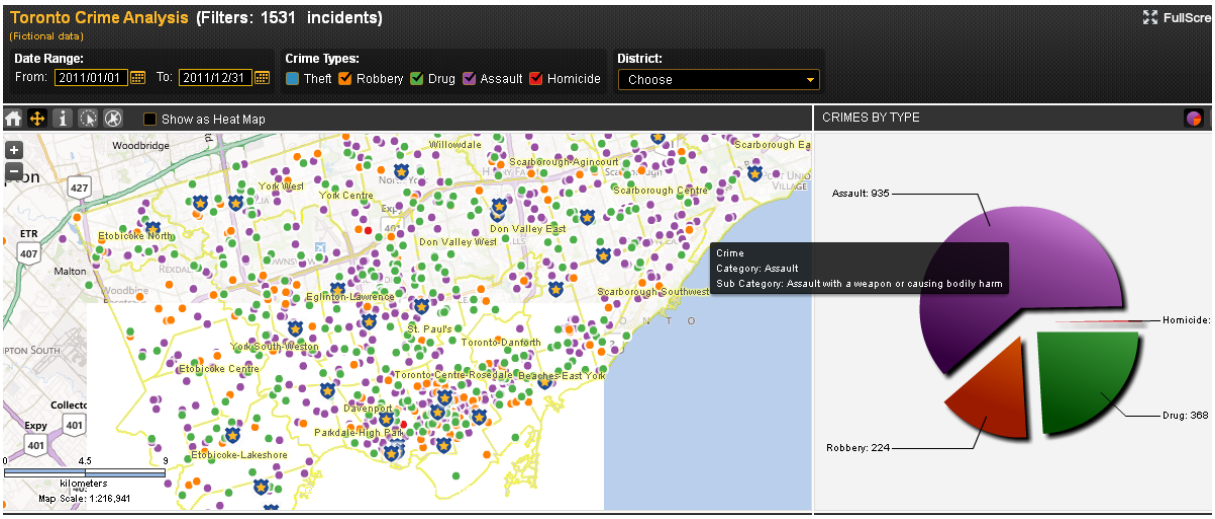
Titre	**Crime Analysis**

Auteur(s)	CartoVista
Source	http://www.cartovista.com/CartoVista/CrimeAnalysis.aspx?Language=fr

Service rendu	Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Cette application sert à localiser les délits dans le temps et dans l'espace et à analyser visuellement les associations entre eux.
Elle est basée sur le logiciel Cartovista. Cartovista est une solution pour le développement de cartographies interactives. Il offre une gamme d'outils interactifs de cartographie thématique permettant aux utilisateurs d'exploiter au mieux leurs données. Le visualisateur offre des capacités de cartographie thématique très avancées pour visualiser n'importe quelle donnée géographique.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application s'attache à des granularités spatiales et temporelles multiples, de façon à pousser l'analyse de données à différentes échelles explicatives. Les nombreux graphiques qu'elle propose sont aussi un exemple de la diversification des modes de visualisations proposés, en plus de la carte, pour appréhender les données selon un point de vue différent et enrichissant.

Titre	**CrimeViz**

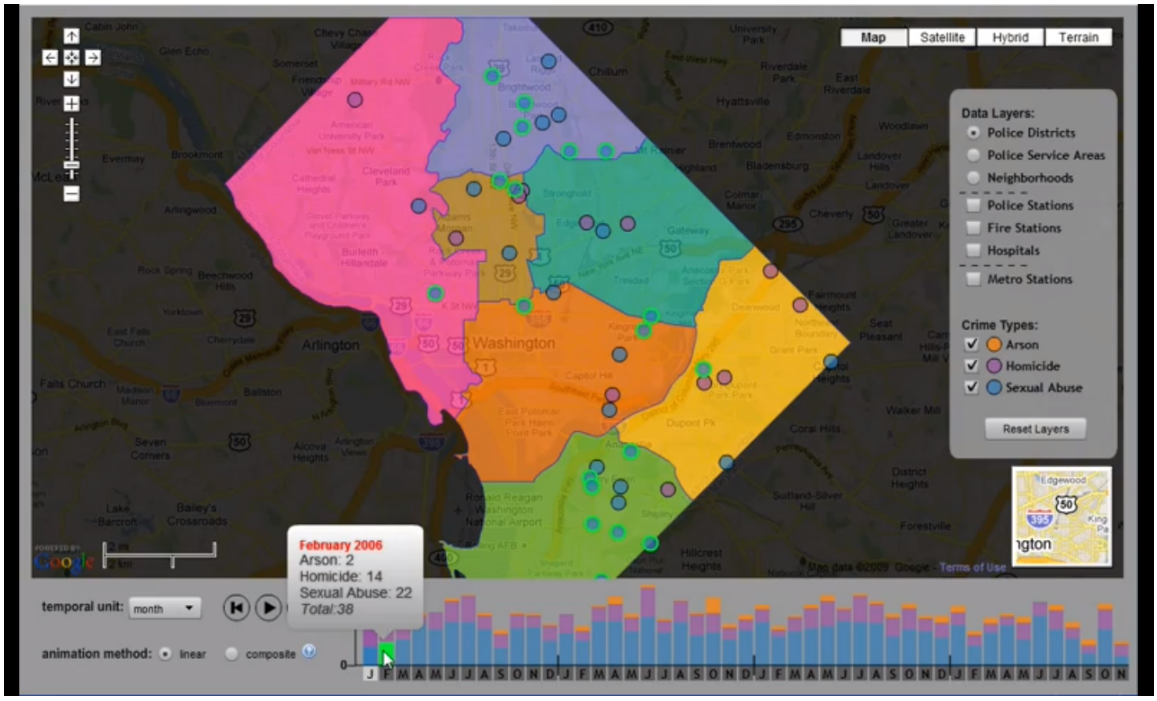
Auteur(s)	GeoVista
Source	http://www.geovista.psu.edu/CrimeViz/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

CrimeViz, édité par la société GeoVista, est une application web pour explorer et analyser l'activité criminal dans le temps et l'espace. Il s'agit d'un prototype qui illustre les potentialités de l'outil, en visualisant un jeu de données des crimes violents, publié en quasi temps réel le "District of Columbia Data Catalog". Les analystes peuvent, à l'aide des outils d'analyse visuelle fournis, identifier des motifs spatio-temporels de crimes dans le district de Columbia, et ainsi mieux appréhender la survenue de crimes.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application contient des fonctionnalités d'analyse spatiale et temporelle importantes, basées notamment sur des sélections et des comparaisons d'événements. L'utilisation des graphiques reste limitée, mais existe.

Titre	**Data rose - Ring maps**

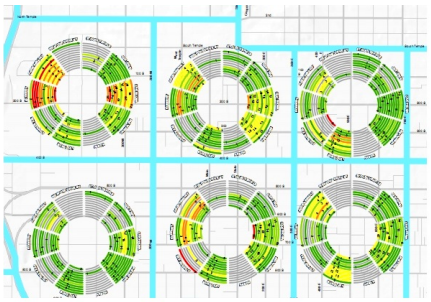
Auteur(s)	(1) K.Bell ; (2) G.Huang et al. ; (3) J. Zhao, P. Forer, A.S. Harvey
Source	(1)http://www.directionsmag.com/articles/visualizing-crime-a-data-rose-blooms/204984 (2)http://www.esri.com/news/arcuser/0408/files/ringmaps.pdf (3)http://geoanalytics.net/GeoVis08/a25.pdf

Service rendu

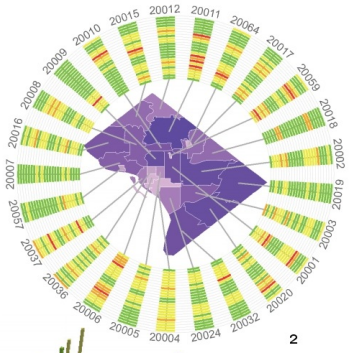
Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

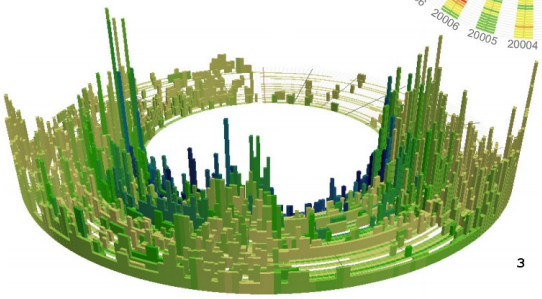
Statique	Dynamique



1



2



3

Description générale

Applications dédiées à la lecture de phénomènes cycliques, localisés dans l'espace. Plusieurs solutions et expériences existent, dont trois sont citées ici. Le principe commun à ces solutions est d'utiliser des anneaux concentriques pour porter une information sur un cycle donné (jour, mois, etc.). En (1), criminalité sur un an à Salt Lake City, chaque secteur représente un type de crime, chaque anneau un mois. (2) 24 semaines de développement d'une épidémie : chaque secteur représente un code postal, chaque anneau une semaine. (3) activités déplacement/ travail par secteur d'Halifax (N.Z) sur 24 heures.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux |

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
L'originalité de ces applications est l'utilisation de cercles concentriques pour relayer une information temporelle cyclique. Les données, quantitatives, peuvent être reliées plus ou moins explicitement à un dispositif cartographique placé au centre ou servant de fond, sur lequel les graphiques sont distribués.

Titre	**Observatoire des territoires : Espace cartographique**

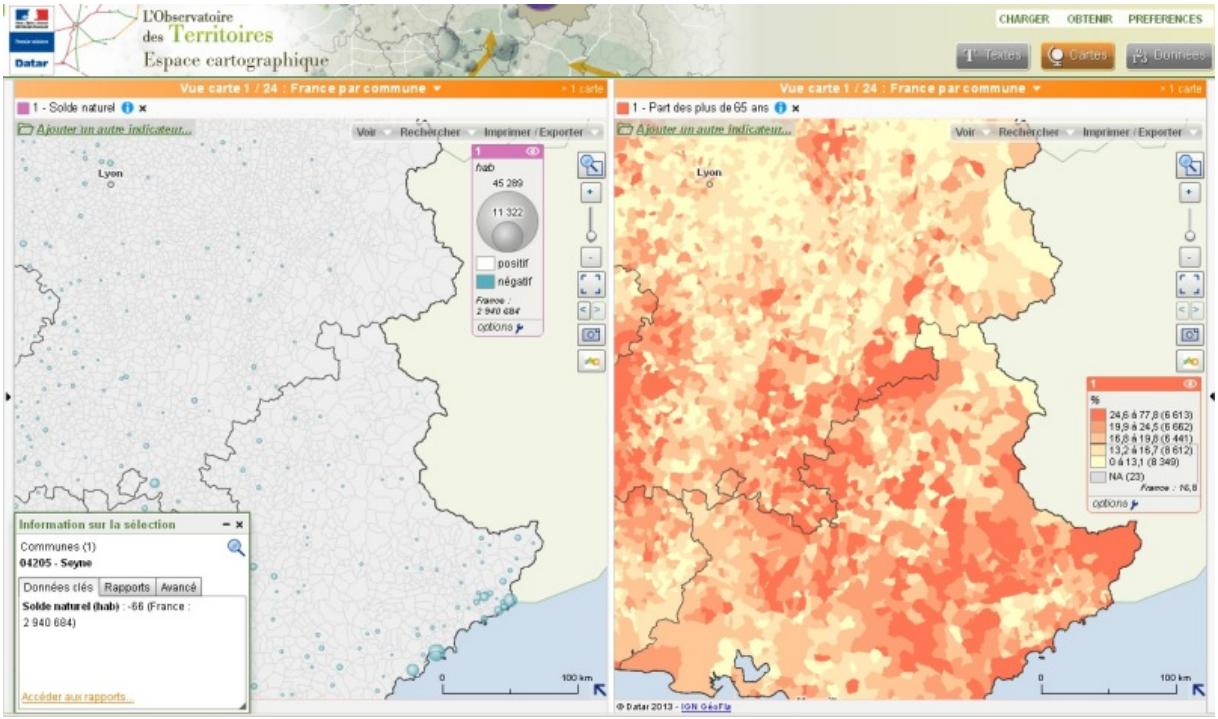
Auteur(s)	Datar
Source	http://carto.observatoire-des-territoires.gouv.fr/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Module de cartographie interactive compilant un nombre très important d'indicateurs. Le site permet de spatialiser ces indicateurs en fonctions des différents zonages, de produire des rapports par zones choisies par l'utilisateur, et de télécharger des données.
Des graphiques associés à la carte sont proposés dans la partie « production de rapports ».
L'application est construite avec le logiciel Géoclip.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Le niveau d'interaction utilisateur proposé dans cette application est particulièrement élevé, couvrant sélections de zones et d'indicateurs, multi-fenêtrages, palette graphique, contenus des rapports, etc. En revanche, la prise en compte du paramètre temps est assez restreinte.

Titre	**FlowMap**

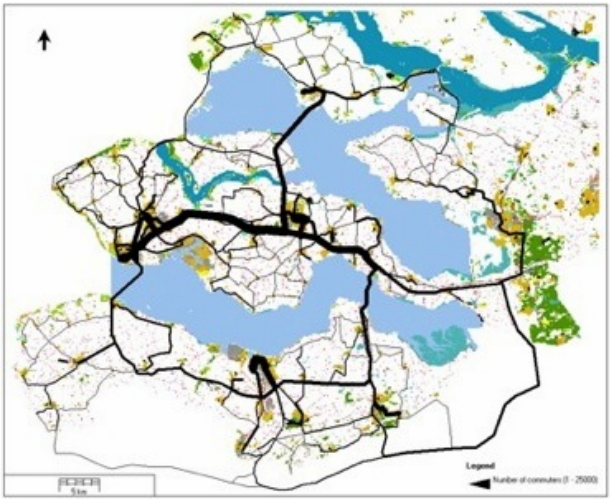
Auteur(s)	J. van Dijk (Utrecht University)
Source	http://flowmap.geog.uu.nl/index.php

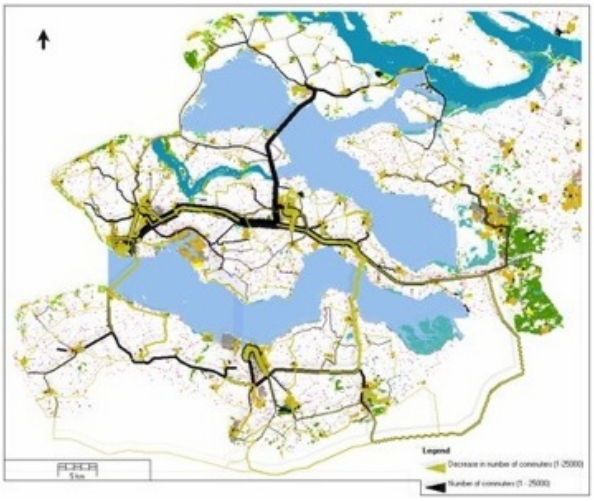
Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique





Description générale

Plateforme logicielle dédiée à l'analyse et à la visualisation de données en interaction / de flux (données décrites par deux localisations). Elle permet le stockage, la visualisation et l'analyse de flux, le calcul de distances et de temps de parcours, la modélisation / simulation des zones de marché d'installations. Flowmap est une couche logicielle gratuite (pour PC) en version éducation, téléchargeable sur le Web.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

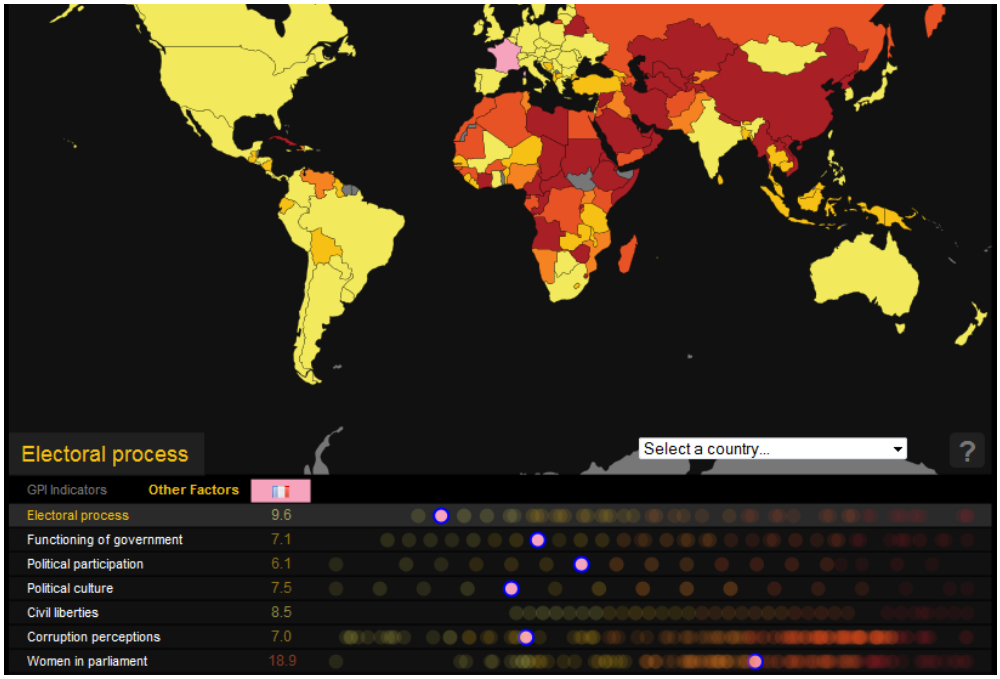
L'application FlowMap se distingue par sa thématique: elle représente des prédictions de flux. Elle s'utilise en complément des / en relation avec les plateformes GIS classiques. Le temps n'est pas présent en temps que tel dans l'interface visuelle, mais intervient d'une part en fond dans le calcul des flux (sous la forme de durées probablement), et d'autre part dans une lecture « avant/ après » qui n'est toutefois pas organisée.

Titre	**Global Peace Index**

Auteur(s)	Vision of humanity
Source	http://www.visionofhumanity.org/gpi-data/

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | **Exploration** | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | **Dynamique**



Description générale

Cette application propose de visualiser la « pacificité » des pays du monde selon plusieurs indicateurs, et propose en particulier le calcul d'un « index de paix globale » (Global Peace Index), de 2007 à 2012.
23 indicateurs entrent dans le calcul du GPI. Ils sont tous évalués sur une échelle de 1 à 5 (ex : nombre d'homicides, instabilité politique, exportation d'armes, puissance militaire, etc.) et sont tous consultables par pays, dans la carte ou sous forme de graphique.
31 autres facteurs relatifs à la paix ou au développement sont également visualisables dans leurs valeurs brutes (Degré de corruption, exportations, accès à l'éducation, espérance de vie, etc.).

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	**Privé**
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | **Atemporels** | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		**Mondial**

Simple	Multiple	**Granularité**	**Simple**	Multiple

par le Temps	**Représentation**	**par une Carte**
par de l'Espace		**par un Graphique**
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application est intéressante mais contient de nombreuses limites. La prise en compte du paramètre temps y est minimale. De plus, bien qu'elle soit plutôt destinée au grand public, le déchiffrage des indicateurs est complexe, tout comme la comparaison de plusieurs pays, ce qui semble peu adapté. En revanche, la représentation des pays grâce à un jeu de transparence dans le graphique accompagnant la carte est innovante.

Titre	**Dynamic processes of the Gruben Glacier** *(Processus dynamiques du glacier Gruben)*

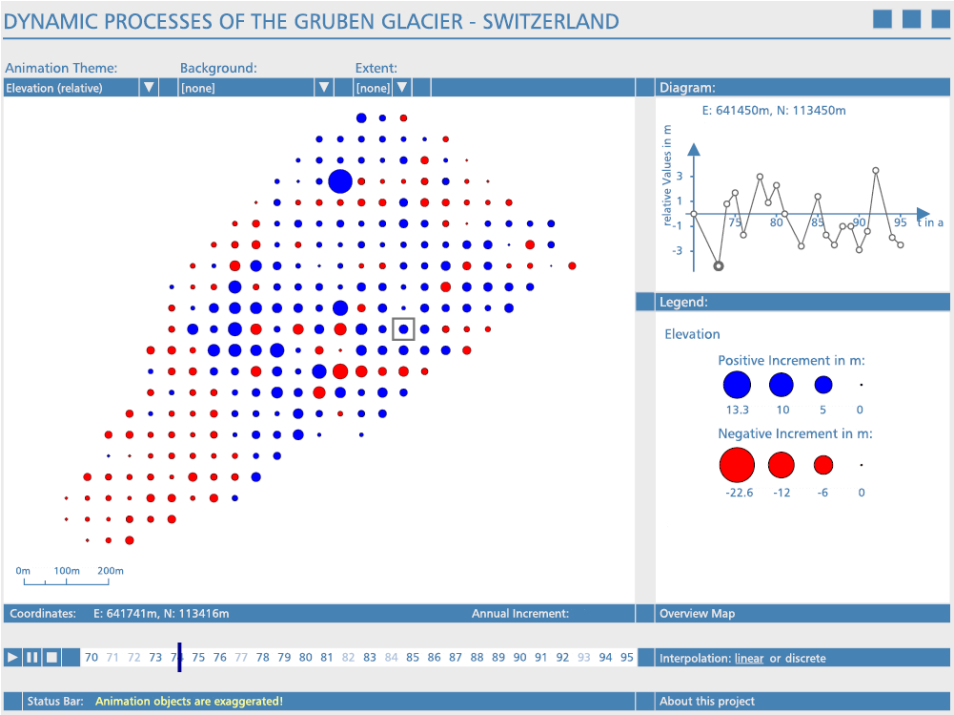
Auteur(s)	Y. Isakowski
Source	http://www.carto.net/svg/gruben_glacier/index.svgz

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application interactive rendant compte des évolutions du Gruben Glacier pendant une période de 25 ans, à partir de trois paramètres (extension, élévation, vélocité). Les données correspondent à des observations faites sur un pas généralement annuel, mais discontinu (certaines années ne sont pas renseignées). L'application permet d'observer le comportement global du glacier comme le comportement particulier de chaque point relevé.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

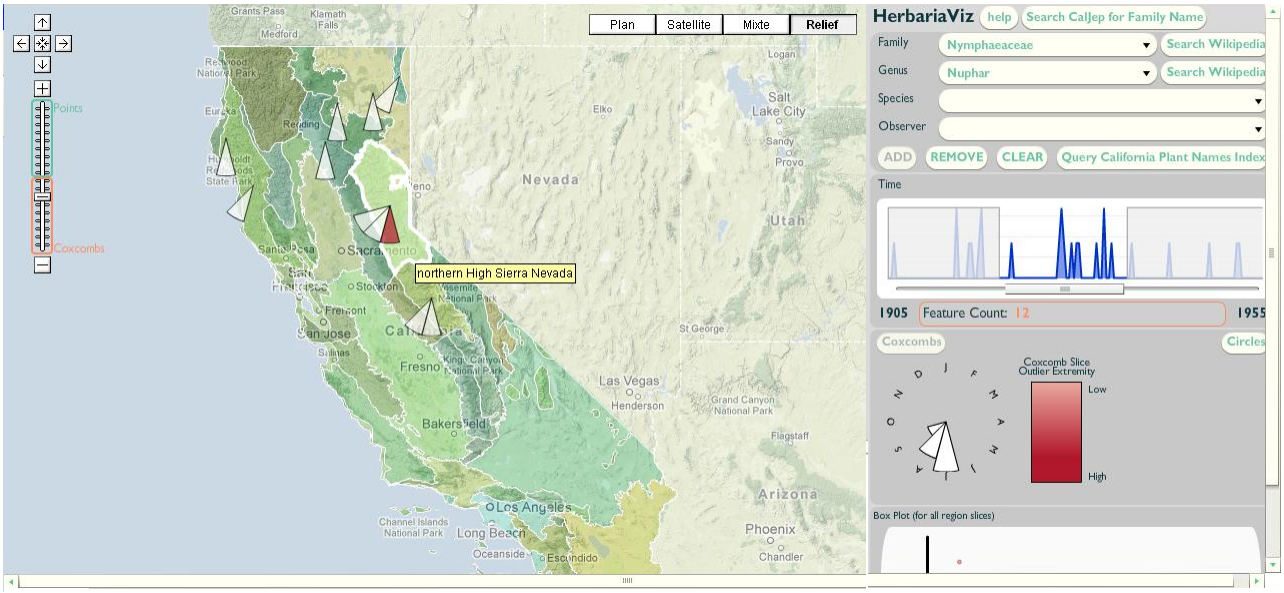
L'originalité de cette application réside dans son sujet d'étude particulier, un glacier, qui conduit à s'intéresser à des dynamiques originales : évolutions particulières de points (vélocité et élévation) et évolution d'un contour (extension du glacier). Elle exploite également le format standard ouvert SVG (Scalable Vector Graphics - en français « graphique vectoriel adaptable » selon Wikipédia), et n'est donc pas tributaire d'une plateforme logicielle particulière.

Titre	**HerbariaViz**

Auteur(s)	Tom Auer et Craig McCabe, PennState University
Source	http://www.geovista.psu.edu/herbaria/v3/index.html

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | Exploration | Prédiction-prospective |

Lien données | Statique | Dynamique |



Description générale

HerbariaViz est un catalogue interactif destinée à chercher, afficher et explorer dans le temps et dans l'espace une collection de 377000 échantillons d'espèces végétales de Californie. Il est possible de définir la famille, le genre et l'espèce de la plante recherchée, puis la période temporelle d'intérêt, avant d'afficher la répartition des échantillons de végétaux sur la carte et la récurrence de leur observation au fil des mois.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux |

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

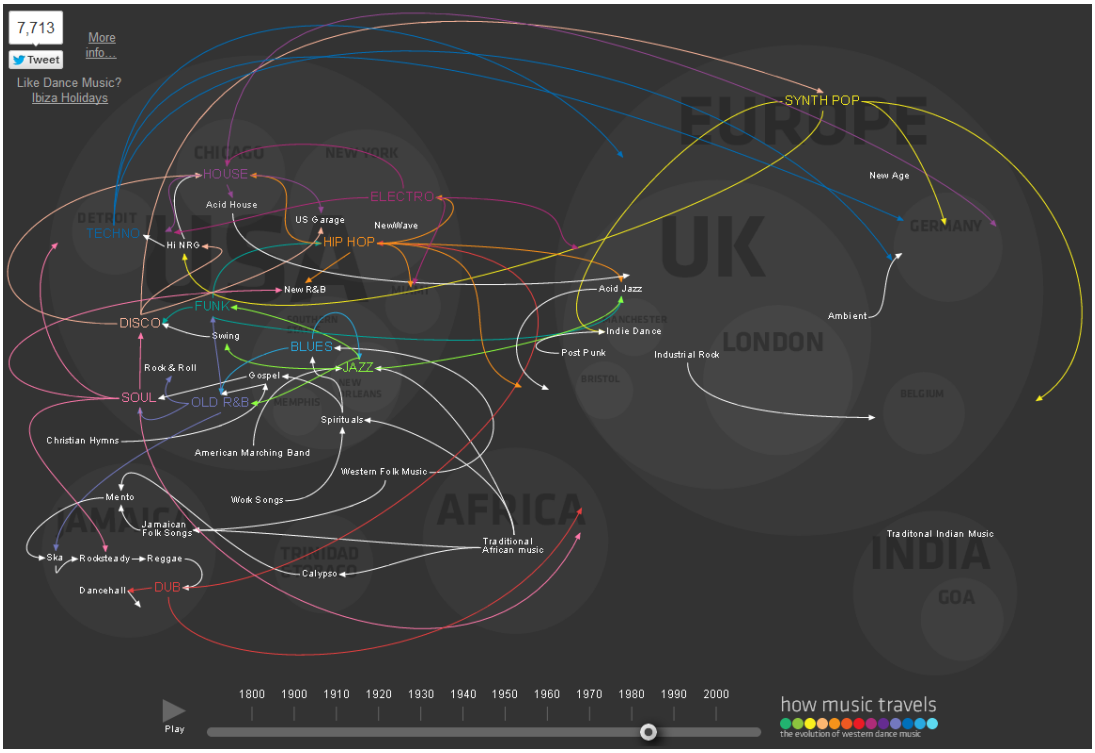
Cette application exploite plusieurs représentations du temps pour présenter ses données : un temps linéaire sous la forme d'un graphique du nombre d'échantillons par années, et un temps cyclique avec un graphique de la répartition des échantillons par mois. La représentation de ces graphiques cycliques mensuels sur la carte est également peu rencontré dans les cartes interactives.

Titre	**How music travels** *(Comment la musique voyage)*

Auteur(s)	Thomson holidays
Source	http://www.thomson.co.uk/blog/wp-content/uploads/infographic/interactive-music-map/index.html

Service rendu | Inventaire | **Scénario-récit** | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | **Statique** | Dynamique



Description générale

Cette application montre l'historique des genres musicaux occidentaux et les influences entre genres de 1800 à nos jours : de leur apparition à leur diffusion. Son objectif est de présenter l'histoire et les relations entre styles musicaux.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Cette visualisation est originale car elle ne présente pas de simples déplacements mais des influences entre lieux. Du fait qu'elle ait été créée par une agence de voyages, les styles musicaux y sont représentés comme des personnes qui se déplaceraient dans le monde. Ce mode de représentation permet de voir l'accélération de la création de styles à partir des années 1970.

Titre	**InstantAtlas Dynamic Reports** *(Rapports dynamiques d'InstantAtlas)*

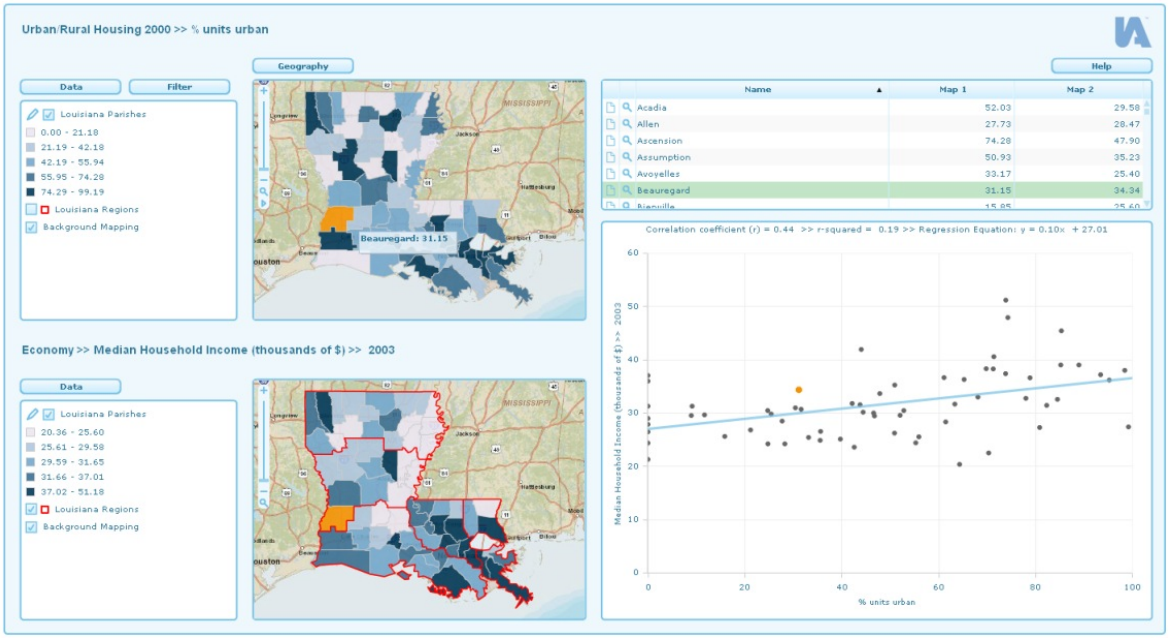
Auteur(s)	InstantAtlas (GeoWise)
Source	http://www.instantatlas.com/index.xhtml

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

InstantAtlas™ est un produit commercial de la société GeoWise, dédié à l'analyse de données spatio-temporelles, combinant géolocalisation et statistiques. L'application illustrée ci-dessus est une des offres « standard » de ce fournisseur de solutions, appelée *double map,* dans laquelle deux cartes et un graphique nuage de points sont combinés pour rendre compte de l'évolution d'indicateurs socio-économiques, et explorer d'éventuelles corrélations.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Si, dans cette application, la dimension spatiale est rendue de façon efficace, la présentation et l'interaction effectives, la dimension temporelle est quant à elle rendue de façon presque illisible (affichage alternatif de différents points temporels via les sous-menus « data »). En ce sens, ce produit se positionne clairement comme conçu par rapport à deux priorités : dimension spatiale, communication - au risque de faire de la dimension temporelle un facteur tout à fait secondaire.

Titre	**Mesure de la radioactivité dans l'environnement**

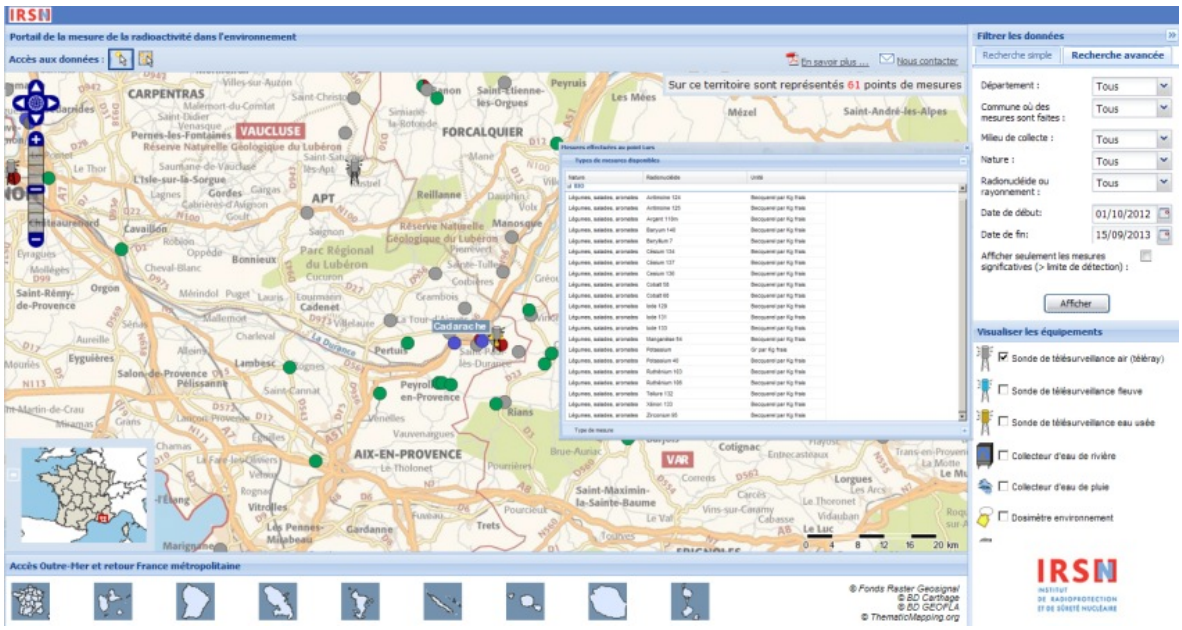
Auteur(s)	IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)
Source	http://sws.irsn.fr/sws/mesure/index

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application en ligne rendant compte des données des réseaux de surveillance de l'environnement de l'IRSN (données des réseaux de télésurveillance automatisés « temps réel » données issues des réseaux de prélèvements d'échantillons de l'environnement).
L'application est organisée autour d'une cartographie interactive sur laquelle sont portés les lieux d'observation, les équipements etc. Des éléments de menus en contrôlent le contenu. Les données elles-mêmes peuvent être filtrées soit par sélection sur la carte soit par menu textuel – elles sont délivrées dans un dispositif de fenêtres imbriquées indépendant de la carte.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

L'application a cela d'exemplaire que, bien que construite pour assurer suivi dans le temps, la dimension temporelle n'est exploitée que de façon très minoritaire (sélections d'intervalles possible via menu textuel, graphique nuage de points en fin de requête pour distribuer les mesures). Autrement dit, elle illustre tout à fait une tendance assez forte, et assez naturelle compte tenu des outils sous-jacents, à privilégier le paramètre spatial dans la représentation et l'interfaçage d'un jeu de données spatio-temporelles. Par ailleurs, la coexistence au sein d'un même jeu de données de données temps réel systématiques, et de résultats de prélèvements irrégulièrement distribués dans le temps est un cas d'école pour illustrer les difficultés de gestion d'une granularité temporelle multiple.

Titre	**Isokron**

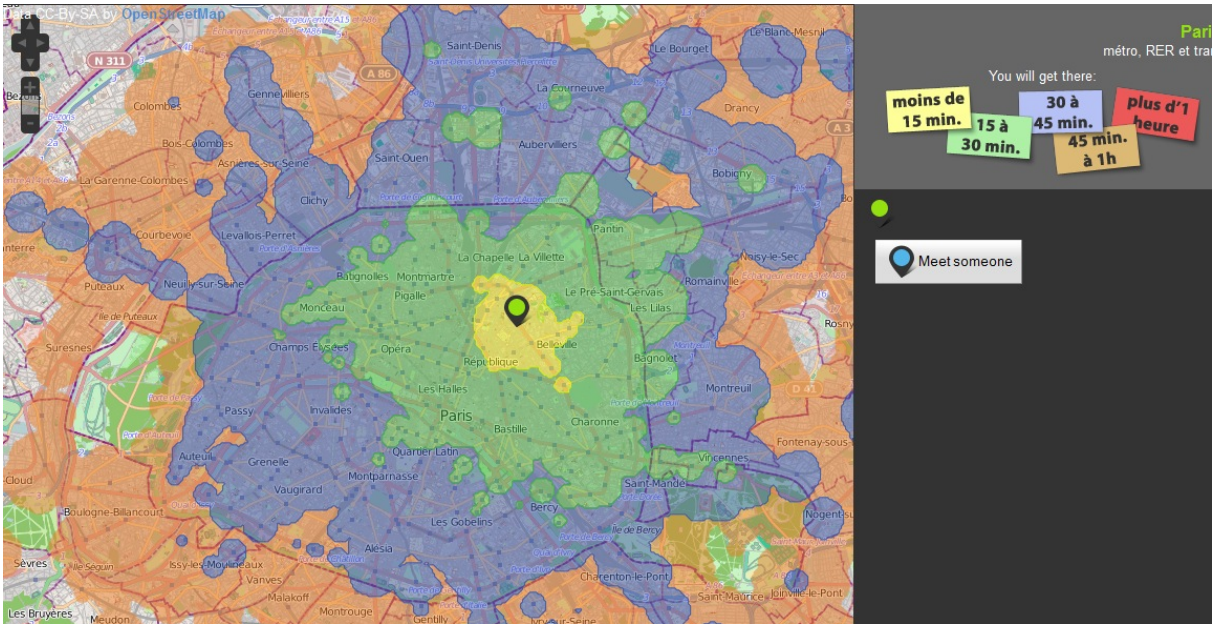
Auteur(s)	Cavailhez A., Javault M.
Source	http://old.isokron.com/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Cette application permet de visualiser le temps de trajet pour rejoindre chaque point d'une agglomération en transports en commun, depuis une localisation donnée par l'utilisateur. Elle est disponible sur les agglomérations de Paris et Rennes. A l'inverse, elle permet aussi de localiser les zones où la durée de trajets vers plusieurs points donnés est égale, par exemple dans le but de fixer un rendez-vous équidistant en temps entre des personnes localisées à des endroits différents.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux |

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
L'intérêt de cette visualisation réside dans le fait que le temps est représenté directement sur la carte, de façon continue dans l'espace, grâce à la représentation en isochrones (i.e. courbes ou zones de temps égal).

Titre	**JflowMap / Flowstrates**

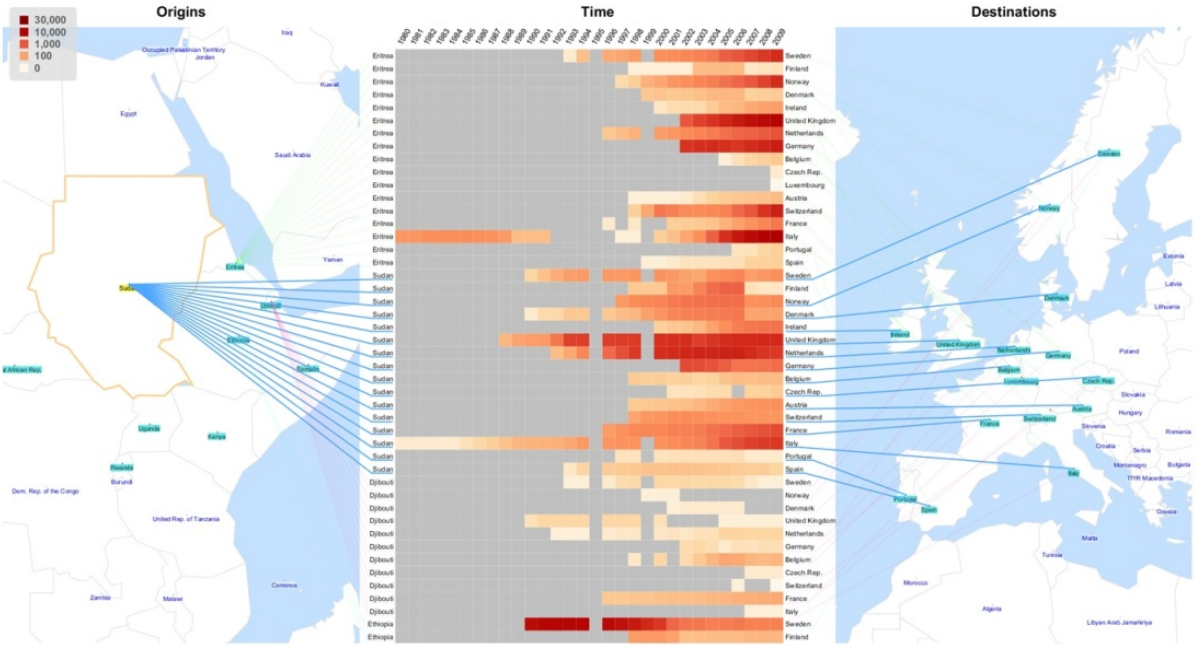
Auteur(s)	I. Boyandin (Univ. Fribourg, Suisse)
Source	http://code.google.com/p/jflowmap/wiki/Flowstrates

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Extension du prototype JflowMap, dédié à l'exploration visuelle de données temporelles origine / destination.

Il s'agit d'une plateforme expérimentale intégrant différentes techniques de visualisation d'interactions spatiales (entre paires de localisations, ou couples origine-destination, pour lesquels on ne connaît que la zone d'origine, la zone de destination et l'effectif du flux). Flowstrates est plus particulièrement dédié à l'exploration et à l'analyse des changements au cours du temps dans ces relations origine-destination.

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public	Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé	Public	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Flowstrates reprend le principe de la carte de flux en y intégrant la lecture de séries temporelles : les liens entre origine et destination sont analysables, en terme de magnitude, sur une période correspondant à une suite d'observations.

Titre	**Marine Traffic**

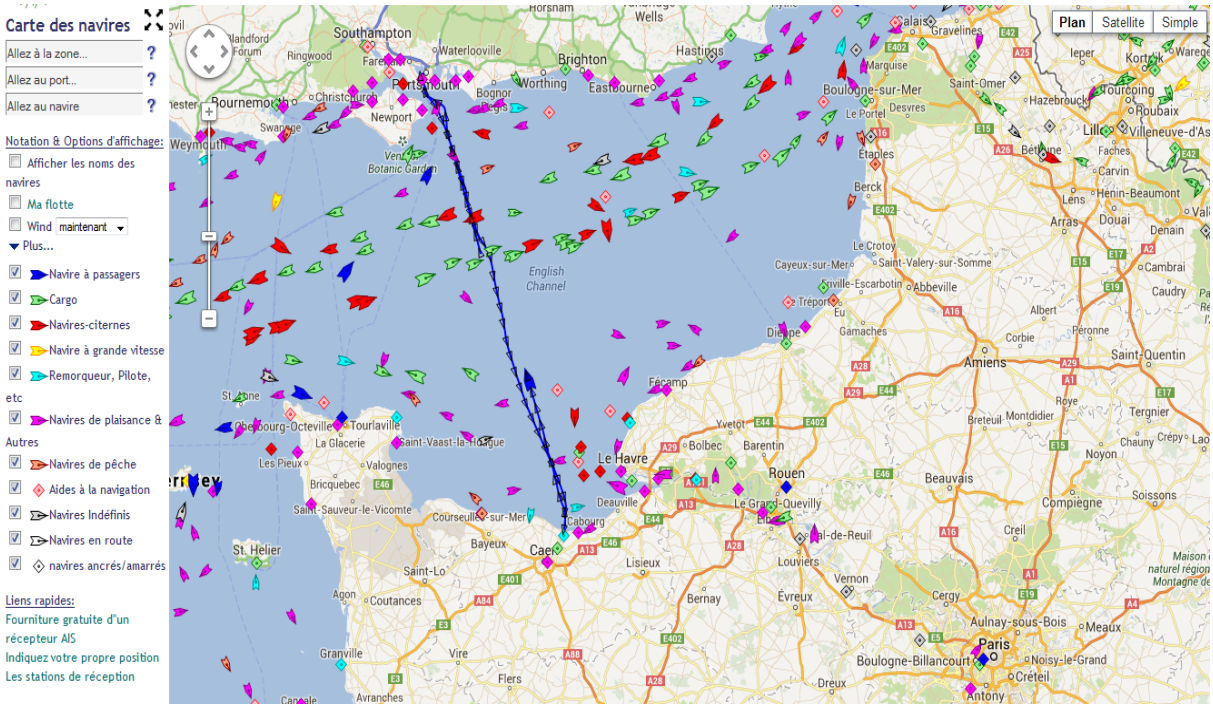
Auteur(s)	University of the Aegean, Greece
Source	http://marinetraffic.com/ais/fr/default.aspx

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

L'application Marine Traffic montre les déplacements des bateaux en temps réel à la surface du globe, en utilisant le système de positionnement AIS.
L'application peut servir à observer le trafic maritime ou à trouve un bateau. Les données sont par ailleurs stockées et servent ensuite à réaliser des analyses pour la sécurité maritime, la protection de l'environnement ou encore réaliser des simulations de trajectoires.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Cette application permet de visualiser des mobilités d'individus en temps réel. Si cette thématique est représentative d'autres applications du même type, la visualisation d'un résumé sur les dernières 24h enrichit le message délivré. Bien que de nombreuses informations puissent être tirées de la visualisation (distinguer les principales routes de navigation, les ports principaux, etc.), le fait que les données présentées soient des données brutes non traitées limite l'accès des informations aux spécialistes.

Titre	**MATSim**

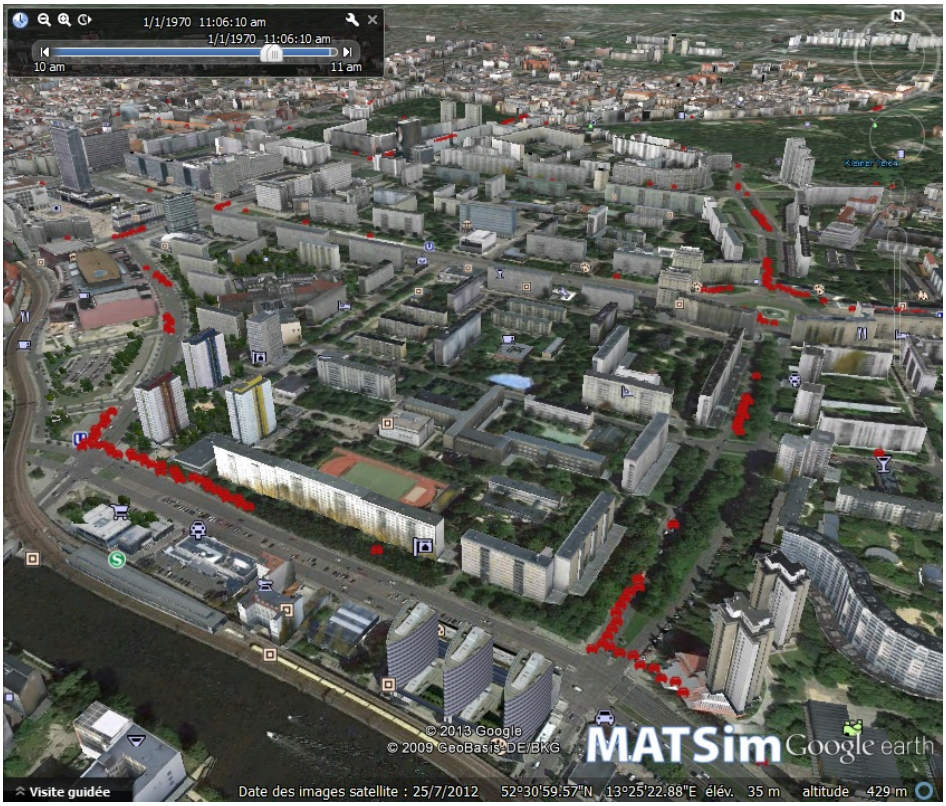
Auteur(s)	ETH Zurich, TU Berlin, Senozon
Source	http://www.matsim.org/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

L'application de simulation MATSim (Simulation de Transport Multi-Agents) permet de faire des simulations de transports à grande échelle, basées sur les agents. Elle est composée de plusieurs modules, qui peuvent être combinés ou utilisés séparément.

L'exemple choisi concerne les déplacements de véhicules dans le centre de Berlin au cours de la matinée.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

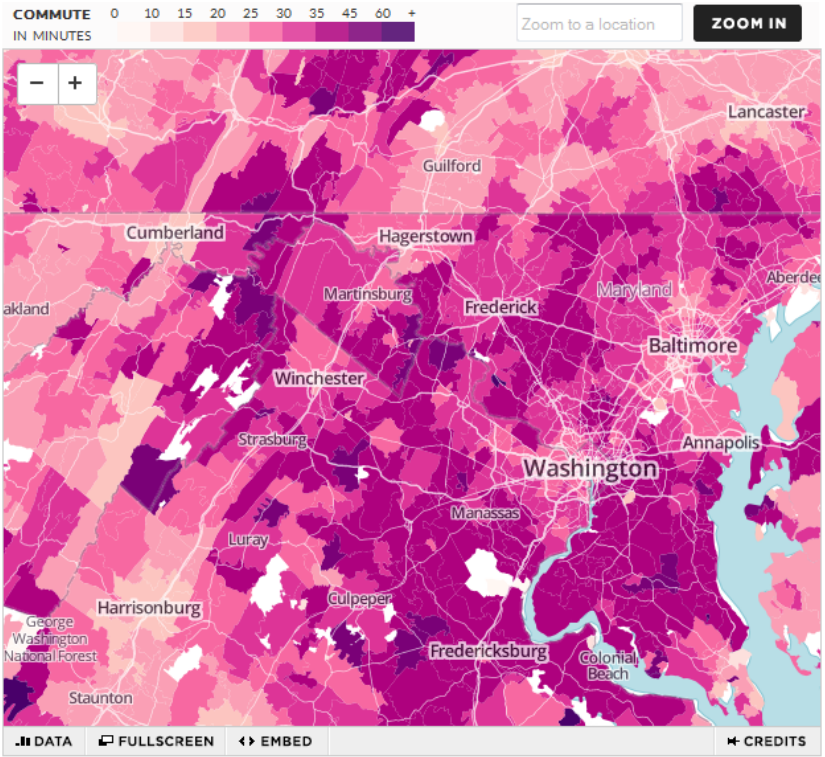
La force de l'outil MATSim réside dans sa capacité à produire des simulations puis à les restituer sous forme cartographique. En revanche, les représentations du temps et de l'espace y sont peu recherchées et ne constituent a priori pas le coeur de l'outil.

Titre	**Mega-Commuters Take Manhattan** *(Les déplacements pendulaires à l'assaut de Manhattan)*

Auteur(s)	John Keefe, Steven Melendez and Louise Ma (WNYC Data News)
Source	http://www.wnyc.org/articles/wnyc-news/2013/mar/05/mega-commuters-take-manhattan/

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique



Description générale

Cette carte interactive, réalisée par la chaîne de radio WNYC, montre les temps de trajets moyens que mettent les habitants pour se rendre sur leur lieu de travail, par comté, aux Etats-Unis. Les données ont été collectées à travers une grande enquête, menée de 2006 à 2011.
L'objectif est d'analyser les mobilités des travailleurs et leurs lieux de vies, pour éventuellement prendre des décisions d'aménagement.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Dans cette visualisation, le temps est intégré dans l'attribut des données, et représenté sur la carte par une échelle de couleurs. Les données de mobilité ont donc été transposées en états de l'espace. La carte ne représente pas des dates (ou des instants) mais des durées, ce qui est moins répandu.

Titre	**MIRO - Modélisation Intra-urbaine des Rythmes quOtidien**

Auteur(s)	Banos Arnaud et al.
Source	http://miro.csregistry.org/home

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique

Description générale

L'application MIRO a pour objectif d'analyser les mobilité des populations dans les villes, en simulant les déplacements d'agents entre différents lieux d'activité. Il vise en fait à comprendre les mobilités intra-urbaines en copiant les comportements réels issus d'enquêtes par des simulations, puis en comparant les mobilités simulées avec les mobilités observées. L'objectif final est de pouvoir établir des scénarios d'aménagement spatial et/ou temporel de l'environnement urbain dans le simulateur MIRO, qui permettront d'observer les adaptations des individus aux nouvelles contraintes et opportunités du territoire.

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

L'application MIRO offre de nombreux points de vue sur les données: cartes, différents types de graphiques. Centrée sur l'analyse des comportements des individus dans l'espace, la prise en compte du paramètre temps reste cependant classique : données analysées sur un temps linéaire, granularité temporelle simple, etc.

Titre	**The Growth of Newspapers Across the U.S.: 1690-2011** *(La croissance des journaux aux Etats-Unis de 1690 à 2011)*

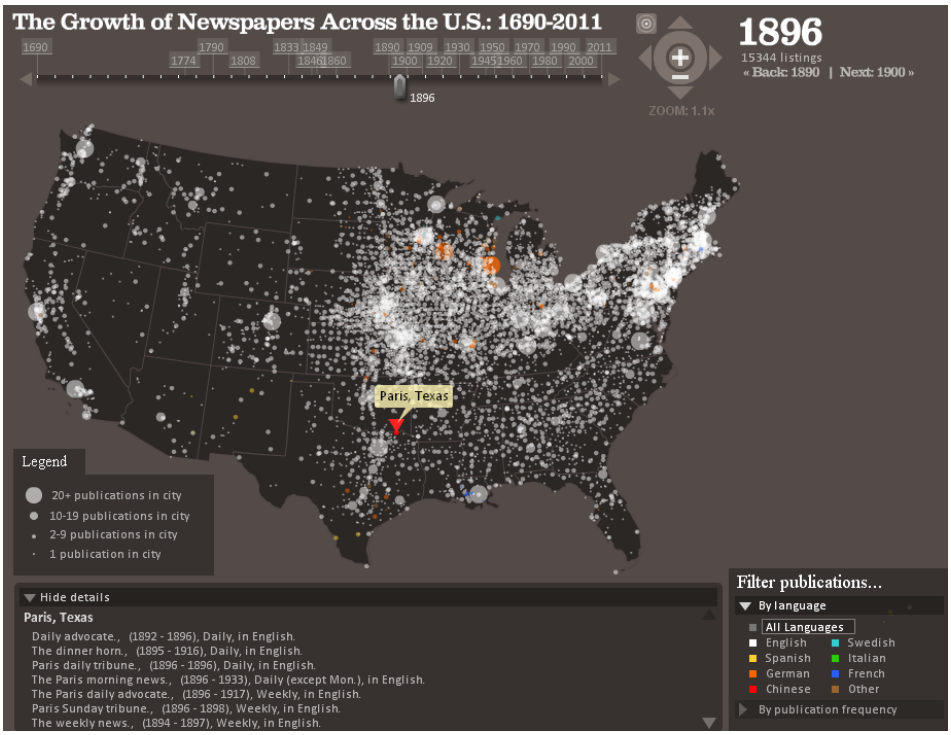
Auteur(s)	Stanford University
Source	http://www.stanford.edu/group/ruralwest/cgi-bin/drupal/visualizations/us_newspapers

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Visualisation interactive des dates/lieux de publication de journaux aux Etats-Unis entre 1690 et 2011. L'application recense 140 000 journaux publiés en différentes langues durant cette période. Elle permet d'en situer le lieu de publication et renvoie vers des ressources décrivant de façon plus détaillée chaque journal. Il n'y a pas d'animation à proprement parler mais un curseur temporel permettant de sélectionner une année, puis une sélection ville par ville. La taille relative des cercles surimposés sur la carte (représentant le nombre de journaux par ville) comme leur densité par région donne une idée plus générale sur la formation du pays.

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

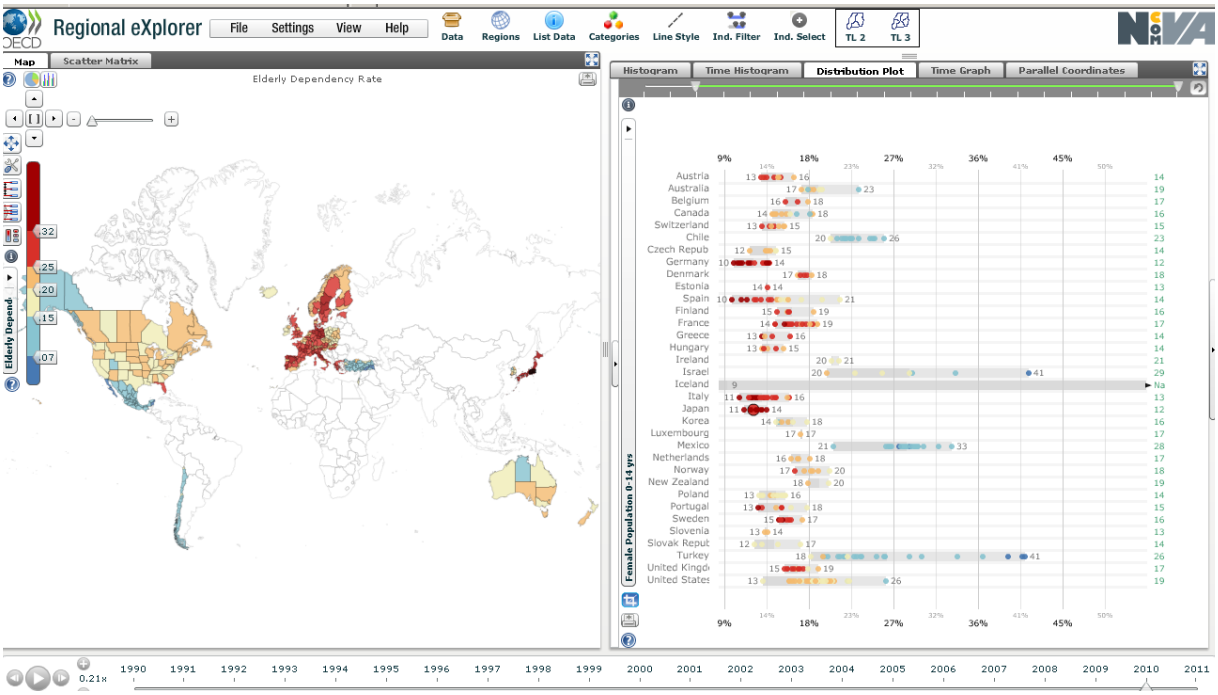
Spécificité de l'application :
C'est une application dédiée, mais dont le principe très simple est applicable à d'autres jeux de données.

Titre	**OECD Regional eXplorer**

Auteur(s)	NComVA
Source	http://stats.oecd.org/OECDregionalstatistics/#

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique



Description générale

Il s'agit d'une plateforme d'analyse de statistiques démographiques (densités de population, population de plus de 65 ans, etc.) par régions intégrant cartographie et dispositifs infovis classiques, curseur temporel de 1990 à 2012. Son objectif est de réaliser des analyses comparatives interrégionales de profils démographiques.

Dynamique spatiale

Public visé | Grand public | Professionnels-spécialistes |

Cadre de développement | Privé | Public | Recherche |

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux |

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
La plateforme permet de placer dans le temps et l'espace des quantités, dans un dispositif multifenêtres, qui combine cartographie, solutions classiques infovis (interaction entre fenêtres, effectif), et barre d'animation interactive. Ces différentes fenêtres permettent d'avoir de nombreux points de vue analytiques sur les données.

Titre	**The Photographer's Ephemeris** *(L'éphéméride du photographe)*

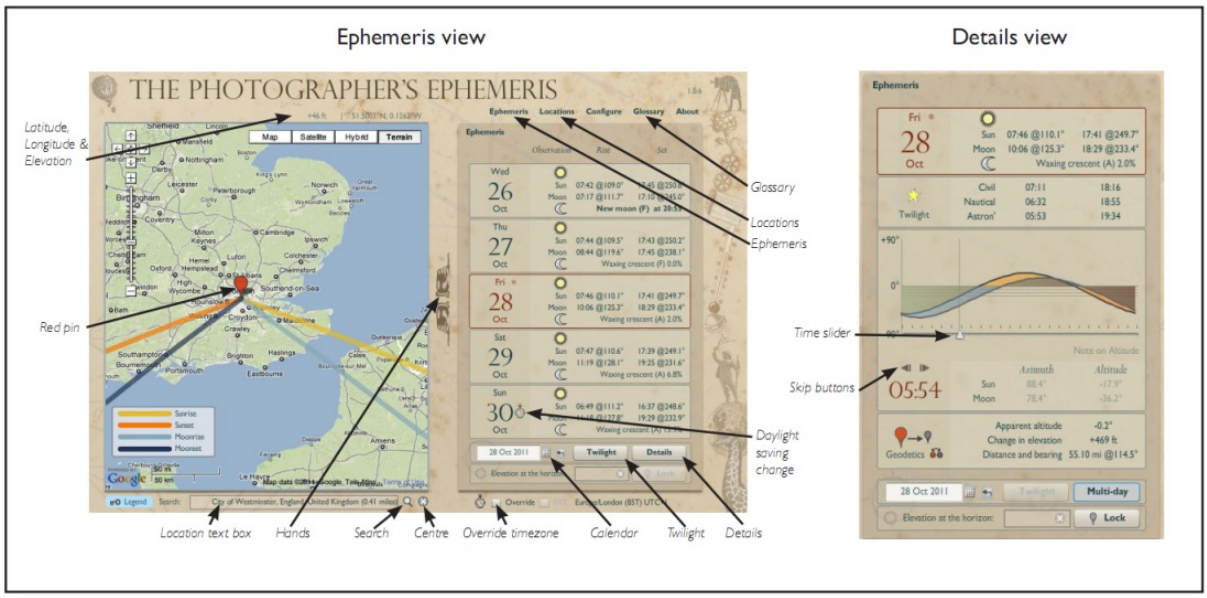
Auteur(s)	S. Trainor, publié par J Crookneck Consulting LLC
Source	http://photoephemeris.com/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

The Photographer's Ephemeris (TPE) est une application autonome conçue pour la photographie en extérieur, exploitant des données astronomiques pour afficher via une cartographie Google en tout point et à tout moment notamment l'heure du coucher et du lever de soleil (et de la lune). Elle permet donc aux photographes ou cinéastes d'anticiper sur les conditions d'éclairement à prévoir en tout lieu et à toute heure en combinant des informations spatiales (lieu, azimut, altitude) et temporelles (jour de l'année, moments dans la journée, heures de crépuscule). L'application TPE permet de visualiser le lieu recherché via une carte Google Maps & Google Earth (mode carte ou satellite) : elle est gratuite pour une utilisation sur son ordinateur, payante pour téléphones mobiles.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Les informations temporelles sont rendues sous la forme de textes (moments clés), de graphiques (courbes journalières), et de lignes (figurant sur la carte les positions de lever et de coucher de la lune et du soleil.

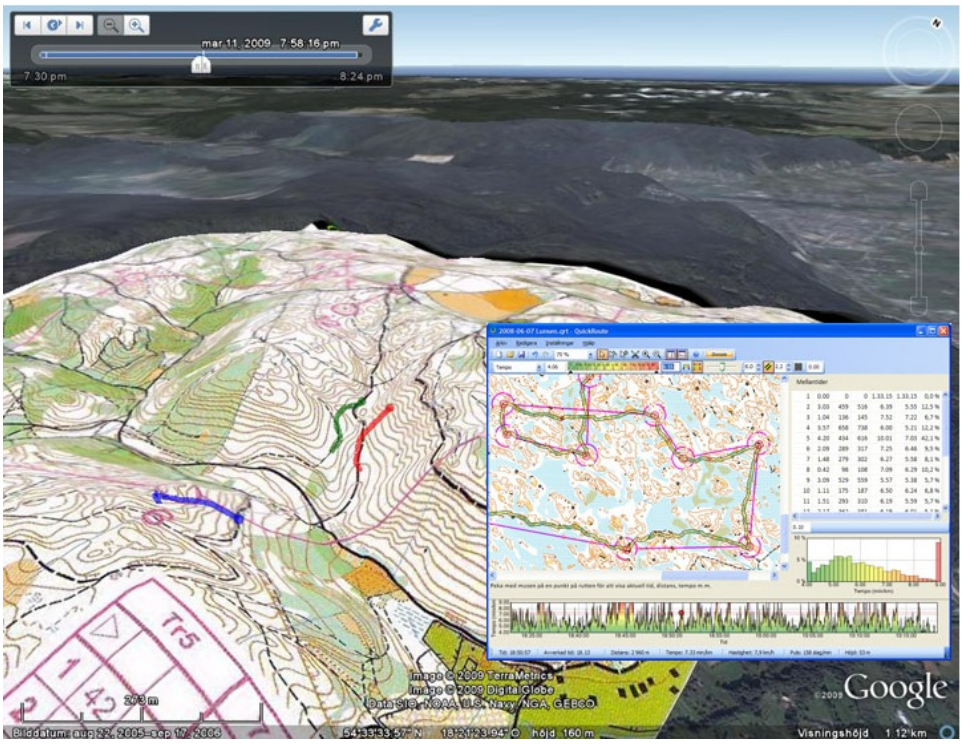
Titre	**Quick route**

Auteur(s)	M. Troeng et J. Ohlin
Source	http://www.matstroeng.se/quickroute/fr/index.php

Service rendu	Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Logiciel gratuit pour Windows permettant de transférer sur une carte Google Earth, une trace (itinéraire de randonnée en particulier) enregistrée via un GPS. La trace affichée peut être dégradée en couleur en fonction de différents paramètres (allure, vitesse , fréquence cardiaque, altitude, etc.). Des graphiques indépendants permettant de restituer les changements d'allure au cours du parcours pour une section choisie ou pour la totalité de la trace. Des informations point par point sont disponibles interactivement, les données sont exportables. L'intégration à Google Earth (ajustement manuel) est paramétrable (inclusion ou non de la carte au MNT). Plusieurs traces peuvent être comparées, et rejouées sous forme d'animation.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Quickroute est un gratuiciel qui s'appuie sur un format de données interopérable : le format GPX (format d'échange de données GPS issu de la famille XML). Il propose la représentation des données de l'utilisateur, sans présupposer de leur contenu, ce qui permet de l'utiliser dans de nombreux contextes.

Titre	**ReRouteMe**

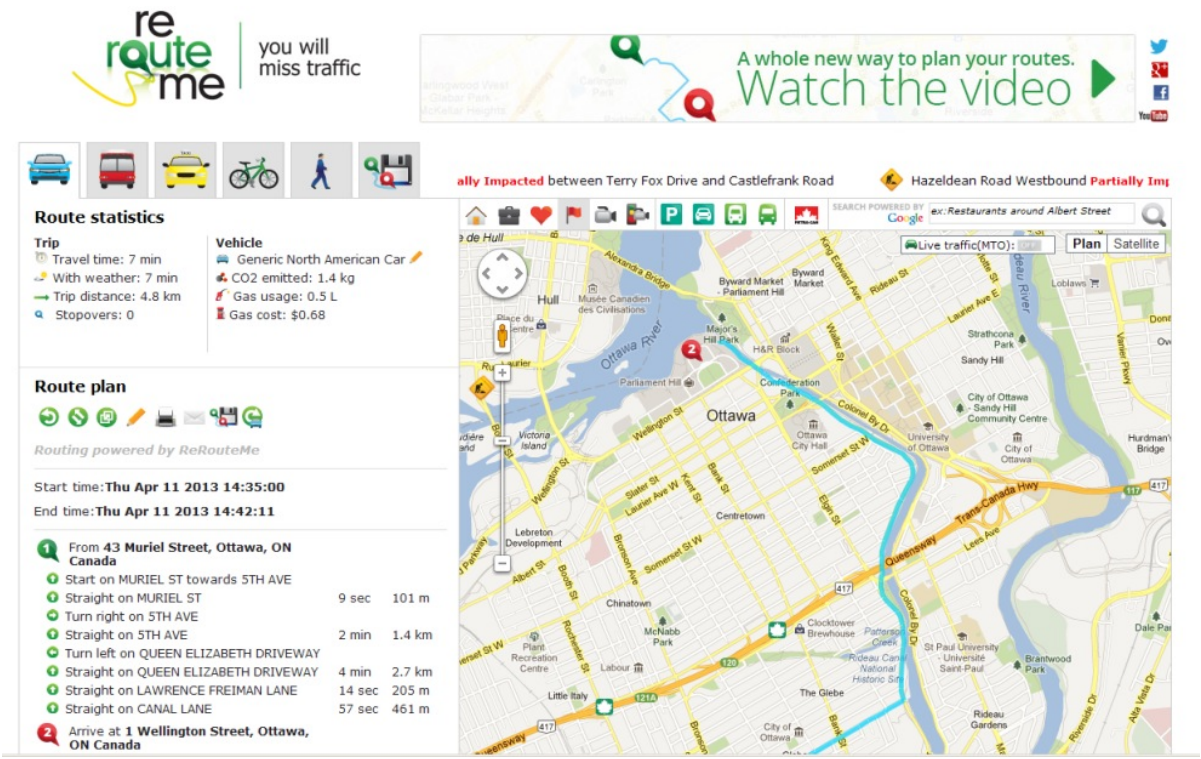
Auteur(s)	Rhexia Incorporated
Source	http://www.rerouteme.com

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Outil de calculateur d'itinéraires multimodaux (voiture, bus, vélo, etc.) en ligne, open source, permettant d'évaluer sur plusieurs critères des solutions alternatives de déplacement : le mode de transport lui-même, les durées, le trafic en temps réel, le coût et l'impact carbone, etc.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

ReRouteMe est une application de calcul d'itinéraire classique. Dans ce type d'application, le temps est exprimé dans l'attribut des données, sous forme de durée de trajet. Dans cette application, une étape du trajet peut également être reliée à un tronçon sur la carte, de façon interactive, projetant alors également le temps sur l'espace cartographique.

Titre	**Exploring the SARS epidemic: An animated cartography approach** *(Explorer l'épidémie du SARS: une approche par la cartographie animée)*

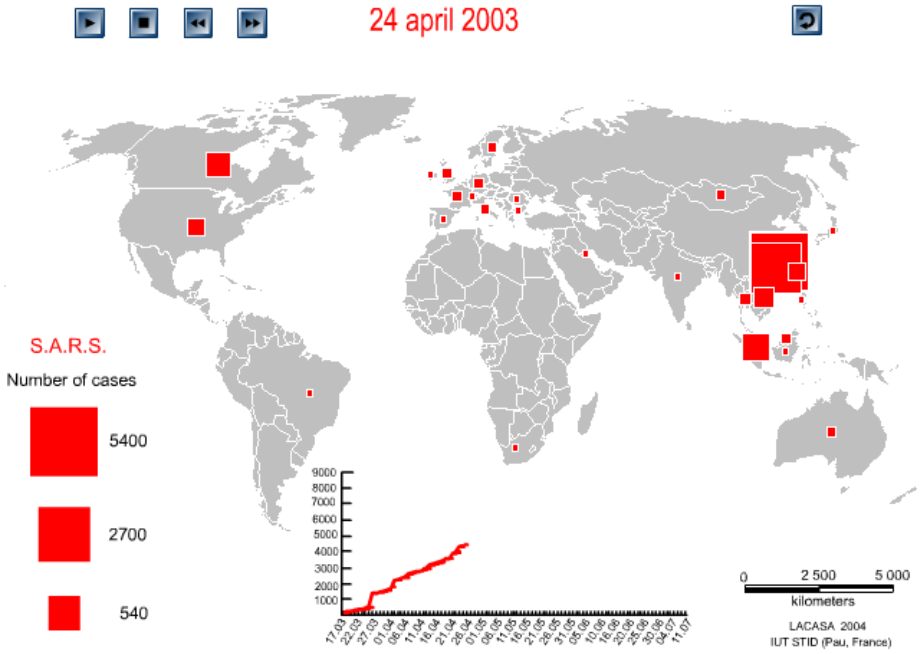
Auteur(s)	A.Banos, J.Lacasa.
Source	http://arnaudbanos.perso.neuf.fr/SARS/sars_epidemic.html

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application restituant sous la forme d'une animation jour par jour les évolutions d'une épidémie (SARS 2003) au plan mondial à partir de données nationales récoltées par l'OMS. Le dispositif assez simple combine une cartographie, des symboles portant une information quantitative (nombre de cas, échelle logarithmique) et une courbe jour par jour globale ou par pays. Les auteurs proposent deux applications indépendantes : une première orientée animation, une seconde se composant d'une carte interactive et de graphiques permettant de lire pays par pays, et jour par jour, les données collectées.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux |

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

La visualisation est constituée d'un fond cartographique sur lequel des carrés portent l'information quantitative, choix discutable sur le fond mais efficace du point de vue didactique. La donnée temporelle (jour d'observation) n'est pas présentée sous la forme d'une ligne de temps mais sous la forme d'une date (texte, format JJ/MM/AAAA).

Titre	**Simulateur climatique - Météo France**

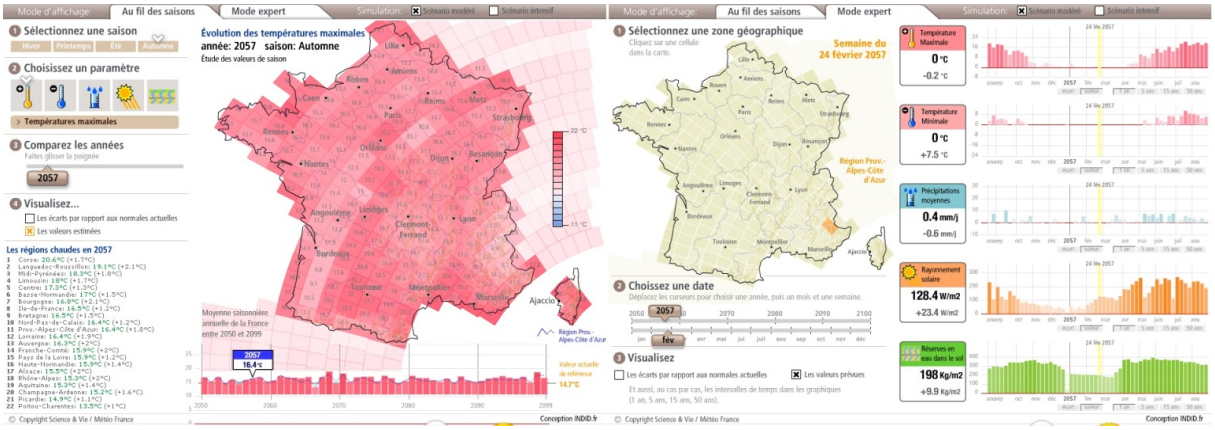
Auteur(s)	Indid, pour Météo France et Sciences&vie
Source	http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?page_id=12979

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application en ligne permettant d'analyser les projections climatiques de Météo France sur la période 2050-2100 dans leurs dimensions spatiales et temporelles. Deux modes de consultation sont offerts. Le second propose une série d'indicateurs représentés sous forme de graphiques associés à la cartographie (mode « valeurs » ou « écarts par rapport à la norme actuelle »). Deux scénarii du GIEC pour la période sont accessibles, mais pas directement comparables (basculement d'un scénario vers l'autre). Le dispositif est interactif, mais pas animé.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

L'interface en ligne, développée en Flash, permet de consulter pour chaque année (et, à l'intérieur, pour différentes granules selon le mode choisi) les tendances climatiques de chaque maille du maillage proposé (360 mailles). Plusieurs critères sont pris en compte (température mais aussi précipitations, ensoleillement, etc.).
L'application se caractérise par une double granularité spatiale (régions / maillage spatial systématique ad-hoc), et une granularité temporelle multiple (années / saisons / mois/ semaines / jours).

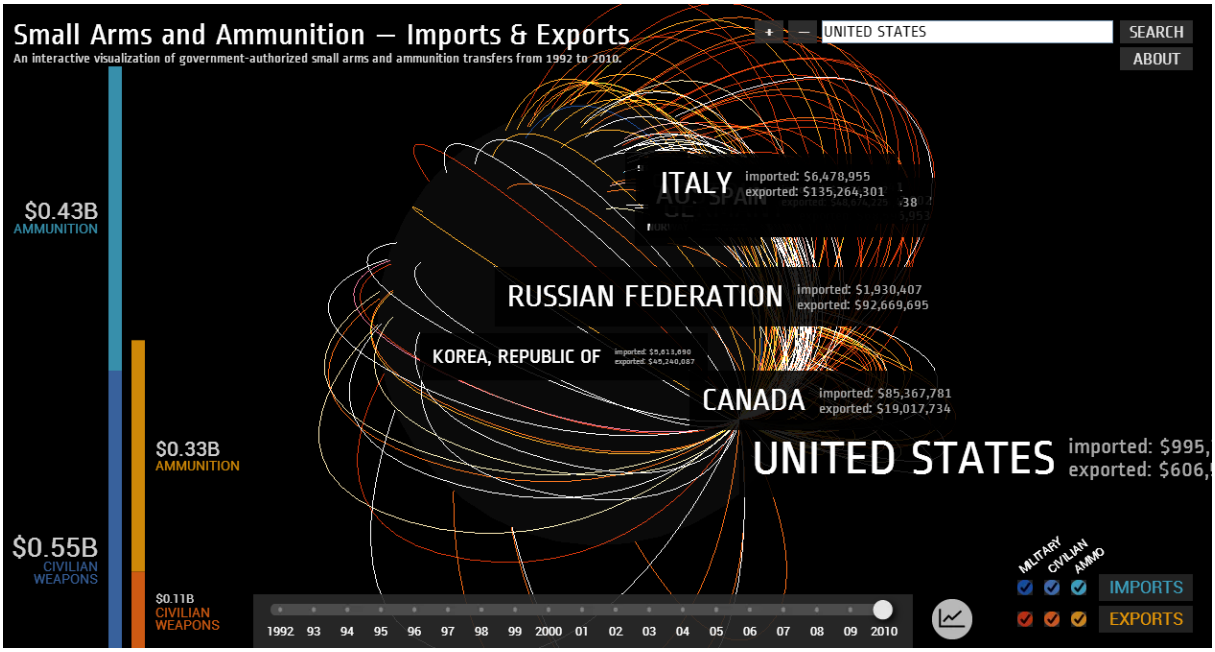
Titre	**Small arms and ammunition - Imports & Exports** *(Armes de petits calibres et munitions : imports et exports)*

Auteur(s)	Google
Source	http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/

Service rendu	Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Cette visualisation a été produite par Google dans le cadre du Google Ideas INFO (acronyme pour "Réseaux illicites, Forces et Opposition"), avec des données fournies par l'Institut de Recherche sur la Paix d'Oslo (PRIO). La visualisation présente plus d'un million de données d'import et d'export d'armes de petit calibre, d'armes légères et de munitions, dans 250 pays du monde, de 1992 à 2010.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques	Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Cette application permet de visualiser des flux 3D sur un globe terrestre interactif. La représentation de l'intensité des flux est originale: elle se fait grâce à la fréquence de clignotement et à l'intensité lumineuse le long des lignes d'échanges commerciaux.

Titre	**Statistics Austria - Online Atlas**

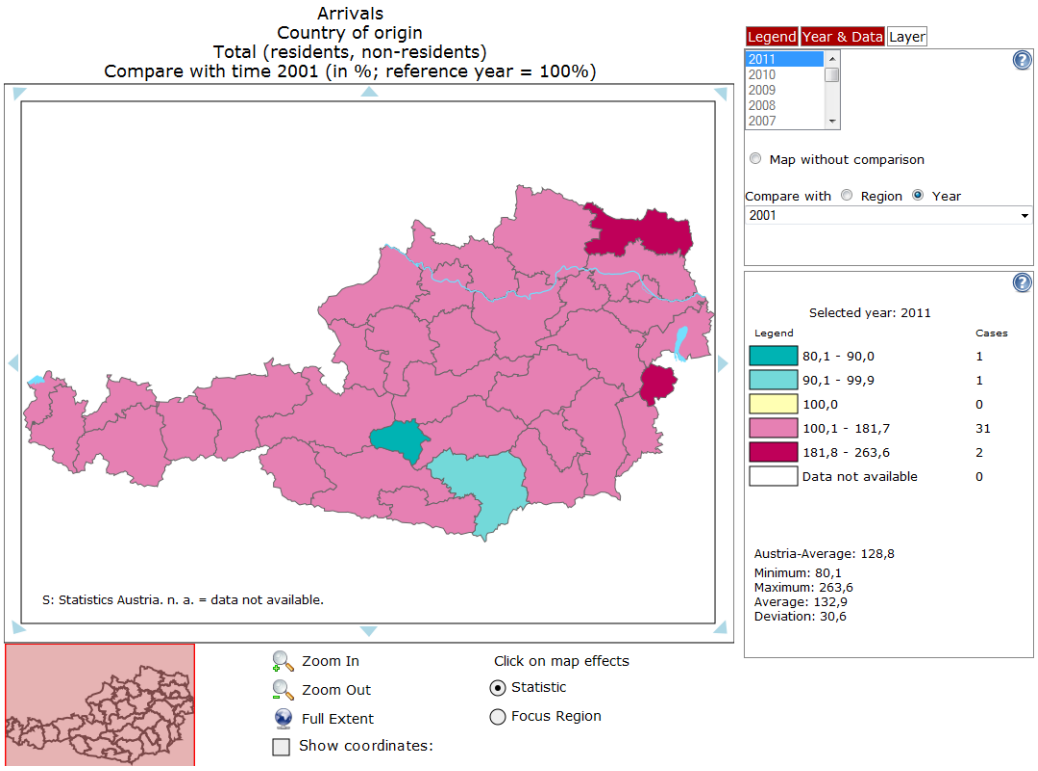
Auteur(s)	Statistics Austria
Source	http://www.statistik.at/OnlineAtlasWeb/start?action=start&atlas=1

Service rendu

Inventaire	**Scénario-récit**	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	**Dynamique**



Description générale

Cet outil est un atlas statistique national, qui vise à présenter les données statistiques de l'Autriche et de l'Europe.
Il permet entre autres d'observer l'évolution des données dans le temps et d'effectuer des comparaisons temporelles.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	**Public**
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		**Global**
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	**par une Carte**
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

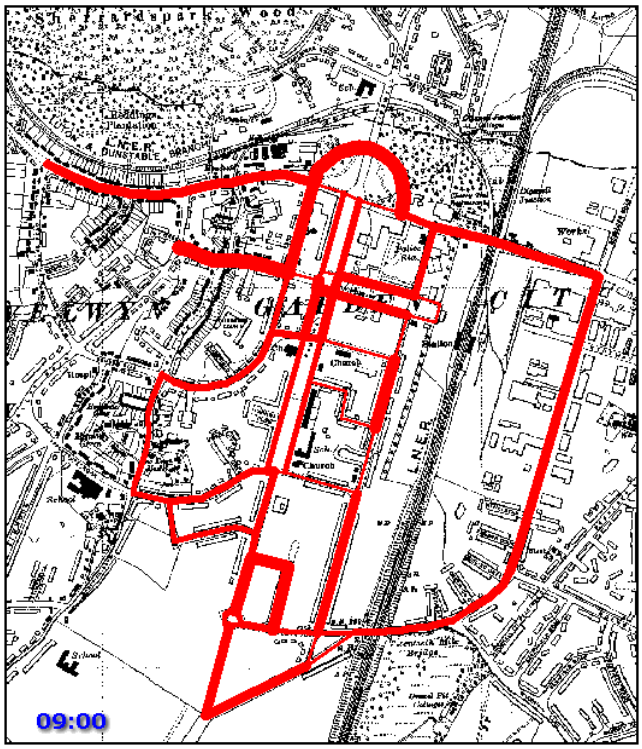
Spécificité de l'application :
Si les données statistiques ne sont visualisables sur la carte qu'année par année, la visualisation intègre un outil de comparaison des données courantes avec les valeurs d'une année de référence. L'utilisateur n'observe alors plus les données à un instant t, mais l'évolution sur une période.

Titre	**STEMgis Animations - Simulation de données de volume de trafic**

Auteur(s)	Discovery Software Ltd
Source	http://www.discoverysoftware.co.uk/GalleryTraffic.htm

Service rendu | Inventaire | **Scénario-récit** | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | **Statique** | Dynamique



Description générale

L'exemple présenté est une animation non-interactive produite avec le logiciel SIG STEMgis. Elle vise à montrer l'intensité du trafic routier à proximité d'une gare, toutes les heures, sur une période de 24 heures.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	**Privé**
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	**Local**
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	**Simple**	Multiple

par le Temps	**Représentation**	**par une Carte**
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Cet exemple reflète une utilisation basique de l'animation pour représenter le temps. Sans interactivité, il montre bien que l'information qu'on peut tirer de la visualisation est limitée.

Titre	**The centennia historical atlas**

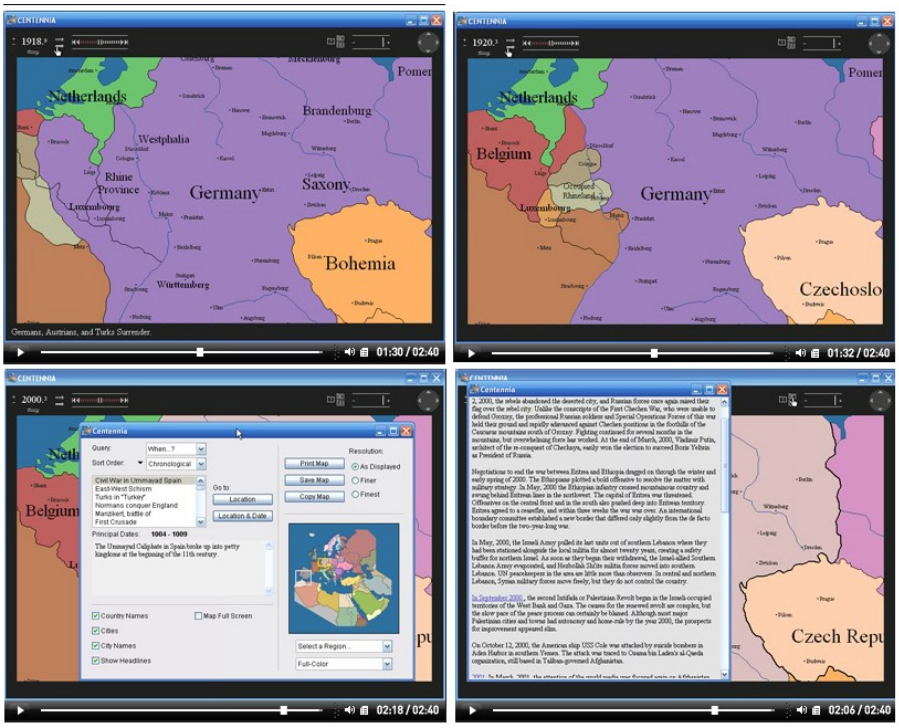
Auteur(s)	F.Reed (Centennia Software)
Source	http://www.clockwk.com/

Service rendu

Inventaire	**Scénario-récit**	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Outil logiciel très grand public présenté comme un atlas historique *dynamique* et *animé* de l'Europe et du Moyen-Orient depuis le début du 11ème siècle jusqu'à nos jours. L'intervalle de temps séparant deux cartes est affiché comme d'un dixième d'année (?), se traduisant par 9000 changements de frontières. Des informations contextuelles complètent les représentations cartographiques.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	**Privé**
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	**Les deux**

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		**Global**
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	**Multiple**

par le Temps	**Représentation**	**par une Carte**
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

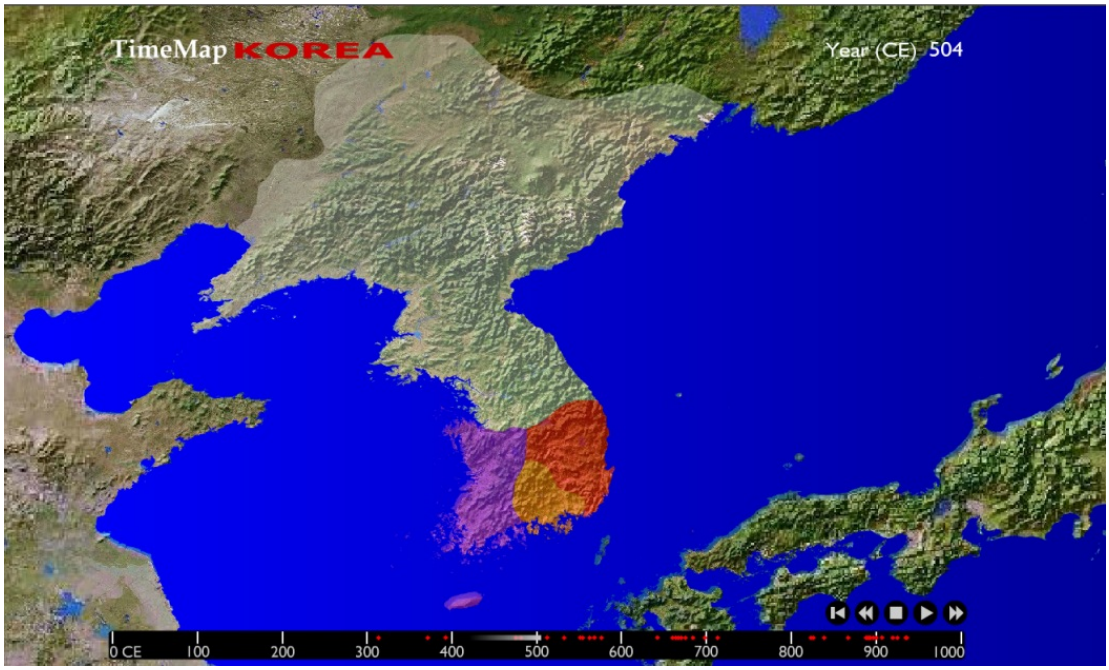
L'application n'a rien de particulièrement original ou innovant, mais représente bien ce qu'une approche basique par couches (une carte = une couche = un point temporel) peut apporter (facilité d'usage notamment). Cette application nous intéresse ici plus par ses manques (pas de lectures cumulatives et comparatives, pas de granularités spatiales et temporelles multiples, données censées représenter « l'état des forces » ?, etc.) que par ses vertus. Elle est à la représentation de données temporelles ce qu'est la maquette 3D à la représentation de données spatiales : une sorte de paradigme ultime avant de l'avoir fait, mais un paradigme qu'il faut se dépêcher de dépasser une fois atteint.

Titre	**TimeMap**

Auteur(s)	I. Johnson et al., University of Sydney
Source	http://www.timemap.net/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=144 http://www.timemap.net/epublications/2002_animations/2002_shilla_animation.swf

Service rendu | Inventaire | **Scénario-récit** | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | **Statique** | Dynamique



Description générale

TimeMap est un jeu d'outils logiciels permettant de générer des cartes animées simples (contours évolutifs, points d'intérêt) à partir de données utilisateur, en intégrant données vectorielles (niveau spatial) et couches temporelles. Plusieurs exemples d'applications relevant du champ des sciences historiques sont disponibles (ci-dessus TimeMap Korea).
TimeMap est d'origine universitaire, soutenu par un consortium (voir http://www.timemap.net) et aujourd'hui repris sous la forme d'un nouveau projet (Heurist, http://sydney.edu.au/heurist/index.html).

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		**Global**
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	**Simple**	Multiple

par le Temps	**Représentation**	**par une Carte**
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
TimeMap permet de générer des animations au format swf (Flash). Il s'agit d'un outil orienté grand public, mettant en pratique dans un format web le concept basique de représentation multicouche (1 point temporel = 1 couche = 1 distribution spatiale) présent dans un nombre très important d'animations à vocation didactique. TimeMap doit être vu comme représentant une famille d'applications souffrant des mêmes limites : dimension temporelle simpliste, notion de granularité absente, interactions minimales.

Titre	**Treemaps for Exploring Spatial and Temporal Variation House Prices** *(Des Treemaps pour explorer les variations spatiales et temporelles des prix du logement)*

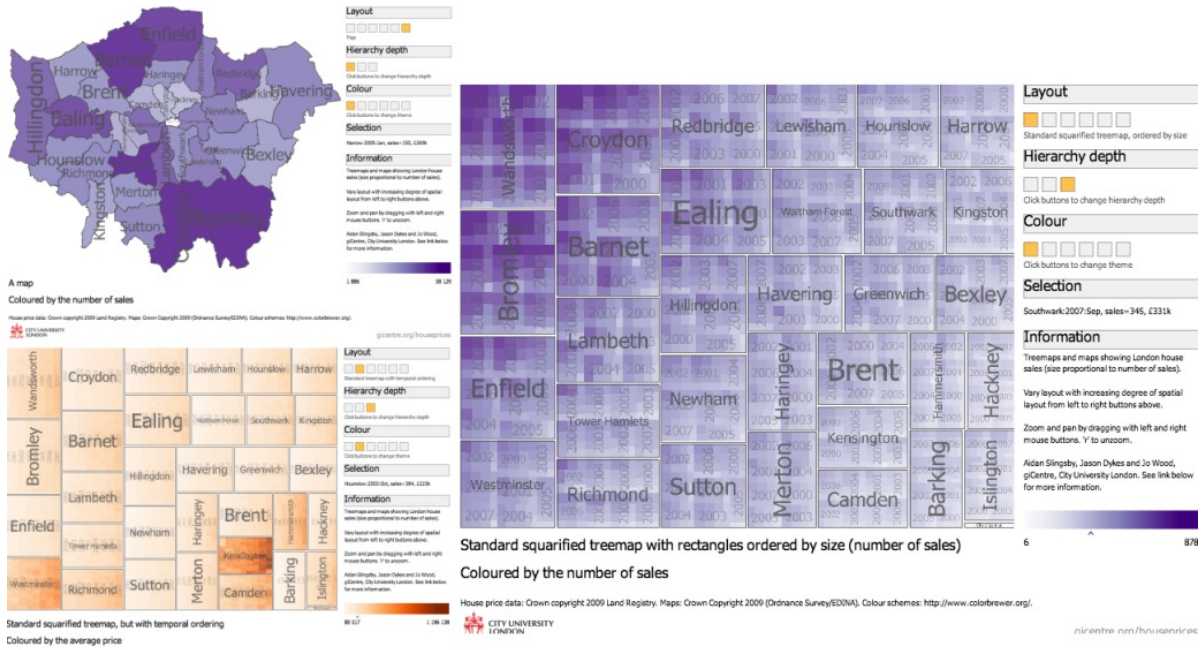
Auteur(s)	A. Slingsby, J. Dykes, J. Wood, A. Crooks
Source	http://www.gicentre.org/houseprices/demo/index.html

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application interactive dédiée à l'analyse des variations de prix de l'habitat dans l'agglomération londonienne sur une douzaine d'année. L'application comprend un mode « cartographie » classique (haut gauche dans l'illustration ci-dessus) et une série de treemaps (représentation de données hiérarchiques dans un espace limité, proposée par B. Shneiderman, au début des années 1990) restituant district par district les évolutions de prix sur la période. La taille des rectangles (un rectangle = un district) est proportionnelle au nombre de vente dans ce district. A l'intérieur de chaque rectangle l'espace est redécoupé (ici pour représenter des périodes de temps, années ou mois) et colorisé (ici pour représenter par exemple le nombre de ventes – à droite dans l'illustration– ou le prix moyen - bas gauche).

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

La configuration utilisateur repose sur trois paramètres : la distribution (carte simple, treemaps avec hiérarchie basée sur le nombre de vente, le temps, etc.) ; la discrétisation (espace seul, espace + années, espace + années + mois) et la colorisation (nombre de vente, prix moyen, coefficient de variation de prix, etc.). La carte comme les treemaps autorisent la sélection de secteurs / périodes permettant une lecture fine des données.

Titre	**TubeMap London** *(Carte du métro de Londres)*

Auteur(s)	Tom Carden
Source	http://www.tom-carden.co.uk/p5/tube_map_travel_times/applet/

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique

Description générale

Il s'agit d'une visualisation isochronique des temps de trajets dans le métro de Londres. L'objectif est de pouvoir sélectionner une station du réseau pour connaître la proximité temporelle de toutes les autres stations.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Dans cette application, l'espace se déforme pour correspondre à l'éloignement en terme de temps de trajet. Le mode de représentation du temps par l'espace de la carte, sous forme de cercles concentrique, rend cette application originale. L'espace géographique est alors déformé en anamorphose, selon le paramètre temps.

Titre	**Un mois de Velib'**

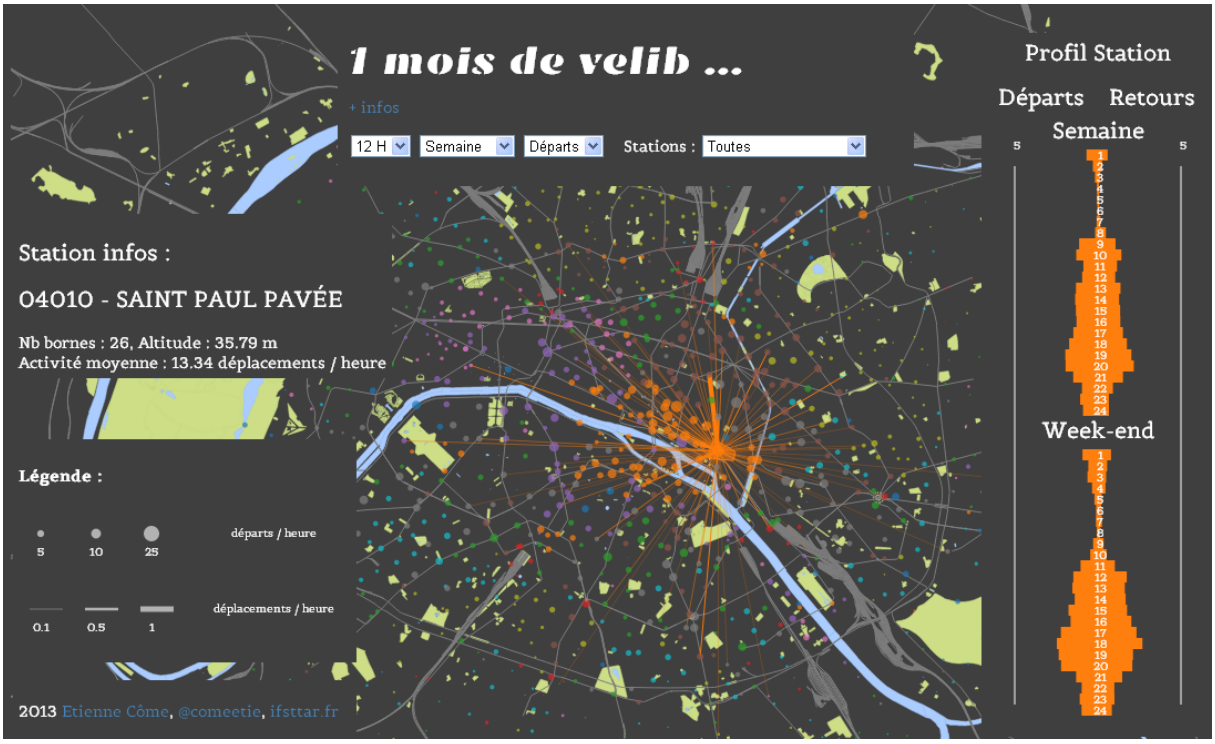
Auteur(s)	Etienne Côme
Source	http://www.comeetie.fr/galerie/velib/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Un mois de vélib' permet de visualiser le nombre de trajets de vélib entre stations, à Paris, et le stock de vélo disponible dans chaque station par heure de la journée. L'utilisateur peut filtrer les données par créneau horaire, par type de jour (semaine ou week-end) et observer les vélos entrants et sortants. Des graphiques de résumé statistique sont également disponibles à l'échelle de la journée par station.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

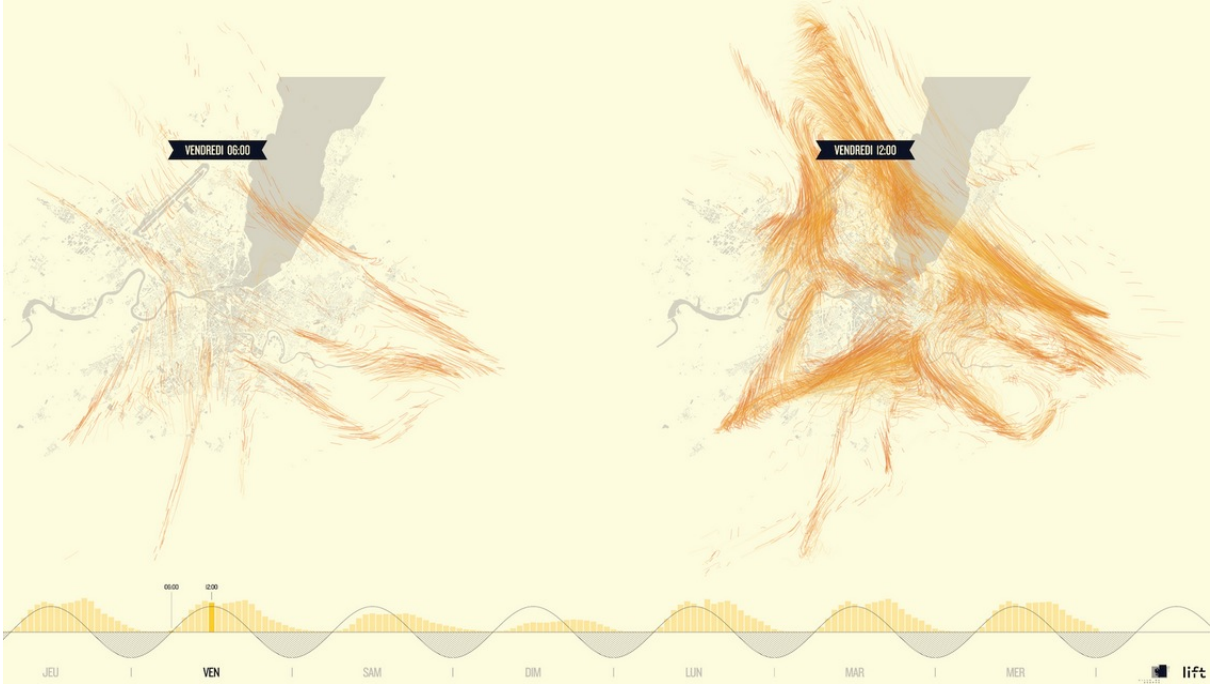
Cette application présente non seulement les stocks de vélo par station mais également les mobilités entre stations et leurs intensités. Les données ne peuvent cependant être visualisées qu'à la granularité de l'heure et les statistiques à l'échelle de la journée, ce qui réduit les potentialités d'analyse. L'application ne fonctionne que sous le navigateur Google Chrome.

Titre	**Ville vivante : Genève dans sa dimension dynamique**

Auteur(s)	Ville de Genève, Lift and Near Future Laboratory, Interactive things
Source	http://villevivante.ch/fr/

Service rendu | Inventaire | **Scénario-récit** | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique



Description générale

Cette visualisation permet de repérer les « traces numériques » des téléphones portables des abonnés au réseau Swisscom (Suisse) à l'échelle de la ville de Genève.

Les objectifs de la ville de Genève, commanditaire du projet, étaient de proposer aux habitants de nouveaux modes de visualisation et, pour les pouvoirs publics, d'évaluer des stratégies d'aménagement et de planification. Pour les entreprises, elles permet aussi de déduire des renseignements sur les taux de fréquentation de certaines zones et espaces, information fort utile par exemple pour fixer des loyers ou choisir la localisation d'un espace commercial.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

Cette visualisation tient compte du paramètre temps dans sa complexité. Elle permet d'observer les données à la fois sur des échelles de temps linéaires et cycliques, aux granularités de l'heure, du jour ou de la semaine. Elle associe aux cartes animées plusieurs graphiques statiques pour permettre d'enrichir l'exploration.

Titre	**Visualizing emancipation** *(Visualiser l'émancipation)*

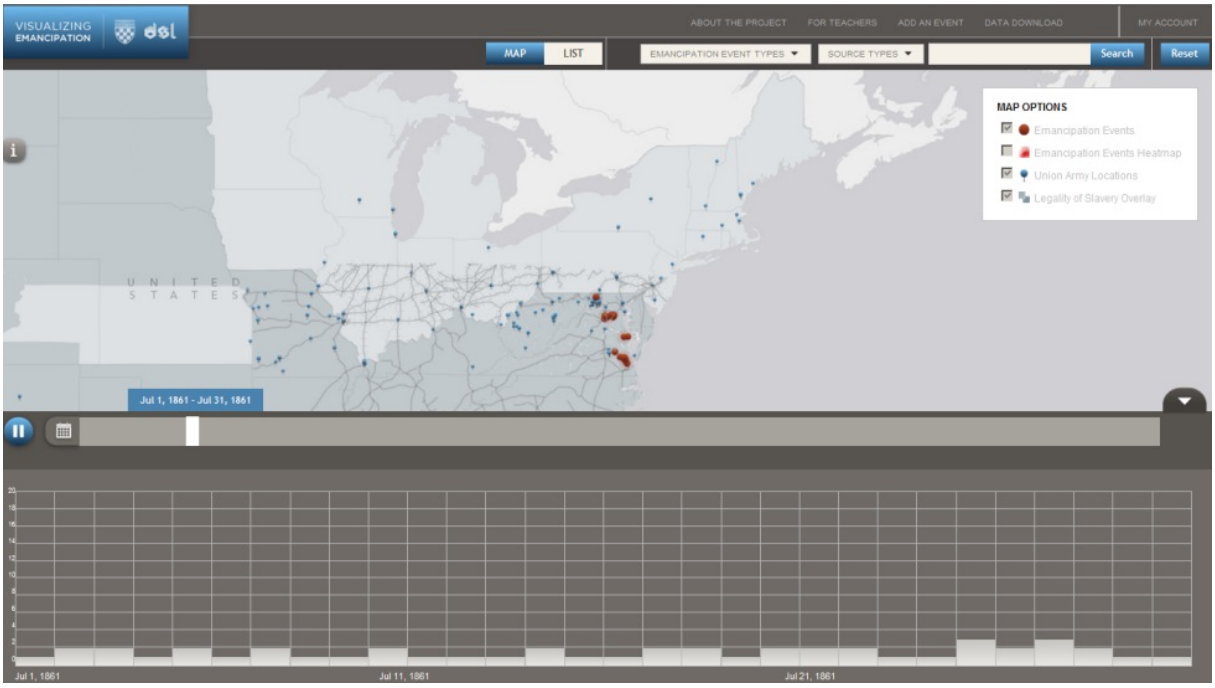
Auteur(s)	Digital Scholarship Lab, University of Richmond (USA)
Source	http://dsl.richmond.edu/emancipation/

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application à vocation didactique qui rend compte d'évènements et de situations ayant contribué à la fin de l'esclavage pendant la guerre de sécession américaine. L'application combine lecture spatiale et temporelle, point de vue historique et géographique. Elle est déclinée à la demande sous la forme d'une animation.

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Ses points forts se situent avant tout dans la combinaison de facteurs qu'elle permet à l'analyste d'observer, dans le contrôle des différentes sources et des différents évènements visualisés, et dans la recherche de solutions graphiques.

Titre	**Voting America** *(Les votes en Amérique)*

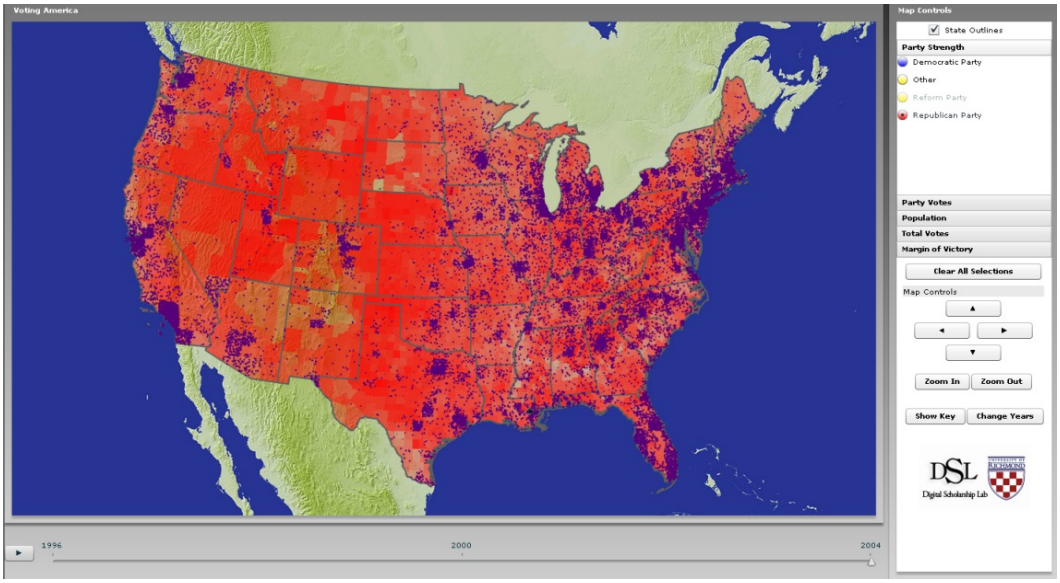
Auteur(s)	Digital Scholarship Lab, University of Richmond (USA)
Source	http://dsl.richmond.edu/voting/index.html

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Site dédié à l'analyse des élections fédérales américaines, combinant des dispositifs complémentaires – cartes comté par comté, animations – et différents critères à analyser ou combiner – marge du vainqueur, nombre de votes, nombre de comtés gagnés, type de population, etc.
Nous nous attachons ici à l'un des dispositifs proposés sur le site : une carte interactive et animée.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Bien que n'introduisant pas de nouveauté ou d'avancée par rapport à d'autres cas présentés ailleurs dans le rapport, c'est un travail qui se distingue par deux points importants : sa portée temporelle (1840-2008) qui oblige à filtrer des jeux de données devenus massifs, et le caractère même du projet sous-jacent – projet interdisciplinaire, étiquette « digital humanities », temps de l'histoire, visées didactiques.

Titre	**Wakame**

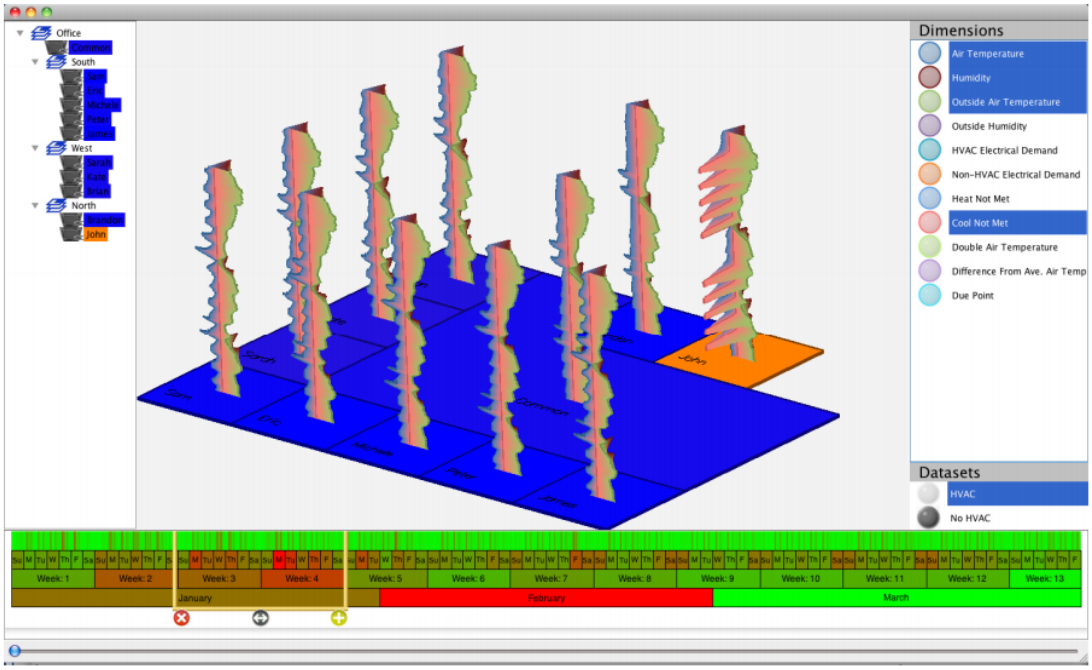
Auteur(s)	C. Forlines, K. Wittenburg
Source	http://www.merl.com/publications/docs/TR2010-031.pdf

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Application dédiée à la lecture de données multivariées ayant des composantes spatiales et temporelles. L'application a été initialement développée pour rendre compte de mesures de capteurs environnementaux à l'échelle de l'architecture (testé sur un système de ventilation 3 zones / 11 bureaux). Le dispositifs s'appuie néanmoins sur un principe simple (extrusion pour figurer la dimension temporelle, ici extrusion de diagrammes « radar ») réapplicable à d'autres échelles.

Dynamique spatiale

Public visé	Cadre de développement
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		Espace
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :

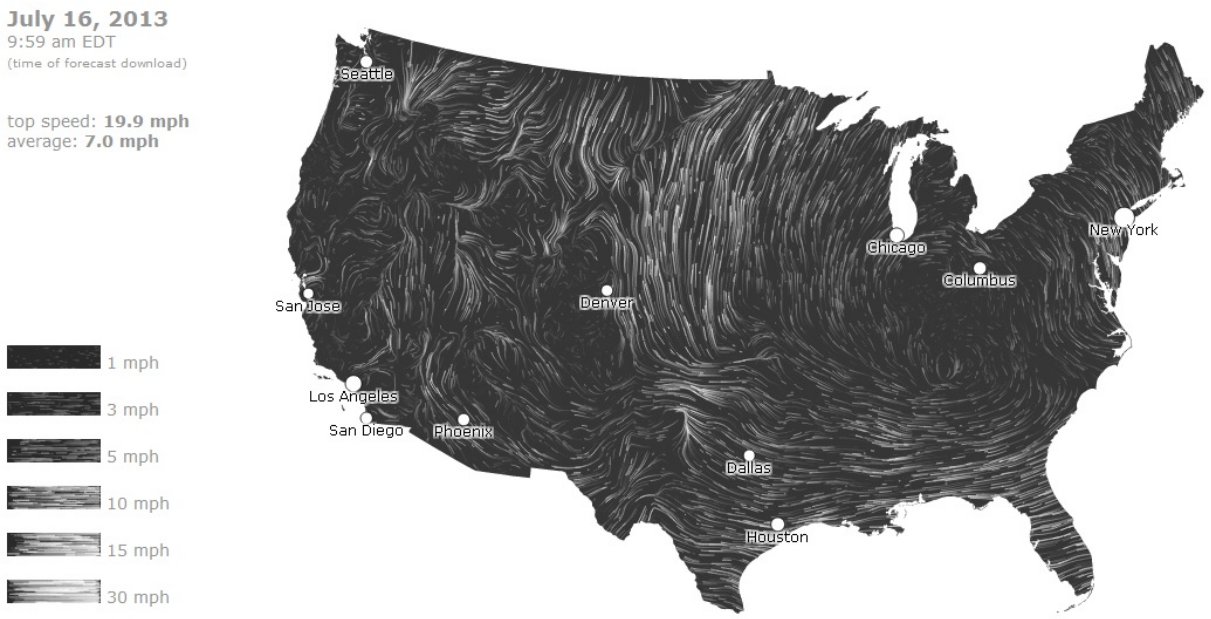
De nombreux autres dispositifs existent qui exploitent un principe de visualisation similaire (points représentant une localisation en x,y ; dimension z utilisée pour rendre compte des modification de valeurs d'une ou plusieurs variables dans le temps). Cette application est donc donnée à titre d'exemple représentant une famille de solutions très présente dans le champ InfoVis (Pencil icons, Helix icons, data vases, value flow maps, etc.).

Titre	**Wind Map** *(Carte du vent)*

Auteur(s)	Hint.fm
Source	http://hint.fm/wind/

Service rendu | Inventaire | Scénario-récit | Exploration | Prédiction-prospective

Lien données | Statique | Dynamique



Description générale

Cette carte montre la direction et l'intensité des vents aux Etats-Unis en temps réel.
Elle permet d'observer les tendances globales des courants aériens sur le territoire, mais aussi d'observer le comportement d'événements majeurs, comme le passage des cyclones.

Dynamique spatiale

Public visé	**Cadre de développement**
Grand public	Privé
Professionnels-spécialistes	Public
	Recherche

Graphiques | Temporels | Atemporels | Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
Contrairement à la majorité des applications de visualisation de flux, qui présentent un inventaire des données sur une période passée, cette visualisation présente des flux en temps réel (en l'occurrence, des flux d'air). Le caractère instantané des données n'accorde pas une grande importance au paramètre temps dans la visualisation, mais la représentation cartographique des flux dans l'espace est intéressante.

Titre	**Yosemite National Park Hiking Map** *(Carte de randonnée du Parc National de Yosemite)*

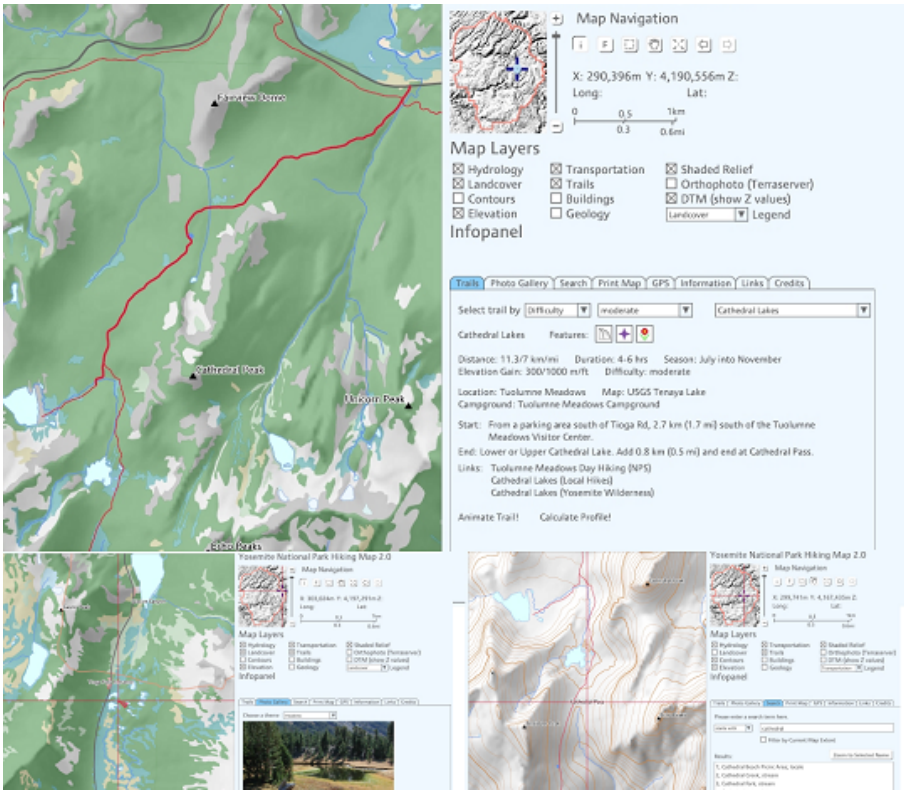
Auteur(s)	J.Neumann, A.Neumann
Source	http://www.carto.net/williams/yosemite/index.svg

Service rendu

Inventaire	Scénario-récit	Exploration	Prédiction-prospective

Lien données

Statique	Dynamique



Description générale

Répertoire d'itinéraires pédestres avec fonctionnalités d'interrogation/sélection et informations contextuelles. La plateforme permet de localiser des sentiers (itinéraires pédestres) dans l'espace du Parc, précise le profil et les temps de parcours et simule l'itinéraire sous forme d'animation. Elle affiche des informations contextuelles et localise des photos sur le fond cartographique (position / orientation).

Dynamique spatiale

Public visé

Grand public
Professionnels-spécialistes

Cadre de développement

Privé
Public
Recherche

Graphiques

Temporels	Atemporels	Les deux

Temps		**Espace**
Immédiat	**Echelle**	Local
Court		Intermédiaire
Intermédiaire		Global
de l'Histoire		Mondial

Simple	Multiple	**Granularité**	Simple	Multiple

par le Temps	**Représentation**	par une Carte
par de l'Espace		par un Graphique
par un Attribut		par un Cartogramme

Spécificité de l'application :
La représentation se compose de glyphes et de lignes surimposées sur une cartographie ad-hoc, multicouches, au format SVG – interface ad-hoc. L'information temps est présente sous la forme de durées (durée de parcours, saisons).

Annexe 2. Bibliographie structurée

1. Ouvrages et répertoires de ressources

Dans cette première partie sont répertoriés d'une part des ouvrages généralistes et / ou collectifs portant sur un ensemble de méthodes et de terrains d'applications, et d'autre part des répertoires de ressources en ligne – sites traitant plus ou moins directement de la thématique 'représentations des temporalités des territoires' et équipes investies sur ce sujet, puis logiciels commerciaux et/ou applications téléchargeables. Les publications disponibles en ligne sont répertoriées plus loin, par ordre alphabétique.

Ouvrages généralistes et / ou collectifs

Aigner W., Miksch S., Schumann H., Tominski C. *Visualization of time oriented data.*
Springer-Verlag (2011)

Andrienko N., Andrienko G.. *Interactive Maps for Visual Data Exploration*. int. j. geographical information science, vol. 13, no. 4, pp. 355 -374 (1999)

Andrienko G., Andrienko N. *Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data*
Springer Verlag (2005)

Andrienko G., Andrienko N., Bak P., Keim D., Wrobel S. *Visual Analytics of Movement*
Springer Verlag (2013)

Bertin J. , *Sémiologie graphique*.
Editions EHESS, (1967-2005)

Cambrézy L., De Maximy R. (sous la dir. de) *La cartographie en débat. Représenter ou convaincre*
Karthala - ORSTOM (IRD) – Paris (1995)

Cauvin C., Escobar F., Serradj A., *Cartographie thématique: Des voies nouvelles à explorer*
coll. IGAT Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale, Hermes, Paris, p 320, (2008)

Cleveland W. *Visualizing Data*
Hobart Press, Summit, NJ, USA, (1993)

Dykes J. A., Mountain D. M., *Seeking structure in records of spatio-temporal behaviour: visualization issues, efforts and applications*, Computational Statistics and Data Analysis, 43 (Data Visualization II Special Edition), p. 581-603 (2003).

Dykes J., Mac Eachren A-M, Kraak M-J, *Exploring Geovisualization*, Elsevier (2005)

Edsal R. M, D. J Peuquet, , *Graphical query technique for temporal GIS* ACSM/ASPRS annual Conference, Seattle, WA, pp 182-189 (1996)

Fen Chong J., *Organisation spatio-temporelle des mobilités révélées par la téléphonie mobile en Ile-de-France*, Thèse de doctorat, Université Paris 1 (2012)

Guesgen W., Anger, F. D., Ligozat, G., Rodríguez R. V. *Spatial and temporal_reasoning*
J.UCS Special Issue (vol9 issue 9) (2003)

Hägerstrand T., *What about people in regional science ?*, Papers of the Regional Science Association, N°24, pp. 7-21 (1970)
Keim D., J.Kohlhammer J., G.Ellis G., Mansmann F. (eds) *Mastering the information age – Solving problems with visual analytics*
www.vismaster.eu (2011)

Klein O., *Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains*, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur (2007).

Kraak M-J., *The cartographic visualisation process: from presentation to exploration*
The cartographic journal, vol 35, N°1, pp11-15 (1998)

Kraak M-J, *Web Cartography : Developpments and Prospects*

Taylor & Francis (2000)

Kraak M-J., 2003. *Geovisualization Illustrated.*
ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 57, n° 5–6, pp. 390-399.

Kraak M-J, Ormeling F., Cartography : *Visualization of spatial data*
Guilford Press, Third edition (2011)

Lefort, J. *L'aventure cartographique*
Belin Pour la Science (2004)

Le Petit B., Pumain D. *Temporalités urbaines*
Paris, Anthropos, collection « Villes », 316 p.(1993)

Leviselli D., 2013, *Cartographie animée de séries temporelles et transformation de Fourier : l'exemple des dynamiques du Vélib*
11 ième Rencontres TheoQuant, Besançon (2013)

L'Hostis A., *Images de synthèse pour l'aménagement du territoire : la déformation de l'espace par les réseaux de transport rapide*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, sous la direction de P. Mathis, Université F. Rabelais - Centre d'Etudes Supérieures d'Aménagement, Tours (1997)

Lippincott, K. *L'histoire du Temps*
Larousse (2000)

Mac Eachren A.M. *How maps work? Representation, Visualization, and Design*
The Guilford Press , 513 p. (1995)

Mac Eachren A-M, Kraak, M-J .*Research challenges in geovisualization.*
Cartography and Geographic Information Systems, 28(1), 3-12 (1995)

Palsky, G. *Des chiffres et des cartes – La cartographie quantitative au XIXème siècle*
CTHS (1996)

Rosenberg D., Grafton A. *Cartographies of Time*
Princeton Architectural Press (2010)

Sanders, L (dir), *Modèles en analyse spatiale*
Hermès lavoisier (2001)

Scharl A., Tochtermann K. (Eds.) *The Geospatial Web Advanced Information and Knowledge Processing Series 2007*
London: Springer (2010),

Shneiderman B., Cart S.K., Mackinlay J.D *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*
Morgan Kaufmann (1999)

Slocum T.A, McMaster R.B, Kessler F.C, Howard H.H. *Thematic Cartography and Geovisualization*
Pearson Education, Inc. (2004)

Spence R. *Information Visualization - Design for Interaction*
Pearson Education Limited, 2nd edition. (2007).

Thomas J.J, Cook K.A.(Eds), *Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics*
IEEE Computer Society Press, (2005).

Tobler W., *Experiments in Migration Mapping by Computer*
Cartography and Geographic Information Science, Volume 14, Number 2 (1987)

Tufte E.R, *Envisioning Information*
Graphics Press, Cheshire (1990)

Tufte E.R, *The visual display of quantitative information*
Graphics Press, Cheshire (2001)

Tufte E.R, *Beautiful evidence*
Graphics Press, Cheshire (2006)

Tukey J.W., *Exploratory Data Analysis*
Reading MA : Addison-Wesley (1977).

Yuan M., Stewart Hornsby K, *Computation and visualization for understanding Dynamics in geographic Domains : A researc Agenda*
CRC Press, Taylor & Francis Edition. (2008)

Répertoires de ressources en ligne

carto.net / cartographes sur le net
http://www.carto.net/ (acc 09 03 2013)

DataAppeal - Data analytics and visualization
http://www.dataappeal.com/ (acc 06 09 2013)

Online Vegetation and Plant Distribution Maps - Earth Sciences & Map Library U Berkeley, USA
http://cluster3.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html (acc 03 09 2013)

Friendly, M. *Timelines and Visual Histories*
www.datavis.ca/gallery/timelines.php (acc. 18 03 2013)

Friendly, M. *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization*
http://datavis.ca/milestones (acc. 18 03 2013)

Friendly, M. *A brief history of data visualization*
http://www.datavis.ca/papers/hbook.pdf (acc 15 03 2012)

GeoAnalytics.net - Web portal for GeoSpatial Visual Analytics

http://geoanalytics.net/ (acc 03 09 2013)

Geo- Analytics - Data Analysis and Visualization Group, University of Konstanz, Allemagne.

http://research.dbvis.de/geo/ (acc 03 09 2013)

GeoCommons – site de communauté soutenu par ESRI
http://geocommons.com/ (acc 04 09 2013)

Information Visualization Journal, SAGE Publications.
http://ivi.sagepub.com/ (acc 03 09 2013)

Perry-Castañeda Library Historical Map Web Sites – U Texas, USA.
http://www.lib.utexas.edu/maps/map_sites/hist_sites.html (acc 04 09 2013)

Portail SIGENV (Systèmes d'Information Géographique pour l'Environnement), Grenoble, France
http://sigenv.imag.fr/article15.html (acc 04 09 2013)

Quels outils numériques pour représenter le temps en histoire ? Cécile Armand
http://advertisinghistory.hypotheses.org/79 (acc 26 05 2014)

Temporalités – revue de sciences humaines et sociales
http://temporalites.revues.org/ (acc 05 09 2013)

TimeMap (consortium): Time-based Interactive Mapping – U Sydney, Australia
http://www.timemap.net/ (acc 05 09 2013)

The TimeViz Browser Tominski C, Aigner W.,
http://survey.timeviz.net/ (acc 22 04 2013)
VizWorld.com - Visualization, Computer Graphics, and Animation
http://www.vizworld.com/science/ (acc 05 09 2013)

www-vl: history: maps - European University Institute, Florence, Italy
http://vlib.iue.it/history/materials/maps.html (acc 05 09 2013)

Quelques équipes investies sur la thématique

Aviz visual analytics project – INRIA, France.

http://www.aviz.fr/Main/HomePage(acc 03 09 2013)

Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA) - The Bartlett, UCL - UK
http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa (acc 04 09 2013)

Digital Scholarship Lab - University of Richmond, USA.
http://dsl.richmond.edu/ (acc 13 09 2013)

GDR MAGIS communauté "Information Géographique - géomatique"
https://gdr-magis.imag.fr/magis2009/index.html (acc 13 09 2013)

GDR 3359 MoDyS : Groupement De Recherche « Modélisation des dynamiques spatiales »
http://isa.univ-tours.fr/modys/index.php/ (acc 30 05 2014)

GeoVISTA Center Penn State University, USA.
http://www.geovista.psu.edu/ (acc 05 09 2013)

giCentre - Department of Information Science –City University London, UK.
http://www.soi.city.ac.uk/organisation/is/research/giCentre/index.html (acc 03 09 2013)

ICA (International Cartographic Association) Commission on GeoVisualization
http://geoanalytics.net/ica/ (acc 04 09 2013)

NCVA (National Center for Visual Analytics) - Linköping University, Sweden.
http://ncva.itn.liu.se/ncva?l=en (acc 03 09 2013)

ONS (Office for National Statistics) UK
http://www.ons.gov.uk/ons/index.html (acc 05 09 2013)

TALISMAN geospatial analysis and simulation- National Centre for Research Methods , Leeds, London, UK
http://www.geotalisman.org/ (acc 05 09 2013)

Logiciels commerciaux/ applications téléchargeables/ fournisseurs de services

ArcGIS
http://www.esrifrance.fr/arcgis.aspx

Cartes et données
http://www.articque.com/solutions/cartes-donnees-edition-professionnelle/l-organigramme-coeur-du-logiciel.html

CartoVista Solution for interactive cartographic application
http://www.cartovista.com/see.aspx

Centennia Historical Atlas - Centennia Software
http://www.historicalatlas.com/ (acc 05 09 2013)

CommonGIS
www.commongis.com

CoViz ® 4D - quantitative visualization of time-variant data
http://www.dgi.com/coviz/cvmain.html (acc 05 09 2013)

Dobrou Extensions - Google Earth visualization (sports tracks) – Zone Five Software
http://www.zonefivesoftware.com/sporttracks/plugins/?p=dobrou-extensions (acc 05 09 2013)

Dynmap
http://www.dynmap.com/

Flowmap software package, U. Utrecht, téléchargeable en ligne :
http://flowmap.geog.uu.nl/index.php (acc 05 09 2013)

FME Technology – Safe Software
http://www.safe.com/fme/fme-technology/fme-desktop/overview/ (acc 05 09 2013)

GeoDa center
http://geodacenter.asu.edu

Géoportail IGN
http://www.geoportail.gouv.fr/accueil

GeoTime – Oculus Info inc. (visual analysis and reporting of location data over time)
http://www.geotime.com/Home.aspx (acc 15 06 2013)

GeoViz -toolkit for geographic visualization and analysis
http://code.google.com/p/geoviz/(acc 05 09 2013)
Indid cartes interactives flash (simulateur changement climatique)
http://www.indid.fr/ (acc 11 09 2013)

GoogleEarth
http://www.google.fr/intl/fr/earth/index.html

Google Maps
http://www.google.fr/maps

InstantAtlas Dynamic Reports – GeoWise Ltd
http://www.instantatlas.com/iashots.xhtml (acc 05 09 2013)

InfoVis Toolkit– Jean-Daniel Fekete INRIA
http://ivtk.sourceforge.net/ (acc 08 05 2013)

MapInfo
http://www.pbinsight.com/welcome/mapinfo/

OpenStreetMap – La carte coopérative libre
http://www.openstreetmap.org/ (acc 04 09 2013)

PhilCarto
http://philcarto.free.fr/

Photographer's Ephemeris (TPE) – Appli desktop et telephones mobiles
http://photoephemeris.com/ (acc 05 09 2013)

Quantum GIS
http://www.qgis.org/fr.html

QuickRoute - Affichage d'une trace GPS – M. Troeng , J. Ohlin
http://www.matstroeng.se/quickroute/fr/index.php (acc 05 09 2013)

Urban Prototyping festivals – Concours « Urban data challenge »
http://urbanprototyping.org/prototype/ (acc 04 09 2013)

VIS-STAMP: A Visualization System for Space-Time and Multivariate Patterns - Spatial Data Mining and Visual Analytics Lab U South Carolina
http://www.spatialdatamining.org/software/visstamp (acc 26 05 2014)

Applications cartographiques

2001 vs 2011 census UK - Population and Age *(Recensements de 2001 et 2011)*
http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html

24 PM - Pedestrian monitoring system data visualization *(Visualisation des données du système de surveillance des piétons)*
http://www.pedestrian.melbourne.vic.gov.au/

AIRE
http://aire.ums-riate.fr

Ageing and the UK *(Le vieillissement en Grande-Bretagne)*
http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/census-map-1-4/index.html

American migration interactive map /
http://www.forbes.com/special-report/2011/migration.html

Anamorphoses World Mapper Project
www.worldmapper.org
http://mappemonde.mgm.fr/num17/articles/art08105.html

Animeye: Eye-movement analyses of dynamic geovisualization displays *(analyse des mouvements oculaires sur les géo-visualisations dynamiques)*
http://www.geog.ucsb.edu/~animeye/animations.htm

Atlas INED World demography atlas
http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/atlas_population

Atlas de l'INED : le monde en cartes
http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/cartes_interactives/

Atlas of Austria
http://oerok-atlas.at/gui/map/php

Atlas of Canada
http://atlasducanada.com/site/english/toporam/index.html

Atlas of the World
http://www.worldatlas.com

Bike Share Map London *(Carte du partage de vélos à Londres)*
http://bikes.oobrien.com/london/

Bostonography (Transit transports urbains)
http://bostonography.com/2013/live-mbta-bus-speeds/

Cartograms
http://www.gislounge.com/area-cartograms-explored/

The centennia historical atlas
http://www.clockwk.com/

Commuters in Grenoble
http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00420343/fr/

Commuting Scales Chôros
http://choros.ch/cs/

Commuting Scales *(Echelles de déplacement pendulaire)*
http://choros.ch/cs/#9.00/46.5550/6.7846

Continuous 3D map
http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/art07202.html

Crime Analysis
http://www.cartovista.com/CartoVista/CrimeAnalysis.aspx?Language=fr

CrimeViz
http://www.geovista.psu.edu/CrimeViz/

Data rose - Ring maps
http://www.directionsmag.com/articles/visualizing-crime-a-data-rose-blooms/204984,
http://www.esri.com/news/arcuser/0408/files/ringmaps.pdf
http://geoanalytics.net/GeoVis08/a25.pdf

Espon Atlas
http://mapfinder.espon.eu/

Eurostat Inflation dashboard

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/inflation_dashboard/

FlowMap
http://flowmap.geog.uu.nl/index.php

GapMinder
http://www.gapminder.org/world/

Global Peace Index
http://www.visionofhumanity.org/gpi-data/

Dynamic processes of the Gruben Glacier *(Processus dynamiques du glacier Gruben)*
http://www.carto.net/svg/gruben_glacier/index.svgz

The Growth of Newspapers Across the U.S.: 1690-2011 *(La croissance des journaux aux Etats-Unis de 1690 à 2011)*
http://www.stanford.edu/group/ruralwest/cgi-bin/drupal/visualizations/us_newspapers

Harmonie-cités
http://atlasvillesusa.parisgeo.cnrs.fr

HerbariaViz
http://www.geovista.psu.edu/herbaria/v3/index.html

How music travels *(Comment la musique voyage)*
http://www.thomson.co.uk/blog/wp-content/uploads/infographic/interactive-music-map/index.html

HyperAtlas
http://hypercarte.imag.fr/realisations.hyperatlas.html#download

InstantAtlas Dynamic Reports *(Rapports dynamiques d'InstantAtlas)*
http://www.instantatlas.com/index.xhtml

Isokron
http://old.isokron.com/

JflowMap / Flowstrates
http://code.google.com/p/jflowmap/wiki/Flowstrates

Marine Traffic
http://marinetraffic.com/ais/fr/default.aspx

MATSim
http://www.matsim.org/

Mega-Commuters Take Manhattan *(Les déplacements pendulaires à l'assaut de Manhattan)*
http://www.wnyc.org/articles/wnyc-news/2013/mar/05/mega-commuters-take-manhattan/

MIRO - Modélisation Intra-urbaine des Rythmes quOtidien
http://miro.csregistry.org/home

Mesure de la radioactivité dans l'environnement
http://sws.irsn.fr/sws/mesure/index

National Atlas of the United States
www.nationalatlas.gov

Observatory of DATAR territories
http://carto.observatoire-des-territoires.gouv.fr/

OECD eXplorer
http://stats.oecd.org/OECDregionalstatistics/#

Panoramio
http://www.panoramio.com/

The Photographer's Ephemeris *(L'éphéméride du photographe)*
http://photoephemeris.com/

Quick route
http://www.matstroeng.se/quickroute/fr/index.php

ReRouteMe
http://www.rerouteme.com

Exploring the SARS epidemic: An animated cartography approach *(Explorer l'épidémie du SARS: une approche par la cartographie animée)*
http://arnaudbanos.perso.neuf.fr/SARS/sars_epidemic.html

Simulateur climatique - Météo France
http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?page_id=12979

Small arms and ammunition - Imports & Exports *(Armes de petits calibres et munitions : imports et exports)*
http://workshop.chromeexperiments.com/projects/armsglobe/

Smooth and 3D representations
http://www.meipokwan.org/Gallery/Density.htm

Statistical Atlas of Eurostat
http://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/

Statistical Atlas of Switzerland
www.statatlas-schweiz.admin.ch
www.statatlas-politik.admin.ch

Statistics Austria - Online Atlas
http://www.statistik.at/OnlineAtlasWeb/start?action=start&atlas=1
Trajectories of Cyclones in Réunion Island 2011-2012
www.meteo.fr/temps/domtom.La_Reunion/webcnrs9.0/franais/iindex.html

STEMgis Animations - Simulation de données de volume de trafic
http://www.discoverysoftware.co.uk/GalleryTraffic.htm

TimeMap
http://www.timemap.net/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=144
http://www.timemap.net/epublications/2002_animations/2002_shilla_animation.swf

Trajectory of the radioactive cloud of Tchernobyl
http://www.irsn.fr.FR/popup/Pages/tchernobyl_video_nuage.aspx

Treemaps for Exploring Spatial and Temporal Variation House Prices *(Des Treemaps pour explorer les variations spatiales et temporelles des prix du logement)*
http://www.gicentre.org/houseprices/demo/index.html

TubeMap London *(Carte du métro de Londres)*
http://www.tom-carden.co.uk/p5/tube_map_travel_times/applet/

UK cancer e-Atlas
http://www.ncin.org.uk/cancer_information_tools/eatlas

Un mois de Velib'
http://www.comeetie.fr/galerie/velib/

Velib in Paris
http://www.dailymotion.com/video/xxxhum_dynamique-du-velib-durant-le-jour-de-semaine-moyen_tech#.UY7ESYX0PR0

Ville vivante : Genève dans sa dimension dynamique
http://villevivante.ch/fr/

Visualizing emancipation *(Visualiser l'émancipation)*
http://dsl.richmond.edu/emancipation/

Voting America *(Les votes en Amérique)*
http://dsl.richmond.edu/voting/index.html

Wakame
http://www.merl.com/publications/docs/TR2010-031.pdf

Wind Map *(Carte du vent)*
http://hint.fm/wind/

Yosemite National Park Hiking Map *(Carte de randonnée du Parc National de Yosemite)*
http://www.carto.net/williams/yosemite/index.svg

2. Publications, par ordre alphabétique (premier auteur)

La bibliographie rassemblée durant le projet est ici présentée par ordre alphabétique.
Ne sont mentionnées dans cette bibliographie que des ressources accessibles sur la toile.

A

Aigner W. et al. (2007) *Visualizing Time-Oriented Data – A Systematic View* Computers and Graphics Volume 31 Issue 3, June, 2007 Pages 401-409 Pergamon Press http://www.donau-uni.ac.at/imperia/md/content/department/ike/ike_publications/2007/refereedjournalarticles/aigner_2007_cg_visualizing-time-oriented-data.pdf (acc 02 06 2014)

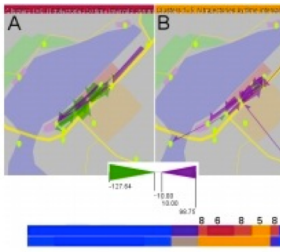
Allen J. F. (1983), *Maintaining knowledge about temporal intervals*. In: Communications of the ACM. 26 November 1983, ACM Press. pp. 832–843 http://web.cacs.louisiana.edu/~logan/521_f08/Doc/p832-allen.pdf (acc 02 06 2014)

Andrienko G., Andrienko N. (2013) *A Visual Analytics Framework for Spatio- temporal Analysis and Modelling.* Data Mining and Knowledge Discovery, vol. 27(1), pp.55-83 http://geoanalytics.net/and/papers/dmkd12.pdf (acc 21 09 2013)

Andrienko G., Andrienko A., Hurter C., Rinzivillo S., Wrobel S. (2013) *Scalable Analysis of Movement Data for Extracting and Exploring Significant Places.* IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2013, v. 19(7), pp.1078-1094. http://geoanalytics.net/and/papers/tvcg13.pdf

Andrienko N., Andrienko G. (2009) *Interactive Cluster Analysis of Diverse Types of Spatiotemporal Data* SIGKDD Explorations Volume 11, Issue 2 http://www.hiit.fi/vakd09/vakdsi09andrienko_final.pdf (acc 26 08 2013)

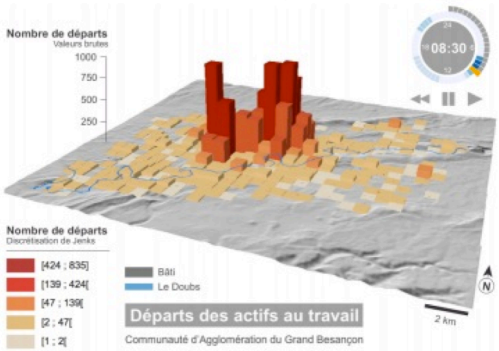
Andrienko N., Andrienko G., Gatalsky P. (2003) *Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review* Journal of Visual Languages and Computing 14 (2003) 503–541. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045926X03000466 (acc 22 08 2013)



Andrienko N., Andrienko G., Stange H., Liebig T., Hecker D. (2012) *Visual Analytics for Understanding Spatial Situations from Episodic Movement Data.* Künstliche Intelligenz http://geoanalytics.net/and/papers/ki12.pdf (acc 21 09 2013)

Andrienko G., Andrienko N., Demsar U., Dransch D., Dykes J., Fabrikant S., Jern M., Kraak M-J, Schumann H., Tominski Ch. (2010) *Space, time and visual analytics*, International Journal of Geographical Information Science, 24:10, 2010, p. 1577-1600. http://www.geo.uzh.ch/~sara/pubs/andrienko_etal_ijgis10.pdf (acc 19 06 2014)

Antoni J.P, Klein O., Moisy, S.(2012) *La discrétisation temporelle. Une méthode de structuration des données pour la cartographie dynamique.* Cartes & Géomatique, Revue du Comité Français de Cartographie, 213, 27-31. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/73/64/67/PDF/La_discretisation_temporelle.pdf (acc 18 09 2013)



Antoni J.P, Klein O., Moisy, S.(2004) *Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique*. Cybergeo, http://www.cybergeo.eu/index2621.html (acc 19 06 2014)

Arnaud A., Davoine P-A (2011), *Approche Cartographique et géovisualisation pour la représentation de l'incertitude: application à 'information dédiée aux risques naturels*, Revue Internationale de Geomatique, vol 21/1, pp 205-224 http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/66/71/66/PDF/SAGEOArnaud_Davoine.pdf (acc 02 06 2014)

Auer T, MacEachren AM, McCabe C, Pezanowski S, Stryker M. HerbariaViz: (2011) A web-based client-server interface for mapping and exploring flora observation data. Ecological Informatics [Internet]. 2011 ;6:93-110. http://www.geovista.psu.edu/publications/2010/herbariaviz_prepub_copylock.pdf (acc 25 09 2013)

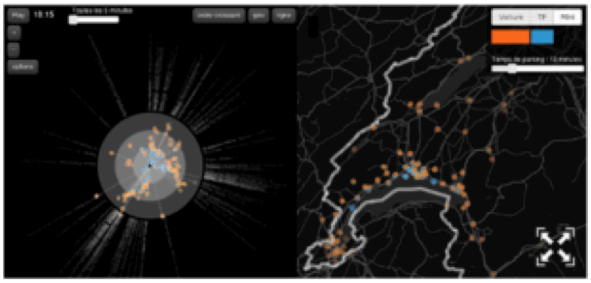
Badford A. (2008). *Worldmapper, des centaines de cartes du monde sur Internet*, m@ppemonde n°89, http://mappemonde.mgm.fr/num17/articles/art08105.html (acc 19 06 2014)

Banos, A., Lacasa, J. (2007) *Spatio-temporal exploration of SARS epidemic*. Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 408. http://cybergeo.revues.org/12803 (acc 15 09 2013)

Banos A., Thevenin T., 2005, « Révéler les rythmes quotidiens par la carte animée », Revue internationale de géomatique, vol. 15, n° 1, pp. 11- 32.

Batty M. (2010) *Visualising Space-Time Dynamics in Scaling Systems*. Casa Working paper n° 152 http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/pdf/paper152.pdf (acc 22 09 2013)

Batty M. et al. (2011) *Visually-Intelligible Land Use Transportation Models for the Rapid Assessment of Urban Futures.* Casa Working paper n° 163 http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/pdf/paper163.pdf (acc 22 09 2013)



Beaude B., Guillemot L. (2012) *Commuting Scales. Cartographie dynamique d'accessibilité temporelle* Mappemonde n° 105 http://mappemonde.mgm.fr/num33/lieux/lieux12102.html (acc 21 09 2013)

Bell K. (2011) *Visualizing Crime - A "Data Rose" Blooms*. Directions magazine http://www.directionsmag.com/articles/visualizing-crime-a-data-rose-blooms/204984 (acc 06 08 2013)

Bernasocchi, M., Coltekin A., Gruber, S. (2012) *An Open Source Geovisual Analytics Toolbox For Multivariate Spatio-Temporal Data In Environmental Change Modelling* ISPRS Annals Volume I-2 XXII ISPRS Congress Melbourne Australia http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-2/123/2012/isprsannals-I-2-123-2012.pdf (acc 26 05 2014)

Bertoncello F., Berger J.F., Devillers B., Lautier L. (2008) *Histoire et modélisation des dynamiques socio-environnementales Holocènes des paysages fluviaux de la côte d'Azur.* Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco 1 - 247-253 http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/80/37/86/PDF/Histoire_et_modelisation.pdf (acc 26 09 2013)

Besnard, A., Salles J.M (2010) *Suivi scientifique d'espèces animales - – Note méthodologique* DREAL PACA, Pôle Natura 2000 – Juin 2010 http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NT_MethodoSuiviBio_Faune_final2_cle658bab.pdf (acc 15 09 2013)

Biadgilgn, D.M., Blok, C.A., Huisman O. (2011) *Assessing the Cartographic Visualization of Moving Objects* Momona Ethiopian Journal of Science, 3(2011)1, pp. 80-104 http://www.ajol.info/index.php/mejs/article/view/63687 (acc 13 06 2013)

Blaise JY., Dudek I. (2011) *Concentric time: enabling context + focus visual analysis of architectural changes* Proc. 19th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/65/60/10/PDF/ismis2011_4idu.pdf (acc 03 10 2013)

Bonenfant C., Klein F. (2004) *Évolution de la population de cerfs (Cervus elaphus L.) du Parc national des Cévennes.* ONCFS Rapport scientifique 2004 http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/file/mammiferes/ongules/plaine/bonenfant_rs04.pdf (acc 15 09 2013)

Boyandin I, Bertini E, Bak P, Lalanne D (2011) *Flowstrates: An Approach for Visual Exploration of Temporal Origin-Destination Data*. Eurographics / IEEE Symposium on Visualization 2011 (EuroVis 2011) vol 30 n3 http://diuf.unifr.ch/people/boyandii/papers/flowstrates-eurovis11.pdf (acc 21 06 2013)

Boyandin I, Bertini E, Lalanne D (2012) *A Qualitative Study on the Exploration of Temporal Changes in Flow Maps with Animation and Small-Multiples*. Eurographics Conference on Visualization (EuroVis 2012) Vol 31 n3 http://diuf.unifr.ch/people/boyandii/papers/jflowmap-user-study.pdf (acc 17 09 2013)

Boyandin I, Bertini E, Lalanne D (2010) *Using Flow Maps to Explore Migrations Over Time*. Proceedings of Geospatial Visual Analytics Workshop in conjunction with The 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science (GeoVA) http://diuf.unifr.ch/main/diva/sites/diuf.unifr.ch.main.diva/files/jflowmap-geova10.pdf (acc 12 06 2013)

Brès A., (1998) *Le système des voies urbaines : entre réseau et espace*
Revue Flux Vol. 14 Numéro 34 pp. 4-20
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/flux_1154-2721_1998_num_14_34_1233

Bretagnolle, A., Giraud, T., Verdier, N. (2010) *Modéliser l'efficacité d'un réseau : le cas de la poste aux chevaux dans la France pré-industrielle (1632-1833)* L'Espace Géographique 2/10 (2010) 117-131
http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/50/43/20/PDF/Bretagnolle_Giraud_Verdier.pdf (acc 26 05 2014)

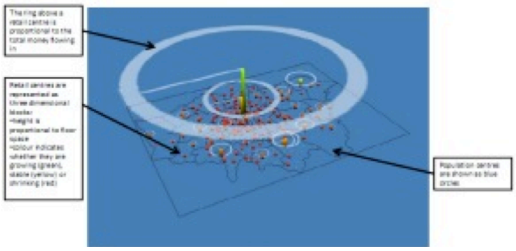
Buchin, K.; Speckmann, B. ; Verbeek, K. (2011) *Flow Map Layout via Spiral Trees* Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on (Volume:17 , Issue: 12) pp 2536 – 2544
http://www.win.tue.nl/~speckman/FlowMaps.pdf (acc 26 05 2014)

Caron C., Roche S., Larfouilloux J., Hadaya P. (2005), *A New Classification Framework for Urban Geospatial Web Sites* Cybergeo : European Journal of Geography
http://cybergeo.revues.org/3115?lang=fr

Cheylan J-P (2007), *Les processus spatio-temporels: quelques notions et concepts préalables à leur représentation*
M@ppemonde, N° 87 (3-2007)
http://mappemonde.mgm.fr/num15/articles/art07303.html

Claramunt, C.; Parent, C.; Theriault, M. (1997) *Design Patterns for Spatio-temporal Processes*
Publié dans: IFIP 2.6 Working Conference on Database Semantics,DS7
http://ascc.sinica.edu.tw/gis/karen/pdf/claramunt97design.pdf

Dearden J., Wilson, A. (2008) *An analysis system for exploring urban retail phase transitions*
UCL Working papers series 140 July 08
http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/pdf/paper140.pdf (acc 03 03 2013)



Delage M., Le Néchet F., Louail T., Mathian H., Rey Coyrehourcq S., (2010) *Simulation d'accessibilité dans la ville et expérience pédagogique : le modèle AccesSim*
in : Foltête J.-C. (dir.), Actes des Neuviemes Rencontres de Theo Quant, Besancon. ISSN 1769-6895.
http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2009/TQ2009%20ARTICLE%2044.pdf (acc 17 09 2013)

Djament-Tran, G., Grataloup, C. (2010) *E pluribus urbibus una: Modéliser les trajectoires de villes*. Mappemonde n° 100, 4-2010 http://mappemonde.mgm.fr/num28/articles/art10401.html (acc 04 06 2013)

Dragicevic, P., Huot S. *SpiraClock: a continuous and non-intrusive display for upcoming events.* CHI '02 extended abstracts on Human factors in computer systems. New York, NY, USA. ACM Press, pages 604-605.
http://www.emn.fr/z-info/spiraclock/spiraclock.pdf (acc 26 05 2014)

Dudek I., Blaise J.Y. (2010) *Understanding changes in heritage architecture* Proc. IMAGAPP/IVAPP 2010 (International Conference on Information Visualization Theory and Applications) http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/56/41/56/PDF/dudekBlaiseIvapp_final.pdf (acc 03 10 2013)

Dürsteler J.C. (2002) *The Helix of Behaviour* InfoVis.net n° 71
http://www.infovis.net/printMag.php?num=71&lang=2 (acc 01 10 2013)

Dürsteler J.C. (2006) *Visualising Time* InfoVis.net 180
http://www.infovis.net/printMag.php?num=180&lang=2 (acc 01 10 2013)

Edsal R, M-J Kraak, A. M Machren, D.J Peuquet. (1997) *Assessing the effectiveness of temporal legends in environmental visualization* GIS/LIS 97, Cincinnati, OCT, 28-30, 677-685.
http://www.geog.ucsb.edu/~sara/teaching/geo234_03/papers/edsall_gislis97.pdf (acc 19 06 2014)

Elmqvist N. et al. (2010) *Melange: Space Folding for Visual Exploration Visualization and Computer Graphics, IEEE* Transactions on (Volume:16 , Issue: 3)
http://www.purdue.edu/discoverypark/vaccine/assets/pdfs/publications/pdf/Melange.pdf (acc 25 04 2012)

Fabrikant, S.I. (2005). *Towards an understanding of geovisualization with dynamic displays*. Proceedings, American Association for Artificial Intelligence (AAAI) 2005 Spring Symposium Series: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance. Stanford University, CA, Mar. 21-23, 2005: 6-11. http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/2005/SS-05-06/SS05-06-003.pdf (acc 11 09 2013)

Fabrikant, S. I. and Goldsberry, K. (2005). *Thematic relevance and perceptual salience of dynamic geovisualization displays.* Proceedings 22th ICA/ACI International Cartographic Conference , A Coruña, Spain, Jul. 9-16, 2005. http://www.geog.ucsb.edu/~sara/html/research/pubs/fabrikant_goldsberry_ica05.pdf (acc 11 09 2013)

Fekete, J.D (2011) *La visualisation analytique, pour comprendre des données complexes* Interstices.info https://interstices.info/jcms/n_51807/la-visualisation-analytique-pour-comprendre-des-donnees-complexes (acc 19 06 2014)

Frank, E.U. (1994) *Qualitative Temporal Reasoning in GIS - Ordered Time Scales* Technical report, Technical University Vienna, Dept. of Geoinformation. ftp://ftp.geoinfo.tuwien.ac.at/frank/ordered_time_scales.pdf (acc 26 05 2014)

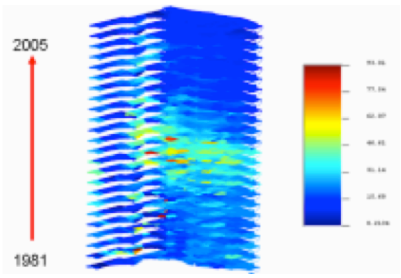
Forlines C., Wittenburg K. (2010) *Wakame: Sense Making of Multi-Dimensional Spatial-Temporal Data* Mitsubishi Electric Research Laboratories TR2010-031 http://www.merl.com/publications/docs/TR2010-031.pdf (acc 23 08 2013)

Friendly M. (2002) *Visions and Re-Visions of Charles Joseph* Minard Journal of Educational and Behavioral Statistics Spring 2002, Vol. 27, No. 1, pp. 31-51 http://www.datavis.ca/papers/jebs.pdf (acc 02 10 2013)

Fusco, G. *Dynamiques territoriales et système de la mobilité : un modèle bayésien pour la Côte d'Azur*. Recherches en ligne UMR Espace . http://www.umrespace.org/Etudes/ModelSimulSpat/FuscoG/FuscoG.pdf (acc 21 09 2013)

Geertman, S., T. de Jong & C. Wessels (2003), *Flowmap: A Support Tool for Strategic Network Analysis.* In: Geertman, S. & J. Stillwell (Eds): Planning Support Systems in Practise. Berlin: Springer Verlag.

Goovaerts P. (2010) *Three-dimensional Visualization, Interactive Analysis and Contextual Mapping of Space-time Cancer Data* 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2010 http://www.agile-online.org/Conference_Paper/CDs/agile_2010/ShortPapers_PDF/89_DOC.pdf (acc 26 08 2013)

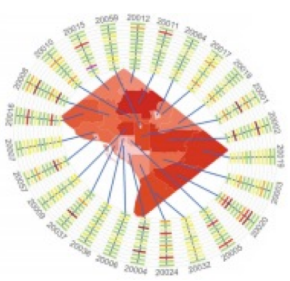


Guimarães de Oliveira M., De Souza Baptista C. (2012) *Geostat – A System for Visualization, Analysis and Clustering of Distributed Spatiotemporal Data* Proceedings XIII GEOINFO, November 25-27, 2012, Campos do Jord~ao, Brazil. p 108-119 http://www.geoinfo.info/geoinfo2012/papers/oliveira.pdf (acc 26 08 2013)

Hardisty F., Klippel A.(2010) *Analysing Spatio-Temporal Autocorrelation with LISTA-Viz*. International Journal of Geographical Information Science Volume 24, Issue 10, 2010. http://cognitivegiscience.psu.edu/pdfs/hardisty2010analysing.pdf (acc 27 08 2013)

Harrower, M., Fabrikant, S. (2008), *The Role of Map Animation for Geographic Visualization*, in Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications (eds M. Dodge, M. McDerby and M. Turner), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp 49-65 http://www.geo.uzh.ch/~sara/pubs/harrower_fabs08.pdf (acc 30 05 2014)

Huang G. et al. (2008) *Geovisualizing Data with Ring Maps*. Esri ArcUser Winter 2008. http://www.esri.com/news/arcuser/0408/files/ringmaps.pdf (acc 06 08 2013)



Isakowski Y.(2003) *Visualisation of Dynamic Glacier Processes with SVG Animation.* Proceedings of the 2nd SVG Open Conference, Vancouver, 2003 http://www.ika.ethz.ch/cgi-bin/pub_public.pl/detail?360 (acc 17 09 2013)

Jänicke S., Heine C., Stockmann R., Scheuermann G., *Comparative Visualization of Geospatial-Temporal Data*. Proceedings of the 3rd International Conference on Information Visualization Theory and Applications, IVAPP 2012, Rome, Italy, 2012, p. 613-625.
http://www.informatik.uni-leipzig.de/~stjaenicke/Comparative_Visualization_Of_Geospatial-Temporal_Data.pdf (acc 19 06 2014)

Jazwinski, A. (1834) Explication de la carte chronographique, pour l'étude de l'histoire universelle depuis l'ère vulgaire : d'après la méthode dite polonaise / inventée par A. Jazwinski. Isidore Pesron, Éditeur. http://catalog.hathitrust.org/Record/009352189 (acc 22 09 2013)

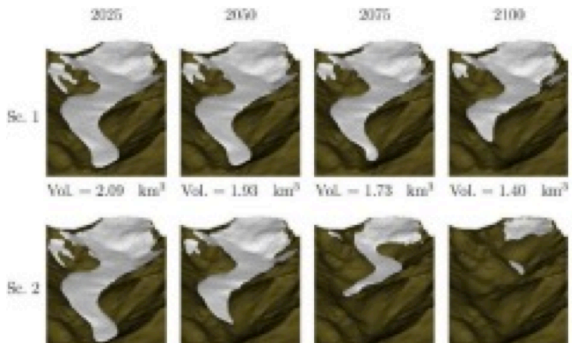
Jegou L., (2007) *La troisième dimension en cartographie statistique, des cartes en prismes imprimées aux modèles 3D interactifs*, Mappemonde n°86, http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/art07202.html (acc 19 06 2014)

Jern M., Brezzi M., Thygesen L. (2009) *A web-enabled Geovisual Analytics tool applied to OECD Regional Data* Eurographics 2009, Munchen http://www.oecd.org/gov/regional-policy/42711835.pdf (acc 26 08 2013)

Johnson, I. (2004) *Putting Time on the Map: Using TimeMap for Map Animation and Web Delivery* GEOinformatics July/August 2004 http://www.timemap.net/tm/documents/publications/200408_geoinformatics.pdf (acc 17 09 2013)

Jouvet G., Huss M., Blatter H., FunkM. (2011) *Modelling the retreat of Grosser Aletschgletscher in a changing climate* Journal of Glaciology, 57(206) http://page.mi.fu-berlin.de/jouvet/publications/Jouvet_Huss_Funk_Blatter_2011.pdf (acc 26 09 2013)

Jouvet G. et al., *Numerical simulation of Rhonegletscher from 1874 to 2100*, J. Comput. Phys. (2009) http://page.mi.fu-berlin.de/jouvet/publications/Jouvet_Huss_Picasso_Rappaz_Blatter_2009.pdf (acc 26 09 2013)



Kaab A., Haeberli W., Hilmar Gudmundsson G.(1997) *Analysing the Creep of Mountain Permafrost using High Precision Aerial Photogrammetry: 25 Years of Monitoring Gruben Rock Glacier, Swiss Alps* Permafrost and Periglacial Processes, Vol. 8: 409±426 John Wiley & Sons, Ltd. http://folk.uio.no/kaeaeb/publications/ppp97.pdf (acc 17 09 2013)

Kaab A., et al. (2005) *Remote sensing of glacier- and permafrost-related hazards in high mountains: an overview* Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 527–554, European Geosciences Union http://hal.inria.fr/docs/00/30/16/27/PDF/nhess-5-527-2005.pdf (acc 17 09 2013)

Kapler T., Wright W., (2006) *GeoTime Information Visualization*, in: Ward M.O., Munzner T., (dir.) – Proceedings of 10th IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2004), IEEE Computer Society : 25-32 http://www.cs.umd.edu/hcil/VASTcontest06/SUBMITTED/Oculus-nSpace&GeoTime/Oculus-nSpace&GeoTime/ref%20papers/KaplerWright_GeoTime_InfoViz_Final_Conf.pdf (acc 26 08 2013)

Kienreich W. (2006), *Information and Knowledge Visualisation: an oblique view*, MIA Journal, Vol. 0, Numb. 1 http://www.map.archi.fr/mia/journal/articles/vol0/num1/kienreich.pdf (acc 30 05 2014)

Kobben B., Becker T., Blok C.(2012) *Webservices for Animated Mapping:The TimeMapper Prototype* Lecture Notes in Geoinformation and Cartography 2012, pp 205-217

http://kartoweb.itc.nl/kobben/publications/2012/Webservices_for_Animated_Mapping_The_TimeMapper_prototype.pdf (acc 02 10 2013)

Konjar et al. (2010) *Using flow maps to explore functional regions in Slovenia.* Proceedings of the 2nd International Conference on Information Society and Information Technologies - ISIT 2010 http://diuf.unifr.ch/people/lalanned/Articles/isit10.pdf (acc 19 03 2013)

Korchi A., Moreno A., Segura A. (2010) *Real time forest fire simulation with extinguishment support* Proc . GRAPP 2010 International Conference on Computer Graphics Theory and Applications http://www.vicomtech.org/resources/archivosbd/publicaciones_documentos/20100517_AnisKorchi_RealTime_inproceedings_206.pdf (acc 19 03 2013)

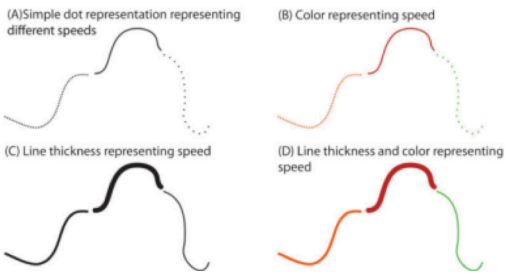
Kristensson O., et al. *An Evaluation of Space Time Cube Representation of Spatiotemporal Patterns* IEEE transactions on visualization and computer graphics, vol. 15, no. 4, july/august 2009 http://www.oculusinfo.com/assets/pdfs/GeoTime_Method_Evaluation_TVCG_09_published.pdf (acc 11 04 2013)

Krstajic M, Rohrdantz C, Hund M, Weiler A (2012) *Getting There First: Real-Time Detection of Real-World Incidents on Twitter* 2nd IEEE Workshop on Interactive Visual Text Analytics -IEEE VisWeek 2012 http://bib.dbvis.de/uploadedFiles/submission_webpage.pdf (acc 21 09 2013)

M. A. Kuhail, M.A, Pandazo, K., Lauesen, S. *Customizable Time-Oriented Visualizations* Springer-Verlag Advances in Visual Computing / Lecture Notes in Computer Science Volume 7432, 2012, pp 668-677 http://itu.dk/people/moak/Papers/Customizable-Time-Oriented-Visualizations_Final.pdf (acc 26 05 2014)

Lammarsch T et al. (2009) *Hierarchical Temporal Patterns and Interactive Aggregated Views for Pixel-based Visualizations* iv, pp.44-50, 2009 13th International Conference Information Visualisation http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_217972.pdf (acc 29 05 2012)

Lautenschütz A.K. (2012) *Map Readers' Assessment of Path Elements and Context to Identify Movement Behaviour in Visualisations* The Cartographic Journal Vol. 49 No. 4 pp. 337–349 November 2012 http://www.geo.uzh.ch/~annakl/Paper/caj187_Lautenschutz.pdf (acc 02 10 2013)



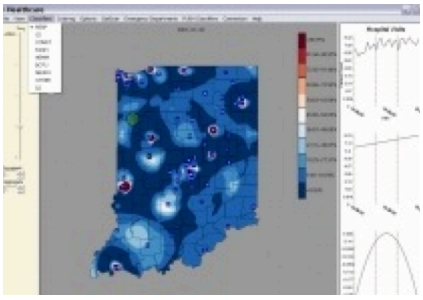
Lefebvre B., Rodier X., Saligny L. (2008) Understanding Urban fabric with the OH_FET model based on social use, space and time. Archeologia e Calcolatori, 19:195-214. http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF19/16_Lefebvre.pdf (acc 23 09 2013)

Li X. (2010) *The Time Wave in Time Space* ITC dissertation 175 U Twente http://www.itc.nl/library/papers_2010/phd/li.pdf (acc 03 10 2013)

MacEachren A.M and Kraak, M.J. *Research Challenges in Geovisualization*, Cartography and Geographic Information Systems, vol. 28, no. 1, 2001, pp. 3–12.
http://people.plan.aau.dk/~lbo/SIM/visagenda.pdf (acc 30 05 2014)

MacEachren, AM. et al. (1999) *Exploring the Potential of Virtual Environments for Geographic Visualization* http://www.geovista.psu.edu/publications/aag99vr/fullpaper.htm (acc 21 08 2013)

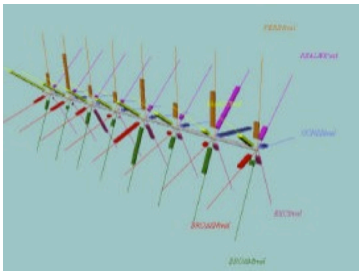
Maciejewski R. et al. (2010) A *Visual Analytics Approach to Understanding Spatiotemporal Hotspots* IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics, March/April 2010 (vol. 16 no. 2) http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=ccpubs (acc 26 08 2013)



Mechoud et al. (2000) *Modélisation de l'entretien du paysage par des herbivores en moyenne montagne : une approche multi-agents*. Revue Sciences eaux et territoires n°21 Irstea http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/2000/2000-PUB00008015.pdf (acc 22 09 2013)

Mostern, R. and Johnson, I.(2008) *From named place to naming event: creating gazetteers for history*, International Journal of Geographical Information Science,22:10,1091 — 1108 http://www.timemap.net/timelines/images/ijgis_historical_event_gazetteers_published.pdf (acc 15 06 2012)

Noirhomme-Fraiture M. (2002) *Visualization of Large Data Sets: The Zoom Star Solution.* The Electronic Journal of symbolic data analysis – Vol.0 N. 0. http://www.jsda.unina2.it/newjsda/volumes/Vol0/noirho.PDF (acc 22 09 2013)



Piórkowski, M.; Sarafijanovic-Djukic, N.; Grossglauser, M. (2009) *A parsimonious model of mobile partitioned networks with clustering.* Proc. Communication Systems and Networks and Workshops, 2009. COMSNETS 2009. http://icapeople.epfl.ch/grossglauser/Papers/comsnets09.pdf (acc 01 10 2013)

Perret J., Boffet Mas A., Ruas A. (2009) *Understanding Urban Dynamics : the use of vector topographic databases and the creation of spatio-temporal databases* . Proceedings of the 24th International Cartography Conference (ICC 2009), Santiago, Chile. http://geopensim.ign.fr/IMG/pdf/ICC2009_final.pdf (acc 26 09 2013)

Peterson M-P. (1994). *Spatial Visualization through Cartographic Animation: Theory and Practice* . Proceedings of Geographic Information Systems / Land Information Systems GIS/LIS pp. 619-628 http://maps.unomaha.edu/mp/Articles/GISLIS/VisAnim.html (acc 19 06 2014)

Peuquet, D. J. (1999) *Time in GIS and geographical databases* in Geographical Information Systems: Principles and Applications (Maguire, Goodchild, Rhind, and Longley, Eds.), 2nd edition (London: Longman), pp. 91-103. http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch08.pdf (acc 24 05 2014)

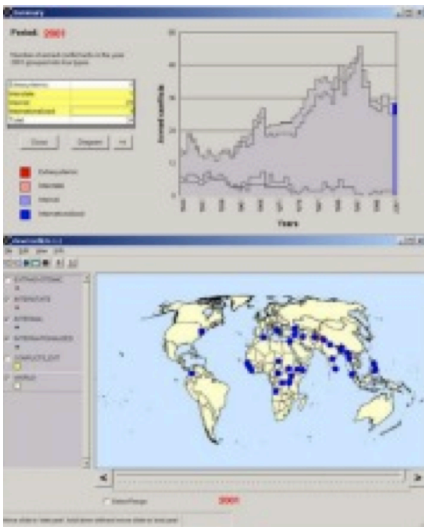
Phan D., Xiao L., Yeh R., Hanrahan P., Winograd T. (2005). *Flow Map Layout*
Proc. INFOVIS '05 Proceedings of the Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization http://graphics.stanford.edu/papers/flow_map_layout/ (acc 14 06 2013)

Powsner S.M, Tufte E.R. (1994) *Graphical summary of patient status* The Lancet www.edwardtufte.com/tufte/lancet_p2 (acc 26 05 2014)

Renolen A. (1999) *Concepts and methods for modelling temporal and spatiotemporal information*
NTNU Thesis http://www.emap.no/docs/ThesisAgnarRenolen.pdf

Robert S. (2007) Le paysage visible de la Promenade des Anglais à Nice: essai d'une représentation cartographique dynamique, Mappemonde n° 86
http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/art07201.html (acc 22 09 2013)

Rodier X., Saligny L., (2010) Modélisation des objets historiques selon la fonction, l'espace et le temps pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée. Cybergeo : European Journal of Geography [Online], Systems, Modelling, Geostatistics, document 502 http://cybergeo.revues.org/23175 (acc 23 09 2013)



Rød J.K. (2003) ViewConflicts: *Software for Visualising Spatiotemporal Data on Armed Conflicts* Geography, Conflict and Cooperation ECPR Joint Session, Edinburgh, UK
http://www.geomatikk.ntnu.no/viewConflicts/papers/ECPR_paper.pdf (acc 26 08 2013)

Sabol, V., & Scharl, A. (2008). *Visualizing temporal-semantic relations in dynamic information landscapes*. 11th International Conference on Geographic Information Science AGILE2008 Semantic Web Meets Geospatial Applications Workshop (pp. 1-6). http://geoanalytics.net/GeoVis08/a15.pdf (acc 30 05 2014)

Sillere G., Robert S. (2007), *Les cartes animées*, M@ppemonde, vol. 2, n°86 http://mappemonde.mgm.fr/num14/edito.html (acc 30 05 2014)

Skomoroch P.(2011) Geo Analytics Tutorial - Where 2.0 http://fr.slideshare.net/pskomoroch/geo-analytics-tutorial (acc 30 05 2014)

Slingsby A., Dykes J., Wood J. (2008) *Using treemaps for variable selection in spatio-temporal visualisation* Information Visualization 7, 210 –224 PalgraveMacmillan. http://gicentre.org/papers/slingsby_using_2008.pdf (acc 22 07 2013)

Slingsby A., Dykes J., Wood J., Crooks A. (2009) *The Role of Layout and Order in Treemaps for Showing Spatial and Temporal Variation in House Prices.* GeoViz Hamburg Workshop 2009 http://www.casa.ucl.ac.uk/andrew/research/geovizHamburg-v3-1.pdf (acc 18 05 2013)

Spaccapietra S., Parent C., Zimányi E. (2007) *Spatio-Temporal and Multi-Representation Modeling: A Contribution to Active Conceptual Modeling*, in Active Conceptual Modeling for Learning, LNCS 4512, 2007. http://infoscience.epfl.ch/record/105049/files/ACML070522.pdf?version=1 (acc 26 09 2013)

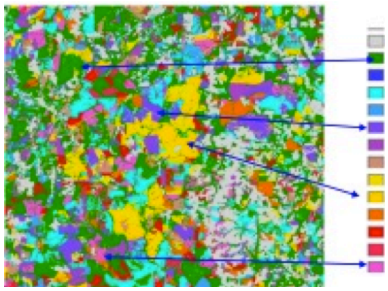
Spaccapietra S., Parent S., Zimányi E. (2006), *The MADS data Model Concepts to understand the structure of your spatial and temporal data*, MIA Journal, Vol. 0, Numb. 1 http://www.map.archi.fr/mia/journal/articles/vol0/num1/spaccapietra.pdf (acc 30 05 2014)

Strano E. , Nicosia V., Latora V., Porta S & Barthélemy M (2012) *Elementary processes governing the evolution of road networks* Nature Scientific Reports http://www.nature.com/srep/2012/120301/srep00296/full/srep00296.html

Thakur S,. Rhyne T.M. (2009) *Data Vases: 2D and 3D Plots for Visualizing Multiple Time Series.* Advances in Visual Computing Proc. ISVC 2009 Springer. http://www.renci.org/~sthakur/pubs/isvc09_SidThakur_Data_Vases.pdf (acc 22 09 2013)

Thévenin T., Chardonnel S., Cochey E. (2007) *Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon.* Espace populations sociétés [En ligne], 2007/2-3. http://eps.revues.org/2069 (acc 21 09 2013)

Thomas N.E. et al (2011) *Validation of North American Forest Disturbance dynamics derived from Landsat time series stacks* Remote Sensing of Environment 115 (2011) 19–32 http://www.montana.edu/spowell/pdffiles/thomas_powell_11.pdf (acc 02 10 2013)



Tobler, W. (2003). *Experiments in migration mapping by computer* Dept of Geography, U. California, www.csiss.org/clearinghouse/FlowMapper/ExpMigrMapping.pdf (acc 23 08 2013)

Tobler, W. (2003). *Movement Mapping* *D*ept of Geography, U. California, www.csiss.org/clearinghouse/FlowMapper/MovementMapping.pdf (acc 23 08 2013)

Tomaszewski B., MacEachren A.M. (2012) *Geovisual analytics to support crisis management: Information foraging for geo-historical context* Information Visualization 11(4) 339–359 http://www.geovista.psu.edu/publications/2012/Tomaszewski_InformationVisualization_12.pdf (acc 22 09 2013)

Tominski C., Schumann H., Andrienko G., Andrienko N. (2012) *Stacking-Based Visualization of Trajectory Attribute Data* IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proceedings IEEE Information Visualization 2012), vol. 18(12). http://www.informatik.uni-rostock.de/~ct/pub_files/Tominski12TrajectoryVis.pdf (acc 14 03 2013)

Tominski C., Schumann H. (2008) *Enhanced Interactive Spiral Display* Proceedings of the Annual SIGRAD Conference Linköping University Electronic Press. http://www.informatik.uni-rostock.de/~ct/pub_files/Tominski08EnhancedSpiral.pdf (acc 14 04 2012)

Tominski, C.; Schulze-Wollgast, P. ; Schumann, H. (2005) *3D information visualization for time dependent data on maps Information Visualisation,* Proceedings IV'05 9th IV international conference on Information

Visualization, pp 175 – 181, DOI 10.1109/IV.2005.3 http://www.informatik.uni-rostock.de/~ct/pub_files/Tominski05AxesBasedVis3D_talk.pdf (acc 26 05 2014)

Tomko M., Winter S., Claramunt C. (2008) *Experiential Hierarchies of Streets* Computers, Environment and Urban Systems, Elsevier Science, 32(1), pp. 41-52. http://www.geo.uzh.ch/~mtomko/publications/tomko07experiential_preprint.pdf

Viégas F.B. et al (2004) *Digital Artifacts for Remembering and Storytelling: PostHistory and Social Network Fragments* Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences – 2004 http://alumni.media.mit.edu/~fviegas/papers/posthistory_snf.pdf (acc 05 12 2012)

Vrotsou K., Forsell C., Cooper M. (2009) *2D and 3D Representations for Feature Recognition in Time Geographical Diary Data* Information Visualization 2010 9: 263 http://ivi.sagepub.com/content/9/4/263 (acc 13 06 2013)

Wattenberg, M. *Visualizing Structure in Strings* Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2002 (InfoVis'02) IEEE Computer Society Washington, DC. http://ieg.ifs.tuwien.ac.at/~aigner/teaching/ws06/infovis_ue/papers/arcdiagram_01173155.pdf (acc 25 05 2014)

Weber M., Alexa M., MüllerW. (2001) *Visualising times series on spirals* Information Visualization INFOVIS 2001 IEEE Symposium, pp. 7 –13. http://ieg.ifs.tuwien.ac.at/~aigner/teaching/ws06/infovis_ue/papers/spiralgraph_weber01visualizing.pdf (acc 19 03 2013)

Wiesmann S., Kääb A., Hurni L. (2009) *Visualization of glacier surface movements*. 24th International Cartographic Conference Santiago (Chile) http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/6_Santiago_Session_Mountain_Carto/santiago_wiesmann.pdf (acc 26 09 2013)

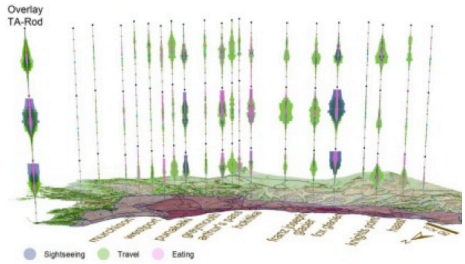
Wood, J. & Dykes, J. (2008). *Spatially Ordered Treemaps*. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 14(6), 1348 - 1355. http://openaccess.city.ac.uk/536/ (acc 27 08 2013)

Wood, J., Dykes, J. & Slingsby, A. (2010). *Visualisation of Origins, Destinations and Flows with OD Maps.* Cartographic Journal, The, 47(2), 117 - 129. http://openaccess.city.ac.uk/537/ (acc 19 03 2013)

Zhao L., Forer P., Harvey A.S. (2008) *Multi-Scale and Multi-Form Visualisation of Human Movement Patterns in the context of Space, Time and Activity: From Timeline to Ringmap*. AGILE 2008 Conference, Girona, Spain http://geoanalytics.net/GeoVis08/a25.pdf (acc 14 03 2013)

Zhao, J., Forer, P., Harvey, A.S, (2008b). *Activities, ringmaps and geovisualization of large human movement fields.* Information visualization 7 (3-4): 198-209 Nature Publishing Group / Palgrave.

Zhao J., Forer P., Sun Q., Simmons D. *Multiple view geovisualization of tourist activities in space and time at different scales.* Proceedings - AutoCarto 2012 - Columbus, Ohio, USA - September 16-18, 2012 http://www.cartogis.org/docs/proceedings/2012/Zhao_etal_AutoCarto2012.pdf (acc 13 06 2013)



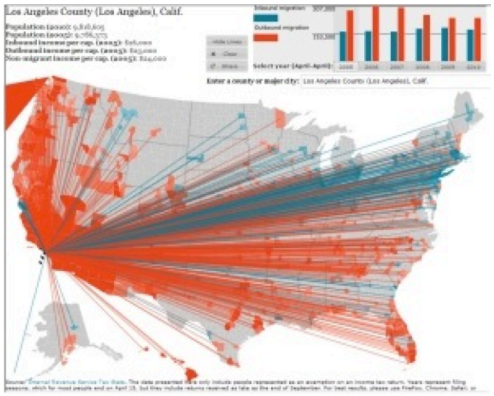
3. Démos en ligne, par ordre alphabétique (nom de l'application)

A

Activité mondiale des cyclones, typhons, ouragans, tempêtes et dépressions sur la planète
http://www.cyclonextreme.com/cyclonemonde.htm (acc 16 10 2013)

A day of Muni
http://www.visualcomplexity.com/vc/project_details.cfm?id=730&index=730&domain= (acc 03 03 2013)

American migration interactive map
http://www.forbes.com/special-report/2011/migration.html (acc 24 08 2013)



Animated bus track
http://www.carto.net/svg/samples/animated_bustrack.shtml (acc 21 09 2013)

Animated Atlas : Air traffic over North America
http://maps.unomaha.edu/AnimatedFlightAtlas/Default.html/ (acc 21 09 2013)

Animated Itinerary of Holidays in Japan
http://www.carto.net/svg/samples/japan_map_itinerary/japan.svgz (acc 21 09 2013)

Animated map of GCSE Results in England
http://www.ons.gov.uk/ons/interactive/gcse-results-in-england---dvc23/index.html (acc 10 09 2013)

Animeye (Eye-movement analyses of dynamic geovisualization displays)
http://www.geog.ucsb.edu/~animeye/animations.htm (acc 14 09 2013)

B

Berghaus Statistical chart (1838) (Rhin, Elbe, Oder).
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1838_Perthes_Chart_of_the_Rhine,_Elbe,_and_Order_Rivers_-_Geographicus_-_RheinElbeOder-perthes-1838.jpg
Animeye / homeownership in the United States 1900-1990
http://www.geog.ucsb.edu/~animeye/animations.htm

Bostonography
http://bostonography.com/bus/ (acc 28 08 2013)

BusClock/SpiraClock
http://www.emn.fr/z-info/spiraclock/index.html
(acc 18 03 2013)

C

Cabspotting.
http://cabspotting.org/client.html (acc 01 10 2013)

Calendars through the Ages
http://www.webexhibits.org/calendars/calendar.html (acc. 18 03 2013)

Crime and Poverty in the USA, 2000
http://www.carto.net/svg/us_crime_2000/ (acc 21 09 2013)

D

DATAR Observatoire des territoires module de cartographie interactive
http://carto.observatoire-des-territoires.gouv.fr/ (acc 15 10 2013)

Dynamic processes of the Gruben Glacier
http://www.carto.net/svg/gruben_glacier/index.svgz (acc 19 06 2013)

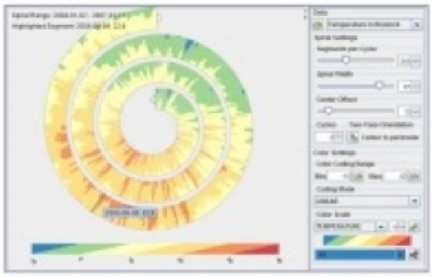
E

England riots: an interactive timeline

http://www.theguardian.com/uk/interactive/2011/sep/05/england-riots-timeline-interactive?CMP=twt_gu (acc 23 01 2013)

Enhanced Interactive Spiral Display
http://www.informatik.uni-rostock.de/~ct/software/TTS/TTS.html (acc 14 04 2012)

Exploring the SARS epidemic: An animated cartography approach
http://arnaudbanos.perso.neuf.fr/SARS/sars_epidemic.html (acc 24 08 2013)



F

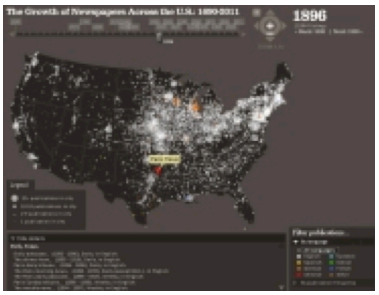
Faune_paca site collaboratif
http://www.faune-paca.org/index.php?m_id=1 (acc 06 10 2013)

Flowmap software package, U. Utrecht, téléchargeable en ligne :
http://flowmap.geog.uu.nl/index.php (acc 11 04 2013)

G

(The) Geotaggers' World Atlas
http://www.visualcomplexity.com/vc/project.cfm?id=727 (acc 26 09 2013)

(The) Growth of Newspapers Across the U.S.: 1690-2011
http://www.stanford.edu/group/ruralwest/cgi-bin/drupal/visualizations/us_newspapers (acc 02 09 2013)



H

Histoire du Proche-Orient ancien
http://arethuse1.free.fr/chronologie.php (acc 10 10 2013)

I

InstantAtlas Dynamic Reports
http://www.instantatlas.com/index.xhtml (acc 06 09 2013)

IRSN Mesure de la radioactivité dans l'environnement
http://sws.irsn.fr/sws/mesure/index (acc 14 09 2013)

Itinéraires romains en France
http://itineraires-romains-en-france.pagesperso-orange.fr/default.htm (acc 10 10 2013)

J

Jakobshavn Glacier Flow in the year 2000 and Calving Front Retreat from 2001 to 2006
http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a003300/a003374/index.html (acc 26 09 2013)

JflowMap / Flowstrates
http://code.google.com/p/jflowmap/wiki/Flowstrates (acc 08 05 2013)

K

Jakobshavn Glacier Flow in the year 2000 and Calving Front Retreat from 2001 to 2006
http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a003300/a003374/index.html (acc 26 09 2013)

L

Lattes en Languedoc, les Gaulois du Sud
http://www.lattara.culture.fr/ (acc 10 10 2013)

Live map of London underground trains

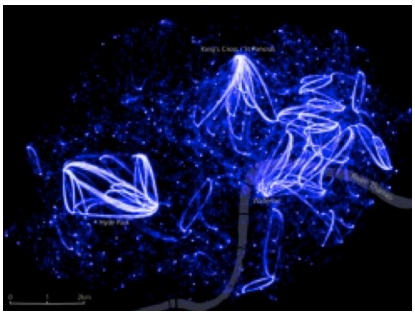
http://traintimes.org.uk/map/tube/ (acc 23 05 2014)

M,N

Map of bike journeys
http://www.newscientist.com/blogs/shortsharpscience/2012/09/map-of-bicycle-journeys-reveal.html (acc 19 03 2013)

What has ITC done with Minard's map?
http://www.itc.nl/personal/kraak/1812/minard-itc.htm (acc 03 10 2013)

myHistro / The Hundred Years' war
http://www.myhistro.com/story/the-hundred-years-war/34325/1 (acc 30 09 2013)



O

OECD Regional eXplorer
http://stats.oecd.org/OECDregionalstatistics/# (acc 06 04 2013)

P,Q,R

Le paysage visible de la Promenade des Anglais à Nice: essai d'une représentation cartographique dynamique
http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/samu_ani.html (acc 21 09 2013)

ReRoute me
http://www.rerouteme.com (acc 11 04 2013)

Re-Visions of Minard (M.Friendly)
http://www.datavis.ca/gallery/re-minard.php (acc 05 05 2012)

S

(The) Shape of Song – M.Wattenberg
http://www.bewitched.com/song.html (acc 21 09 2013)

Simulateur climatique Météo France
http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?page_id=12979 (acc 14 09 2013)

T

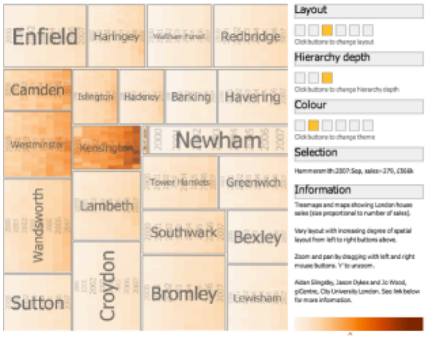
Tactichronie – CNRS UMR 3405 MAP
http://www.map.archi.fr/jyb/tactichronie/tactichronie.htm(acc 18 06 2013)

A Timeline of Timelines (S. Archibald, D. Rosenberg)
Cabinet Magazine 13 Spring 2004
http://www.cabinetmagazine.org/issues/13/timelines.php (acc. 18 03 2013)

Timelines and Visual Histories (M.Friendly)
www.datavis.ca/gallery/timelines.php (acc. 18 03 2013)

TimeMapper: Visualizing Moving Object Data using WMS Time and SVG SMIL Interactive Animations
http://www.svgopen.org/2009/papers/56-TimeMapper_Visualizing_Moving_Object_Data_using_WMS_Time_and_SVG_SMIL_Animations/ (acc 02 10 2013)

Treemaps for Exploring Spatial and Temporal Variation House Prices
http://www.gicentre.org/houseprices/demo/index.html
(acc 15 06 2013)



U

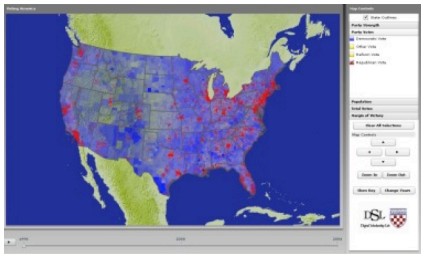
Urban Data Challenge 2013
http://urbanprototyping.org/prototype/challenges/urban-data-challenge-zurich-sf-geneva/ (acc 11 09 2013)

V

Visualiser les zones encombrées : Traffic in Lisbon
http://transid.blogspot.fr/2010/03/visualiser-les-zones-encombrees-traffic.html (acc 23 01 2013)

Visualizing emancipation
http://dsl.richmond.edu/emancipation/ (acc 10 09 2013)

Voting America: United States Politics, 1840-2008
http://dsl.richmond.edu/voting/interactive/



W

Wave propagation / evolution of glaciers
http://page.mi.fu-berlin.de/jouvet/ (acc 26 09 2013)

X,Y,Z

30 Years of Human Impact on Earth
http://www.theatlanticcities.com/technology/2013/05/terrifying-fascinating-timelapse-30-years-human-impact-earth-gifs/5540/

Yosemite National Park Hiking Map
http://www.carto.net/williams/yosemite/index.svg (acc 14 04 2013)

Annexe 3. Séminaire (Programme et Résumés)

Le séminaire organisé au Ministère de l'Ecologie, le 5 février 2014, avait pour but de présenter les premiers résultats de l'action de programme « Représentations dynamiques des temporalités des territoires » engagée en 2013 par le PUCA dans le cadre de son programme « Temporalités durables ».
En confrontant différents travaux et retours d'expérience des conférenciers invités, nous avons souhaité mettre en avant les aspects méthodologiques et applicatifs les plus représentatifs des nouveaux modes de visualisations émergeants autour de la dimension temporelle dans l'étude des dynamiques territoriales.
Que nous apportent ces nouvelles représentations pour la compréhension des dynamiques des territoires ? Permettent-elles de nouveaux regards sur les temporalités ? Constituent-elles des outils fins d'exploration des rythmes des changements des territoires ou des mouvements sur le territoire ? Peuvent-elles intégrer les nouvelles sources de données ? Les questionnements sur les territoires vont-ils tirer profit de ces nouvelles observations et représentations ?
Faire ressortir les questions qui restent posées et recommander des modes de faire permettant d'y répondre, tel était l'objectif de ce séminaire dont :

- ✓ la matinée fut plus axée sur le temps, avec des réflexions et des travaux pas toujours liés à la cartographie mais plus à la visualisation, la géovisualisation, l'infoviz ou à la visual analytics, en posant au centre des débats la dimension temporelle, sa prise en compte et ses représentations ;
- ✓ l'après-midi fut consacrée à la dimension temporelle plus cartographique et géographique, à sa modélisation et aux sources d'informations temporelles nouvelles.

L'ensemble des présentations sont disponibles à l'adresse suivante :
http://www.map.archi.fr/jyb/puca/
Les enjeux et les perspectives relevés lors de ce séminaire sont intégrés dans les enjeux et perspectives du rapport.

Programme du séminaire

Matinée : Du temps au territoire : représenter et se représenter les dynamiques des territoires

- « Décrire et modéliser le paramètre temps : des legs, des enjeux », J.-Y. Blaise (CNRS Marseille)
- « Cartographies des dynamiques spatiales », O. Klein (CEPS, Luxembourg)
- « Géographeur : manipuler et représenter des données spatio-temporelles individuelles », S. Chardonnel (CNRS Grenoble), T. Thévenin (Université de Bourgogne)

Après-midi : Des temporalités représentées aux temporalités vécues : pratiques émergentes et perspectives

- « Productions actuelles : quelles temporalités, quelle diversité ? » P.-A. Davoine (Université Grenoble), H. Mathian (CNRS Lyon), C. Saint-Marc (Université Grenoble)
- « Reproduire les dynamiques territoriales : une manière de mieux les comprendre ? », A. Banos (CNRS Paris)
- « Le GéoWeb, nouvelle source dynamique de représentation des temporalités des territoires ? », T. Joliveau (Université de Saint-Etienne), M. Noucher (CNRS Bordeaux)

Présentation des interventions

Jean-Yves Blaise, « Décrire et modéliser le paramètre temps : des legs, des enjeux »

Jean-Yves Blaise développe des méthodes, des modèles et des outils pour concevoir, analyser, documenter et valoriser l'architecture à différentes échelles, dans un contexte pluridisciplinaire. Il s'investit depuis plusieurs années sur les questions d'ordre méthodologique et/ou technologique que pose la compréhension des dynamiques spatio-historiques aux échelles de l'architecture. Les dispositifs de visualisation d'informations spatio-temporelles qu'il développe s'inscrivent dans la communauté scientifique *infovis* (Information visualisation) et ses excroissances *Knowledge Visualisation* ou *visual analytics*.

Son constat est que rendre compte de temporalités multiples peut nécessiter des modèles et des solutions visuelles originales. Or il existe des familles et des méthodes en infovis où la question se pose de manière récurrente.
Quelle que soit la solution technologique qui est adoptée, y compris dans des thématiques un peu complexes, une question resurgit : le paramètre temps est multidimensionnel. En réponse, il y a nécessité de développer notre outillage pour traiter du paramètre temps. Il y a besoin de plus de diversité dans la façon dont nous manipulons les dimensions du paramètre temps.
Les méthodes et les pratiques de ces communautés infovis et visual analytics peuvent sans doute participer à la compréhension, à l'analyse de la dimension temporelle que ce soit dans les dynamiques spatiales ou non.

Olivier Klein, « Cartographies des dynamiques spatiales »

Géographe-informaticien, Olivier Klein est un spécialiste de la cartographie des changements dans l'espace et dans le temps. Après un tour d'horizon sur différentes représentations des espaces-temps, sur la prise en compte de la dimension temporelle, et un état des lieux rapide sur les nouvelles productions cartographiques dynamiques, il

soulève la question du changement de paradigme ou de discipline qu'implique ces évolutions techniques et méthologiques, en particulier dans le cadre de la géovisualisation.
Du fait des nouvelles dimensions permises par le support informatique (animation, interactivité), il insiste sur les précautions à prendre pour l'auteur des cartes pour faire passer son message, en particulier sur la réflexion sur le découpage temporel dans la carte et il relève les possibilités de produire plusieurs cartes sur un même problème pour donner des visions différents.
Du fait de la masse des données, la modélisation prend une place plus importante pour la représentation dynamique : réduire l'information est souvent bien suffisant pour voir ce qu'il se passe sur le territoire.
Enfin, il s'interroge sur les potentialités du bigdata, de l'opendata, des réseaux sociaux localisés et du web 2.0 dont les informations de tout un chacun permettent de décrire des éléments de l'espace, des changements.

Sonia Chardonnel, Thomas Thévenin, « Géographeur : manipuler et représenter des données spatio-temporelles individuelles »,

Thomas Thévenin et Sonia Chardonnel sont géographes. Leurs travaux portent l'étude des rythmes quotidiens de déplacements d'habitants, s'inscrivant dans la Time-Geography. Géographeur, qu'ils nous présentent, est un outil de visualisation complet qui permet d'analyser et de comprendre ces rythmes.
L'interdépendance entre le temps et l'espace est visualisée et analysée à travers un prisme spatio-temporel à 3 dimensions : 2 dimensions (x,y) pour l'espace permettant de localiser l'individu, une dimension (z) pour le temps.
La création de voxels (cubes) à l'intérieur de ce prisme 3D, avec possibilité de changer les résolutions spatiale et temporelle, permet d'analyser les intersections entre les objets dans l'espace et dans le temps, la convergence dans les trajectoires et de détecter les poches (interactions sociales).
Par cet outil de simulation et de géovisualisation, les auteurs concluent sur quelques enjeux et problèmes rencontrés lors de son élaboration, dont l'interopérabilité dans la chaîne de traitement et la nécessité d'une plate-forme collaborative pour diffuser les outils et les résultats.

Paule-Annick Davoine, Hélène Mathian, Cécile Saint-Marc, Jean-Yves Blaise, Lahouari Kaddouri, « Productions actuelles : quelles temporalités, quelle diversité ? »

Paule-Annick Davoine, géographe-géomaticienne, s'intéresse plus particulièrement à la géovisualisation de l'information liée aux risques naturels et à l'environnement.

Hélène Mathian, statisticienne-géomaticienne, est spécialisée dans la modélisation des données géographiques et les traitements d'analyse spatiale. Elle s'intéresse tant aux formalisations des bases de données géographiques qu'au développement de méthodes

pour le traitement et la représentation de données géographiques.

Cécile Saint-Marc, doctorante géographe, travaille sur les apports de la cartographie et de la géovisualisation dans l'étude des événements à risques passés, sur les problèmes posés par la représentation des temporalités dans les cartes et sur les facteurs qui influencent la perception des cartes.

Lahouari Kaddouri, maître de conférences en géographie, travaille sur les systèmes et réseaux urbains. Il étudie la prise en compte des temps dans la modélisation des dynamiques spatio-temporelles, les mises en réseaux et les systèmes de villes (proximités, durabilité).

Cette présentation reprend une partie des résultats du travail collectif réalisé dans le cadre du projet dont fait partie ce séminaire.

Après avoir posé le contexte de la révolution géospatiale, il s'agit d'évaluer la diversité observée des pratiques en matière de représentation dynamique des temporalités territoriales, de la dynamique territoriale à analyser à sa représentation. La présentation pose les bases de l'analyse de cette diversité en interrogeant les dynamiques représentées, leurs objectifs, les représentations de l'espace, du temps, les moyens mis en œuvre et la manière dont les temporalités sont interrogées.

Une grille de lecture d'indicateurs est ainsi mise en place sur les processus interrogés, les objectifs (public visé, service rendu), sur le formalisme de la représentation du temps et de l'espace (échelles, granularités,…) et sur les moyens (interactivité, animation, ..).

Cette grille est appliquée aux 47 applications de l'échantillon permettant de dégager des catégories d'applications et d'effectuer des analyses statistiques.

En guise de conclusion, elles rappellent que, malgré l'animation et l'interactivité qui permettent de scénariser et de contextualiser la dynamique observée, certaines questions restent en suspens comme celle des évaluations du changement ou du mouvement et de la connaissance, des impacts des pratiques « temps réel », et du lien entre le phénomène et l'observation de ce phénomène.

L'espace et le temps sont présents mais les temporalités sont rarement approchées en tant que tel et l'espace reste un support dans des représentations spatio-temporelles souvent peu innovantes.

Arnaud Banos, « Reproduire les dynamiques territoriales : une manière de mieux les comprendre ? »

Arnaud Banos, géographe, place le curseur sur les simulations de dynamiques territoriales et leurs visualisations. Après un rappel théorique et conceptuel pour accompagner la compréhension de la méthode et des modèles sous-jacents au volet visuel, il nous présente ses simulations avec des visualisations multi-vues et multi-échelles des phénomènes en donnant les moyens aux utilisateurs des outils (en particulier l'outil Gamirod) de pouvoir

intervenir dans la simulation.

Les systèmes construits reproduisent des systèmes complexes avec des comportements individuels et collectifs afin de simuler les dynamiques territoriales à des fins de compréhension et de visualisation des processus et des structures spatiales.

Thierry Joliveau, Mathieu Noucher, CNRS Bordeaux « Le GéoWeb, nouvelle source dynamique de représentation des temporalités des territoires ? »,

Mathieu Noucher, géographe, s'interroge sur les nouveaux registres de « fabrique cartographique » plus particulièrement sur les mises en cartes contemporaines, analysées sous l'angle des nouvelles modalités de production et diffusion (données institutionnelles et autres données du web).
Thierry Joliveau, géographe-géomaticien, s'intéresse à l'usage des techniques numériques pour la gestion des données géographiques.

Les possibilités qu'offrent internet aux utilisateurs de contribuer à la création de l'information, et par extension à la création de cartographie dynamique en continu sur le web, bouleversent la production de cartes. De nombreux services cartographiques permettent à chacun de construire ses propres cartes avec ses propres données. Cependant, la réalité et la réactivité de ce geoweb contributif ne sont pas toujours au point. D'un point de vue de la couverture spatiale et/ou temporelle, la complétude n'est pas toujours au rendez-vous. Malgré la diversité technique (différents protocoles) et des usages, le geoweb fournit un très grand volume de données hétérogènes issu de la localisation systématique de l'information d'Internet sur la surface terrestre. Ces « nouvelles » données impliquent des modèles d'analyse et d'interprétation spécifiques pour construire des indicateurs simples.
Si ces données en ligne varient de manière continue alors les visualisations, qui en sont issues, devront être en ligne et affichées dynamiquement en temps réel.

Annexe 4. Trois outils d'analyse comparative visuelle du recueil de cas

Le site (http://www.map.archi.fr/jyb/puca/) présente en outre l'ensemble du corpus analysé dans un environnement d'exploration de type infoviz. L'idée est de proposer une exploration libre de ce corpus, en utilisant les critères définis au cours de l'étude. La présente Annexe illustre la manière dont peut être utilisé un tel environnement.

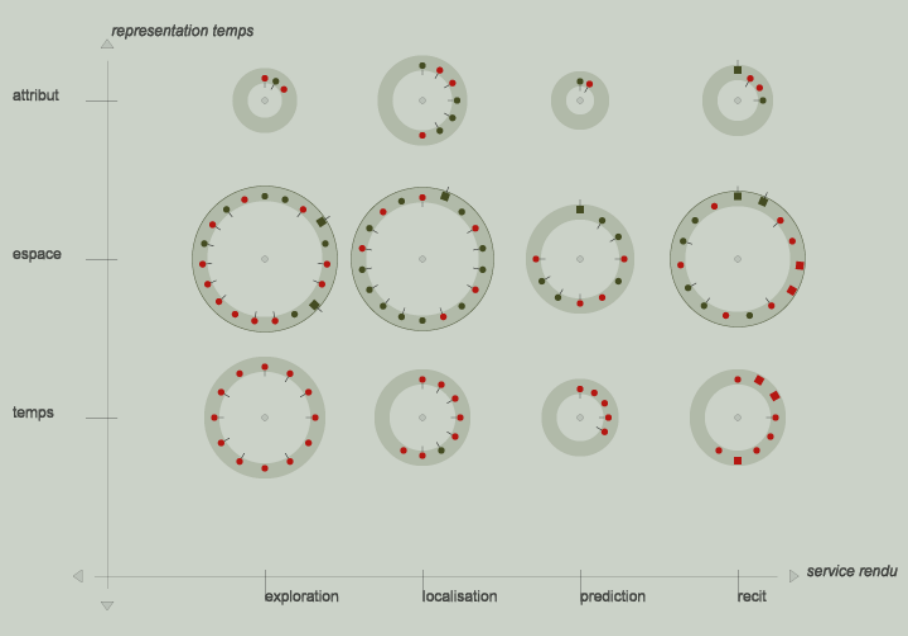
Le recueil de cas que nous proposons ne se présente pas comme une classification : une classification implique un point de vue spécifique, solution peu adaptée à des questions imbriquées (temporalités, représentation dynamique, distribution spatiale, *etc.*), et une forme de « clôture » du jeu de cas à laquelle nous ne prétendons pas. Ce recueil relève plutôt d'une liste, d'un catalogue, tels que les décrit U.Eco – mode de représentation suggérant un *etcetera,* choix d'un jeu réduit de propriétés dont la vocation est de rendre perceptible l'objet observé, sans nécessairement le décrire exhaustivement.
La liste de cas telle que nous la présentons n'est cependant pas une énumération : elle est une liste organisée, à fins de comparaisons. La grille de paramètres rassemblés pour chaque cas (voir annexe 2) constitue un petit « arsenal » de mesures devant rendre possible une lecture de la collection dans son ensemble pour, par exemple, expliciter des choix implicites qui sont, potentiellement, des verrous méthodologiques persistants, à dépasser (on peut penser par exemple à la prédominance du paradigme « temps linéaire », ou à l'absence de granularités temporelles alternatives).
Cette lecture d'ensemble est appuyée par trois visualisations récapitulatives ad-hoc, exploitables sous forme statique ou interactive (version interactive en ligne), dont les principes sont présentés plus loin.
Dans un article publié à l'occasion des trente ans de la sémiologie graphique de J.Bertin, J.K Rod rappelle ce qu'est un des rôles d'une visualisation : *révéler ce que l'on se sait pas*. C'est bien dans ce sens que sont proposés ces trois outils d'analyse comparative visuelle du recueil de cas, exploitant les grilles descriptives proposées pour rendre compte de façon synthétique de ce que la collection de cas peut nous apprendre sur la représentation des temporalités des territoires.

Il est important néanmoins de préciser les apports et limites intrinsèques de ces trois visualisations. Celles-ci traduisent d'abord des choix faits par les participants à ce projet, choix non neutres. Elles traduisent un choix en terme de collection de cas : 48 cas, une sélection ni exhaustive ni objective, mais bien plutôt illustrative. Elles traduisent également un choix en terme de critères descriptifs, critères voulus proches de la thématique du projet et pas nécessairement représentatifs des objectifs ou particularités des 48 cas. Enfin, elles doivent également être lues en prenant garde aux informations manquantes ou non confirmées pouvant apparaître pour certaines applications.
De façon plus générale, ces visualisations doivent être comprises comme de outils permettant à l'analyste de raisonner sur la collection de cas, et avant tout d'identifier des *questions.* Si un motif apparaît comme par exemple le nombre limité d'applications incluant la notion de temps cyclique, il faut y voir une question posée à l'analyste, et pas une tendance avérée. C'est donc d'abord un effort de recul par rapport à la production, à l'état de l'art, que ces visualisations traduisent. Leur apport principal est peut-être in fine de souligner un enjeu croissant, celui de parvenir à synthétiser et à rendre lisible des jeux de données et de pratiques hétérogènes.

Les trois visualisations sont réalisées au format SVG (Scalable Vectorized Graphics), format aujourd'hui courant dans les navigateurs. Elles ont été testées sur Internet Explorer et Mozilla Firefox.

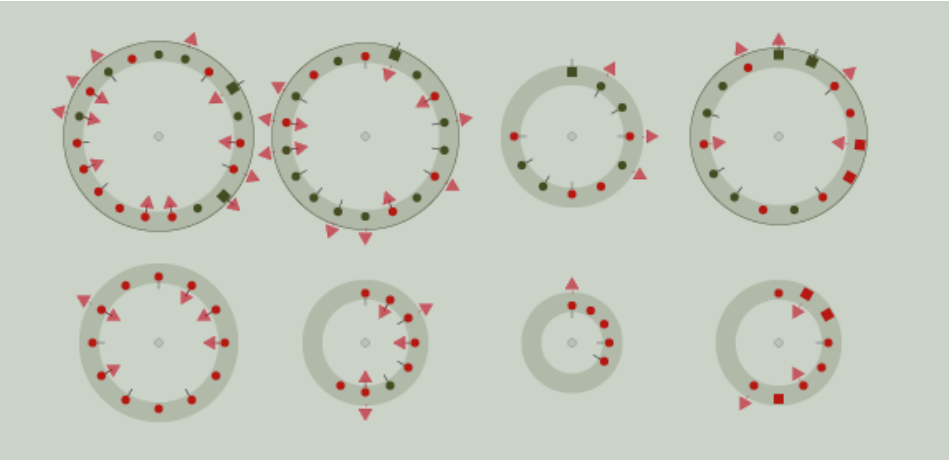
> Distribution bi-critères interactive

La collection de cas est décrite par un certain nombre de **critères** (ex : *type de service rendu*) auxquels sont associées des **valeurs** prises dans une échelle lexicale fixée a priori (ex : valeurs *exploration, localisation, récit, prédiction* pour le critère *type de service rendu*).
Cette visualisation a pour objectif de repérer au sein de la collection de cas des motifs dominants dans la façon dont se distribuent des couples de valeurs associant deux critères, comme par exemple « service rendu : prédiction + représentation du temps : par des attributs ». L'utilisateur doit donc sélectionner deux critères, parmi huit.
Les valeurs correspondant à chaque critère sont alors réparties à distance égale en abscisse (premier critère) et en ordonnée (deuxième critère), comme dans l'exemple ci-dessous.

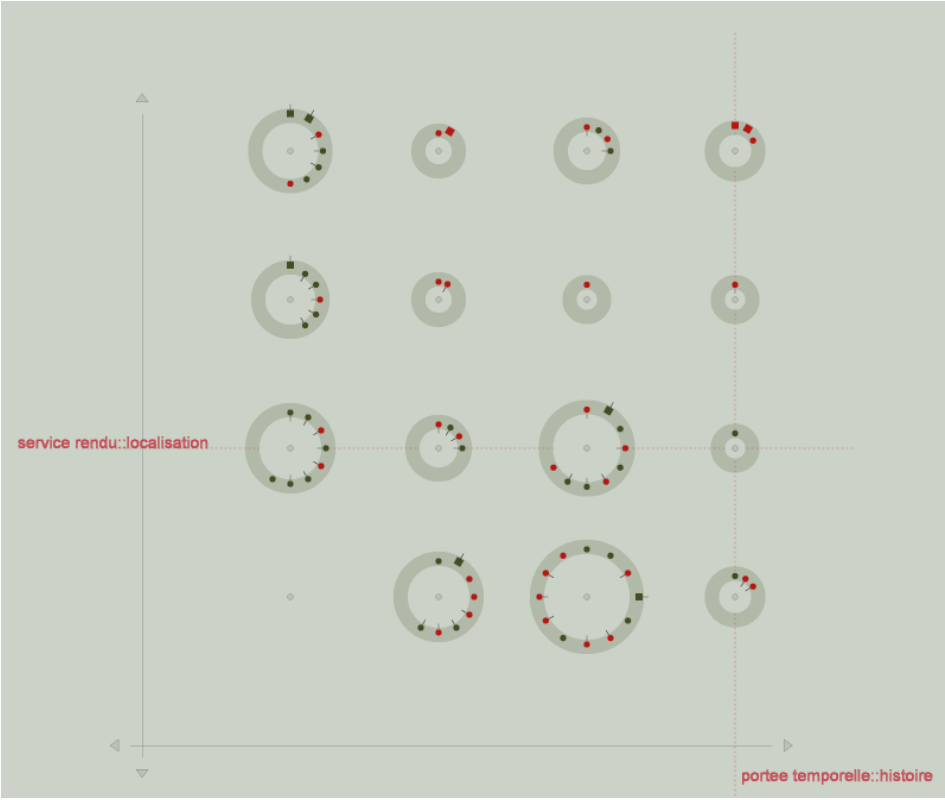


Distribution en abscisses et en ordonnées des valeurs correspondant aux deux critères service rendu *et* mode de représentation du temps.

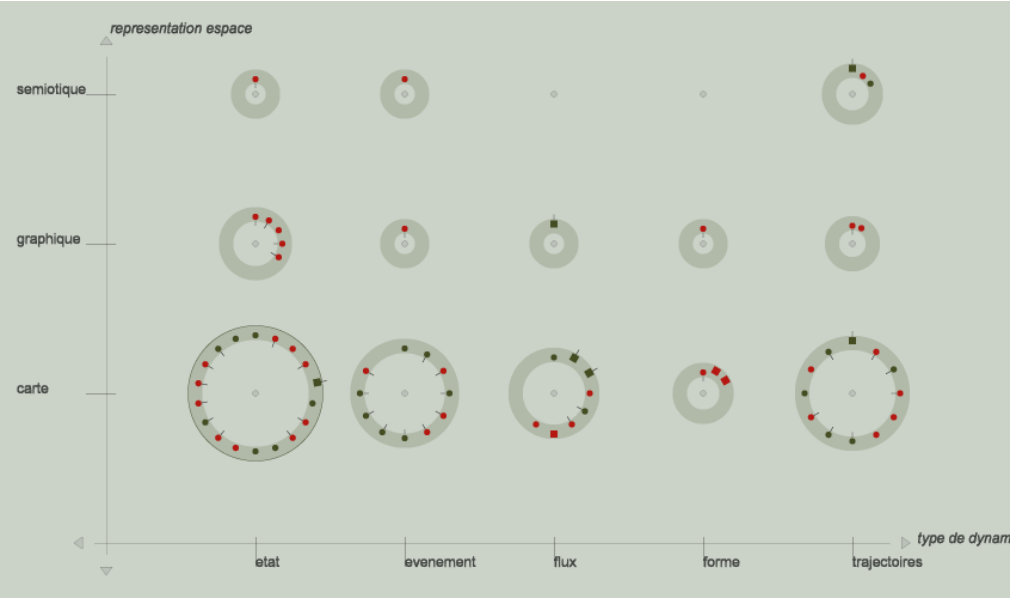
Pour chaque couple de valeurs, donc à chaque intersection, nous affichons le nombre de cas au sein de la collection correspondant à ces deux valeurs. Une application correspondant à deux valeurs (ex : service rendu exploration ET localisation) sera affichée deux fois. Les cas sont représentés par des petits icônes distribués dans un anneau reprenant une métaphore de « rond de sorcière ». La taille de l'anneau est proportionnelle au nombre de cas, et l'anneau surligné si ce nombre excède douze. Chaque icône porte plusieurs informations : dispositif animé (rouge) ou non (vert), interactif (rond) ou non (carré), lien dynamique vers des données (trait vers le centre de l'anneau) ou non (pas de trait).



Affichage à la demande des solutions incluant des granularités multiples, spatiales (flèche vers l'intérieur) ou temporelles (flèche vers l'extérieur).
Des interactions sont proposées pour masquer/afficher certains éléments, comme dans l'exemple ci-dessus, afin d'alléger la lecture du graphique.
Cette visualisation permet notamment de vérifier si des couplages restent à investiguer, ou repérer des effets de densité comme dans les exemples ci-dessous.

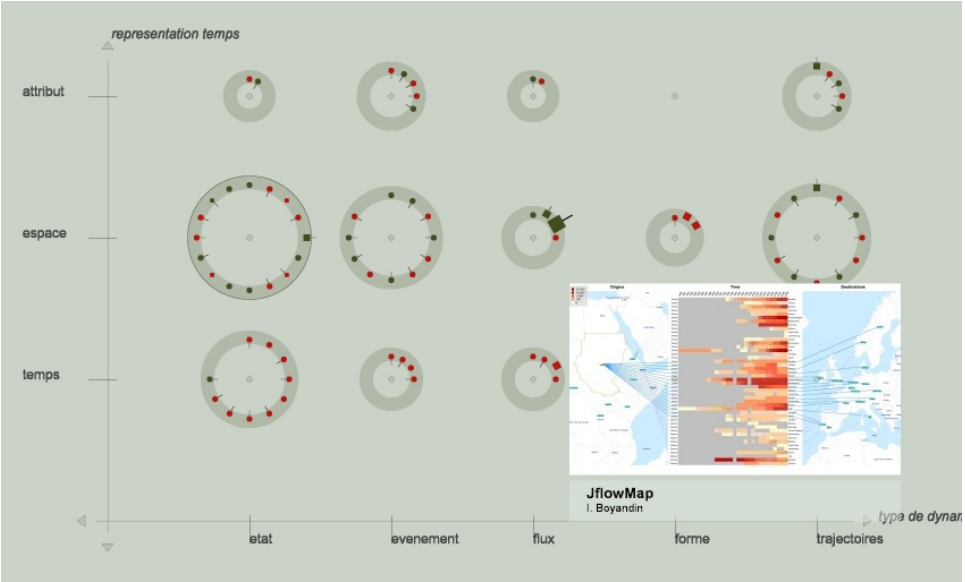


Dans cet exemple est mis en évidence un déséquilibre entre portées temporelles, le temps long étant moins représenté dans la collection de cas. Par ailleurs on voit apparaître des concentrations autour des couples [portée intermédiaire, exploration] et [portée intermédiaire, localisation] ainsi qu'une grande diversité des services rendus pour la portée temporelle immédiate - à une exception près.



Dans ce second exemple, où sont combinés les critère types de dynamique spatiale et modalités de représentation de l'espace, on voit évidemment le caractère très dominant de la carte comme moyen de représentation de données spatiales, quelque soit le type de dynamique. Le nombre peu élevé de solutions adaptées à la représentation de dynamique de changement de forme renvoie évidemment à la question de la représentativité de notre échantillon, mais pas seulement : l'analyse de changements d'états dans un espace considéré comme stable reste une approche dominante puisque n'imposant pas de travailler sur l'unité spatiale elle-même.

La visualisation permet enfin de renvoyer l'utilisateur vers le cas cité en sélectionnant un des icônes comme dans l'exemple ci-dessous.



La visualisation peut être utilisé comme interface de navigation dans la collection, chaque icône étant associé à une ressource sur la toile.

Quelques observations et enseignements :

> Sur la donnée spatiale

- L'analyse de changements d'états dans un espace considéré comme stable reste une approche dominante
- Caractère très dominant de la carte comme moyen de représentation de données spatiales, quelque soit le type de dynamique
- Solutions en portée spatiale intermédiaire (niveau régions) très minoritaires
- Applications offrant un service de « prédiction » ou de simulation développées essentiellement pour une portée spatiale locale.
- Liens dynamiques avec des données plus présents pour une portée spatiale locale que pour d'autres portées spatiales.
- Très forte concentration de dispositifs animés (et généralement interactifs) pour les portées spatiales « globale » et « mondiale ».
- La carte est le moyen de représentation de données spatiales dominant, quelque soit le type de type de portée temporelle, mais il existe un nombre non négligeable de solutions qui représente l'espace par du graphique pour un cas particulier : portée temporelle intermédiaire.
- Une majorité des applications autorisant une granularité spatiale multiple correspondent à une portée spatiale « globale »

> Sur la donnée temporelle

- Déséquilibre entre portées temporelles, le temps long étant moins représenté dans la collection de cas.
- Concentrations autour des couples [portée intermédiaire, exploration] et [portée intermédiaire, localisation] ainsi qu'une grande diversité des services rendus pour la portée temporelle immédiate
- Granularité temporelle multiple exclusivement présente pour les portées spatiale « locale » et « intermédiaire »
Aucune solution ne croise les critères portée temporelle immédiate et service rendu exploration
- Toutes les solutions croisant portée temporelle immédiate et absence de graphiques sont des solutions non animées.
- Les applications représentant du temps par de l'espace (timelines et éq) sont majoritaires, mais pour une partie significatives d'entre elles le temps y est aussi représenté par du temps (animation).

> Sur les types de dynamiques, les services

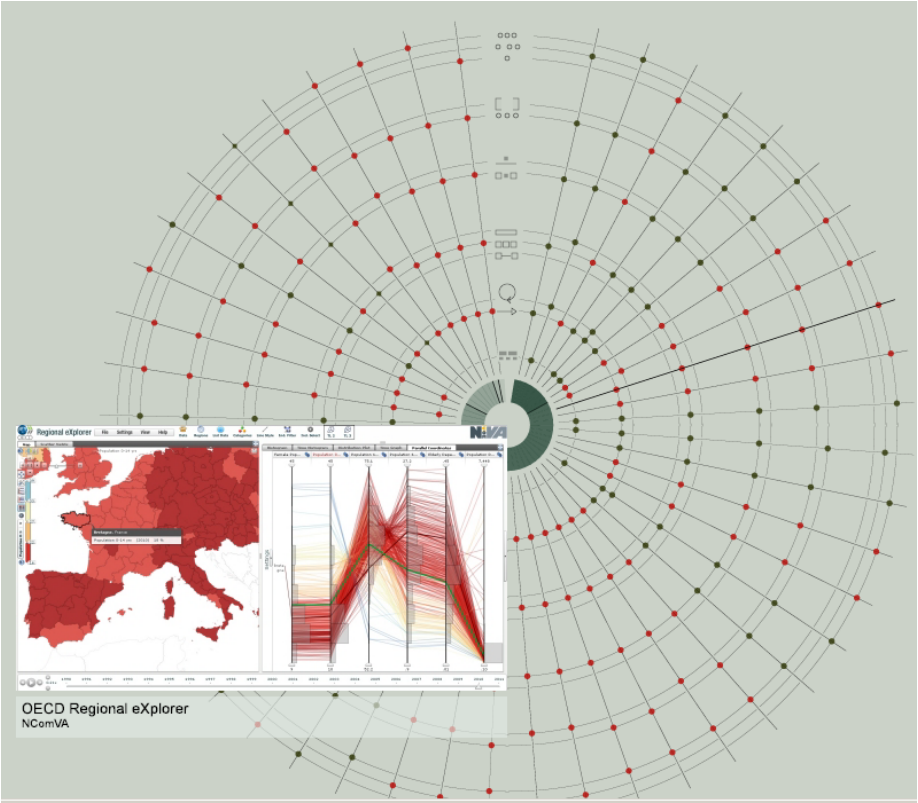
- Un type de dynamique spatiale est sous-représenté: changements de forme, transformations
- Les applications permettant d'analyser une dynamique de localisation d'événements (catastrophes naturelles, ouverture / fermeture de services, conflits...) sont exclusivement non animées, sauf lorsqu'elles s'accompagnent de graphiques additionnels.
- Quel que soit le service rendu, peu de graphiques atemporels sont proposés (i.e. distributions statistiques par exemple)

>> Distribution multi-critères interactive

Dans cette seconde visualisation la collection de cas est spécifiquement examinée du point de vue de la prise en compte du paramètre temps. Pour chaque cas la série de caractéristiques suivante est explicitée :

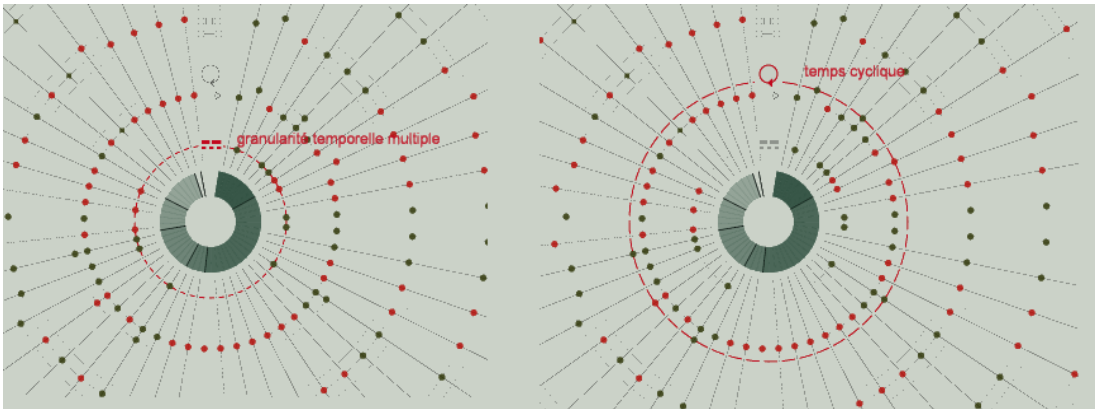
- Granularité temporelle simple ou multiple
- Temps représenté comme linéaire et/ou cyclique
- Temps considéré comme ordinal (seul l'ordre est connu), discret ou continu.
- Temps ancré (attaché à une data, un moment spécifique) ou non ancré (phénomène récurrent non daté par exemple)
- Valeurs dans un domaine orienté points (un jour, une minute, une année, sans durées) ou orienté intervalle (temps donné par une fourchette de deux valeurs)
- Récurrence (une fois, répété, régulier).

Ces indicateurs sont organisés sous la forme de groupes d'anneaux, un petit symbole placé « à midi » permettant à l'utilisateur interactivement de savoir quel anneau représente quelle caractéristique et quelle valeur. Chacun des 48 cas est alors représenté sous la forme d'une radiale, le long de laquelle sont identifiées les caractéristiques spécifiques de l'application (un petit cercle marque une valeur « vraie ».



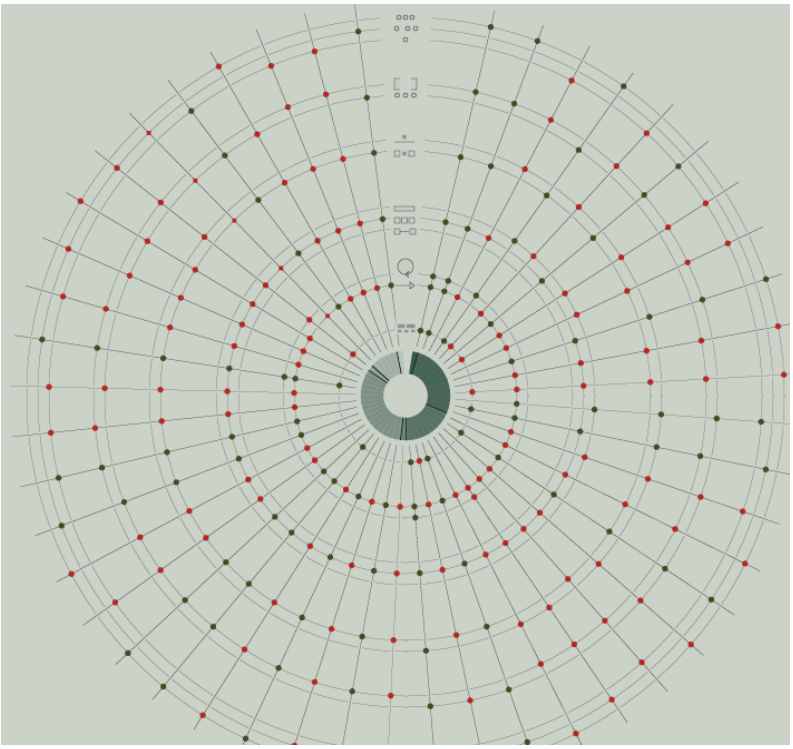
Surlignement d'un radiale correspondant à une application de la collection de cas : pour cette application spécifique les cinq petits cercles rouges le long de la radiale surlignée correspondent aux caractéristiques temps linéaire, temps discret, temps ancré, domaine orienté points, récurrence régulière.

La visualisation peut donc d'abord servir à synthétiser les choix faits en terme de prise en compte du paramètre temps pour chacun des 48 cas, voire à comparer les choix faits entre deux cas. Mais elle a aussi pour objectif de faire lire les grandes tendances se dégageant de la collection dans son ensemble. Cette lecture là se fait en observant la position et la densité des points le long des anneaux, groupe par groupe. On remarque par exemple que le nombre d'applications travaillant en granularité temporelle multiple est assez limité (premier anneau à partir du centre, figure ci-dessous). De la même façon on remarque aisément que la prise en compte de la notion de cycle reste très minoritaire dans la collection de cas (deuxième anneau à partir du centre, figure ci-dessous)



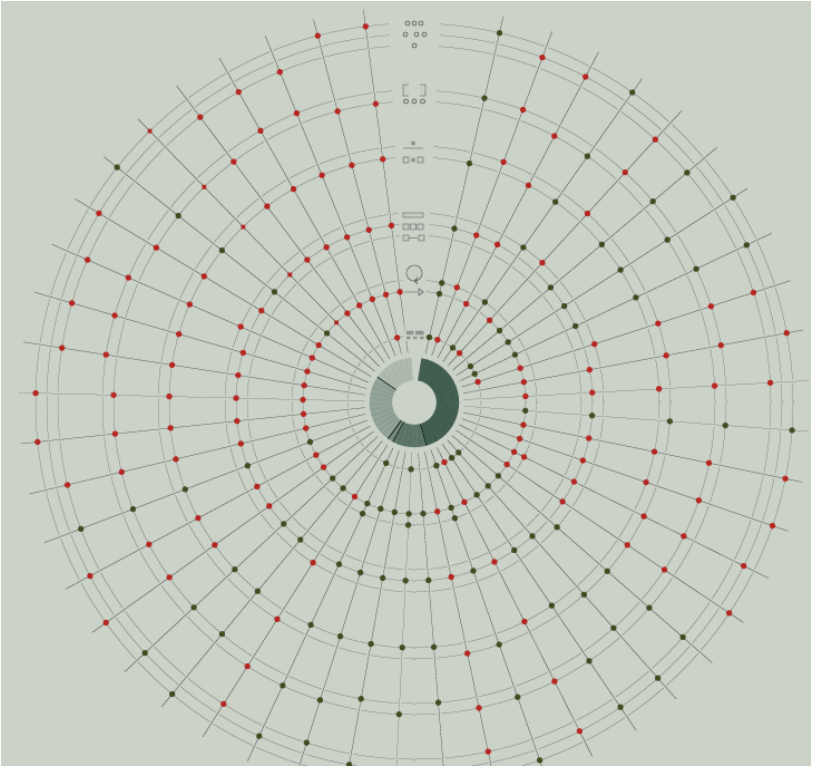
Gauche, surlignement interactif de l'anneau correspondant à la valeur «granularité temporelle multiple » : le nombre de cas concerné est largement minoritaire. Droite, surlignement interactif de l'anneau correspondant à la valeur «temps cyclique » : le nombre de cas concerné est ici aussi largement minoritaire.

Au centre du dispositif se trouve un anneau composé de plusieurs secteurs grisés. Cet anneau correspond au mécanisme de groupement des cas (autrement dit, à la clé de tri dans la collection). L'utilisateur peut choisir des clés de tri différentes (tri par type de service rendu, par type de dynamique spatiale, etc.) afin de repérer des motifs de groupes. On remarque dans l'exemple ci-dessous, où la collection est triée en fonction de la portée temporelle des applications, que les solutions à granularité temporelle multiple (premier anneau à partir du centre) correspondent à des portées temporelles courtes.



Tri des réponses en fonction du critère « portée temporelle » : les différents gris dans l'anneau central identifient des groupes partageant la même valeur.

D'autres motifs émergent comme par exemple le non prise en compte systématique du temps cyclique lorsque la portée spatiale de l'application est globale (figure ci-dessous). Caractéristiques et clés de tri sont complémentés par une troisième information, le type de mapping de la variable temps (i.e. temps représenté par du temps -> cas des animations , ou temps représenté par de l'espace > cas des timelines et autre dispositifs). Cette information est portée par la couleur du point (rouge mapping temps > temps ; vert mapping temps > espace). LA concentration de points rouges dans telle ou telle zone du graphique peut ainsi également aider à identifier des motifs, des « habitudes », et autorise à son tour une lecture de groupes. Dans le cas ci-dessous on remarque une prédominance du vert pour la portée spatiale intermédiaire, une prédominance du rouge pour les portées spatiales supérieures.



Tri des réponses en fonction du critère « portée spatiale » : les différents gris dans l'anneau central identifient des groupes partageant la même valeur.

Comme la précédente, cette visualisation permet enfin de renvoyer l'utilisateur vers le cas cité en sélectionnant une radiale.

Quelques observations et enseignements :

> Sur la modélisation du paramètre temps

- Modèle « temps linéaire » ultra-dominant
- Granularité temporelle multiple très minoritaire
- Raisonnement en temps discret (celui d'un calendrier par exemple) ultra-dominant
- Aucune expérience en temps ordinal (où seul l'ordre est connu) ou en temps continu (éq. Float)
- Raisonnement en temps ancré (dates connues, points dans un calendrier) largement dominant sauf pour les applications orientées analyses de trajectoire, flux
- Pas de motifs émergents (i.e, répartitions équilibrées quelle que soit la clé de tri) entre approche par domaine orienté points et domaine orienté intervalle (indicateur non discriminant).
- Pas de corrélation évidente entre le type de dynamique spatiale analysée et la récurrence des données utilisées (sous-tendrait des méthodes d'acquisition découplées des objectifs de représentation)
Dans l'ensemble, des a priori presque systématiques (temps linéaire, discret, ancré, granularité simple) et des corrélations absentes (Récurrence des données et type de domaine <> dynamiques analysées)

> Sur les regroupements par critère descriptif

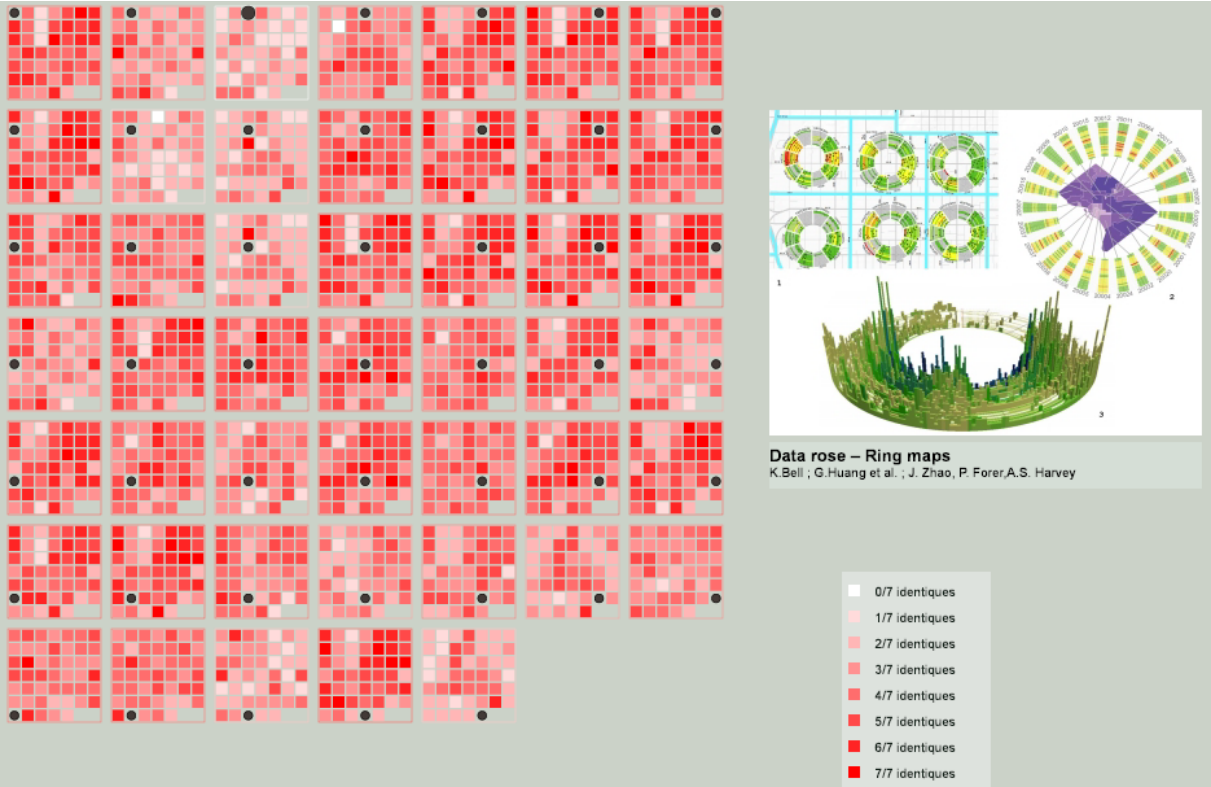
- Majorité d'applications portant sur « états successifs » et « localisation d'évènements ».
- Très peu de solutions combinant des analyses de plusieurs types de dynamiques
- Pratiquement une application sur deux traite de la portée spatiale locale.
- Portée temporelle de l'histoire (temps long) très minoritaire
- Services rendus assez équilibrés, nombre significatif de solutions offrant plusieurs services
- Peu d'intégration de graphiques complémentaires (hors ligne de temps classique) dans la collection

>> Cartes et grilles de cohérence

Dans cette dernière visualisation nous cherchons à mettre en évidence visuellement le degré de variabilité de la collection de cas, autrement dit à évaluer dans quelle mesure les choix faits par les concepteurs des 48 applications (en terme de modélisation comme en terme de représentation) sont les mêmes. Pour chaque application nous mesurons un index de similarité très simple, correspondant au nombre de valeurs communes avec les 47 autres applications (ex : solution interactive ou non, présence d'une animation ou non, même service rendu, etc.). Quatre configurations différentes sont possibles :

- Calcul sur un ensemble combiné d'indicateurs (douze)
- Calcul sur les indicateurs de portée et de granularité (quatre)
- Calcul sur les indicateurs de modalités de représentation (huit)
- Calcul sur les critères temporels seuls (sept)

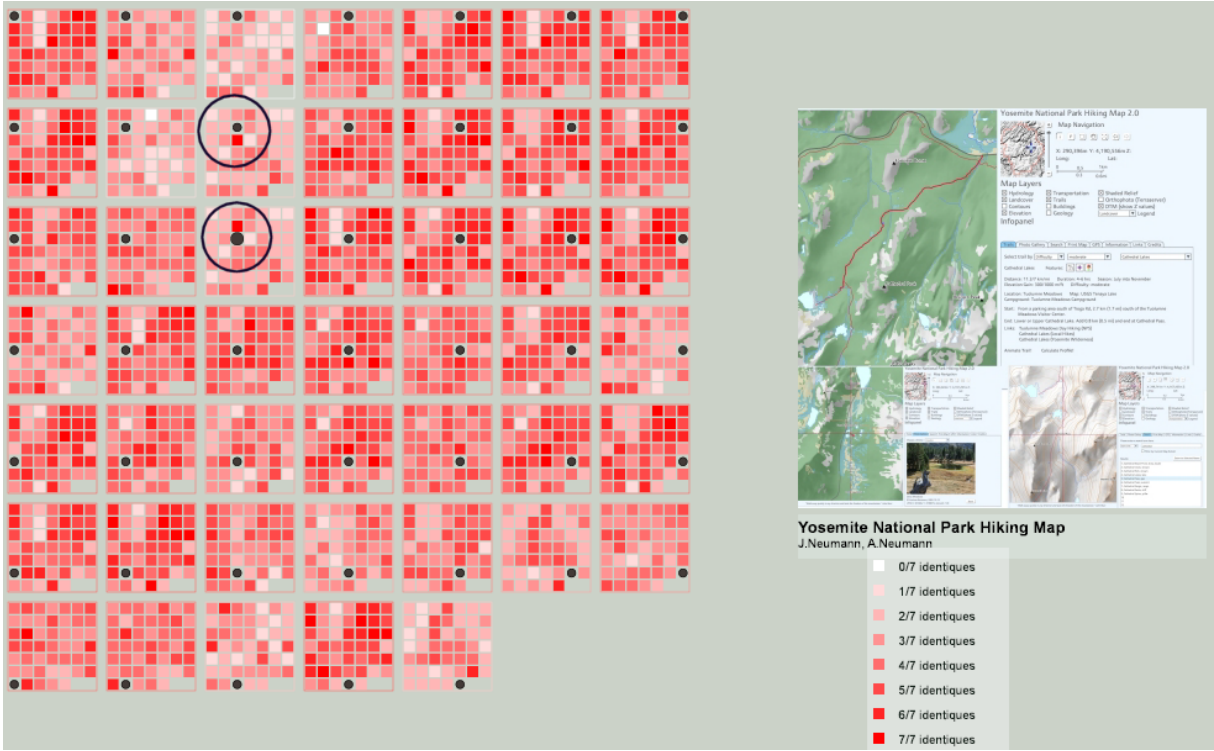
L'index de similarité est alors traduit par une échelle chromatique : plus sa colorisation est intense, plus une application « ressemble » à celle analysée (voir figure ci-dessous). Les valeurs elles-mêmes sont affichées à la requête de l'utilisateur, et l'échelle globale présentée à côté du graphique.



Evaluation visuelle de la cohérence des applications, calcul sur les critères temporels seuls. Chaque carré principal correspond à une application, représentée par un cercle noir dans la grille (ici le cercle noir correspondant à l'application « ring maps » est surligné, la vignette correspondante affichée. A l'intérieur de ces carrés principaux chaque petit carré représente une des 47 autres applications de la collection. La couleur de ces petits carrés indique un nombre de caractères en commun: plus le carré est rouge, plus le nombre de caractères en commun est élevé.
On remarque ici que l'application sélectionnée se distingue assez nettement (peu de rouges intenses).

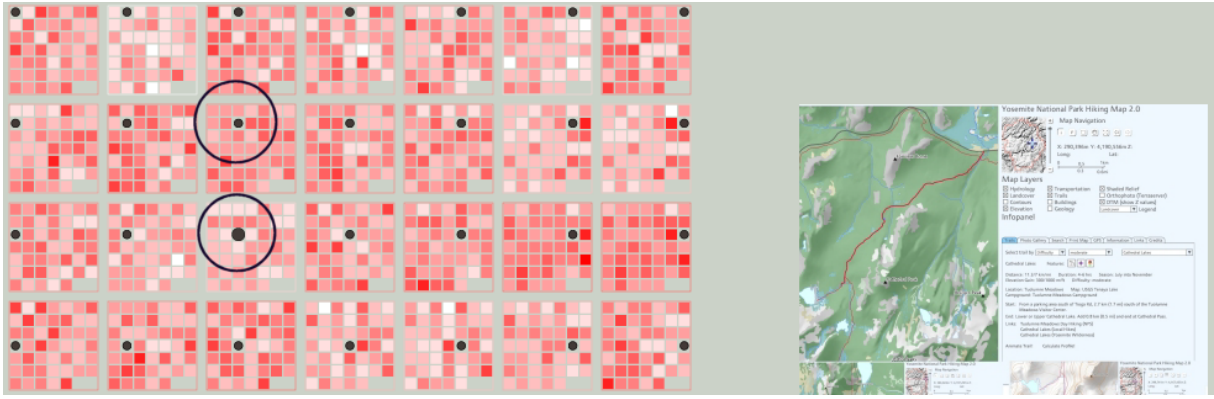
Un tel dispositif visuel a évidemment plusieurs objectifs. Le premier est, pour chaque solution, chaque application, de comprendre dans quelle mesure elle **propose des choix divergents avec le reste de la collection**. Cet aspect prend une grande importance dans un travail d'état de l'art visant à faire émerger des tendances, des potentialités émergentes. Mais il faut bien préciser qu'une application « différente » n'est pas forcément plus innovante, ou porteuse de choix plus originaux à retenir. La visualisation ne fait que pointer des doigt des sortes « d'anomalies » dans la collection. Un travail d'analyse, d'interprétation est nécessaire pour comprendre où si situent les différences (en l'occurrence, sur l'exemple ci-dessus, multi-granualrité, temps cyclique, temps non ancré et mapping original) et dans quelle mesure elles apportent un plus à l'analyste.

Le dispositif visuel permet également **d'identifier des sous-groupes cohérents**, souvent en rapport avec un type de service et d'application. Dans l'exemple ci-dessous on remarque que le carré correspondant au voisin immédiat (un carré au dessus) de l'application sélectionnée est d'un rouge intense, traduisant des choix tout à fait similaires en terme de prise en compte du paramètre temps.



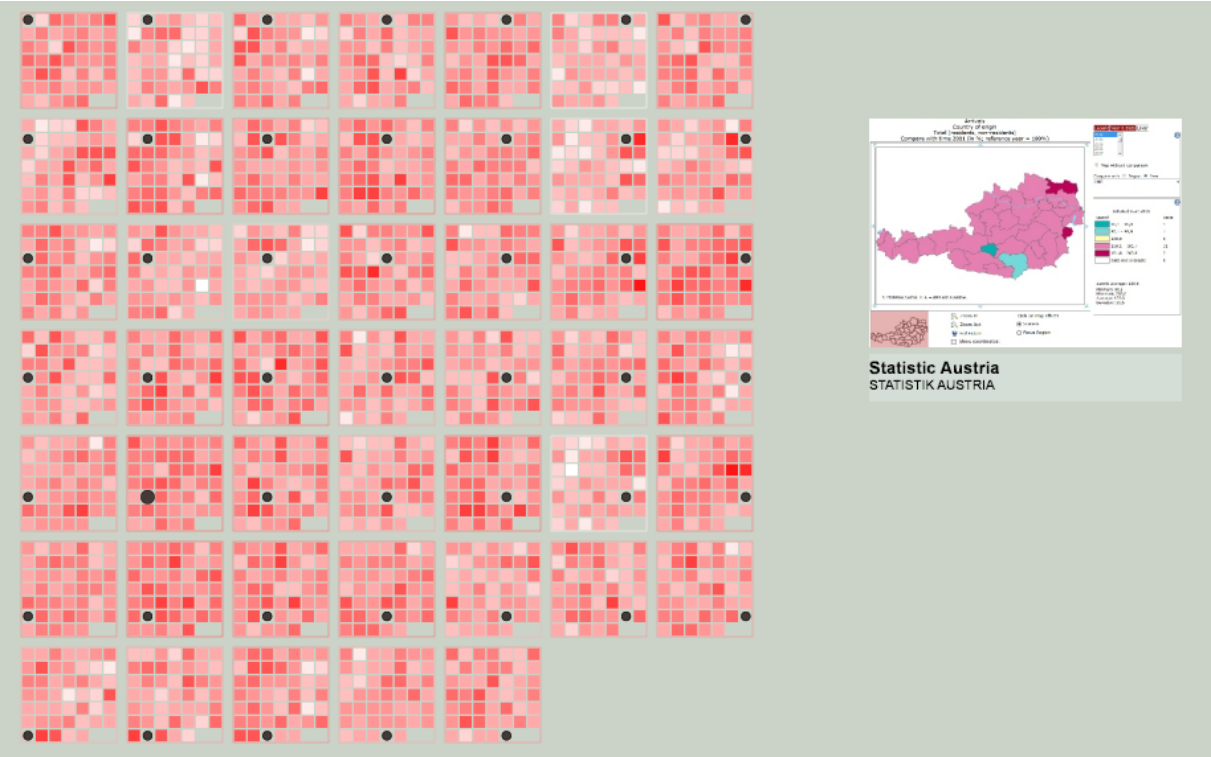
Cerclées en noir, deux applications voisines partageant un ensemble de choix communs sur la façon de prendre en compte le paramètre temps. Ici les deux applications « comparables » sont Yosemite Hiking Map, affichée, et QuickRoute, une application permettant d'exploiter une trace (itinéraire de randonnée en particulier) enregistrée via un GPS – les retrouver ainsi côté à côte est plutôt attendu, et d'une certaine manière valide l'efficacité de la grille de lecture.

Cela ne veut pas dire pour autant que ces deux applications se « ressemblent » : sur d'autres critères des choix opposés ou différents peuvent avoir été faits, et c'est ici le cas en terme de modalités de représentation.



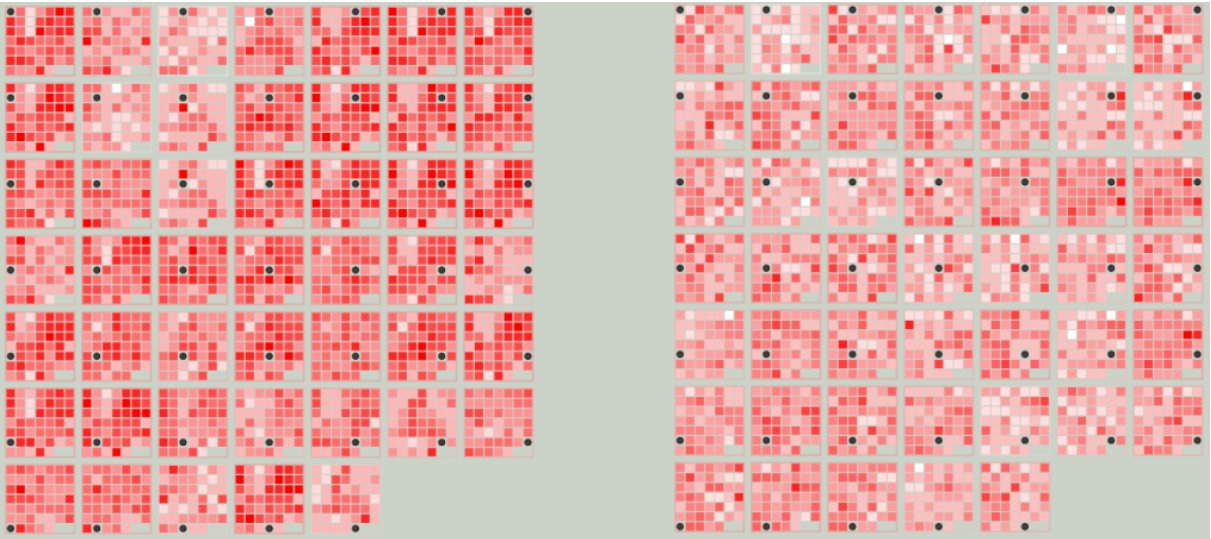
Cerclées en noir, les deux mêmes applications que dans la figure précédente, cette fois-ci comparées du point de vue des choix de modalités de représentation. Ici des divergences plus nettes apparaissent (plus de rouge intense, mais un rose moyen), permettant ainsi de mieux évaluer la variabilité de la collection et in fine de vérifier si il y a dans cette collection des applications « clones ».

Le dispositif visuel permet donc une lecture assez fine des caractéristiques d'une application par rapport aux autres, mais il permet également de lire la collection dans son ensemble. Un premier service rendu est la mise en évidence de tendances générales. L'exemple ci-dessous en illustre une : une application « type » croise cartographie et statistique.



Carte de cohérence sur un ensemble combiné de douze indicateurs

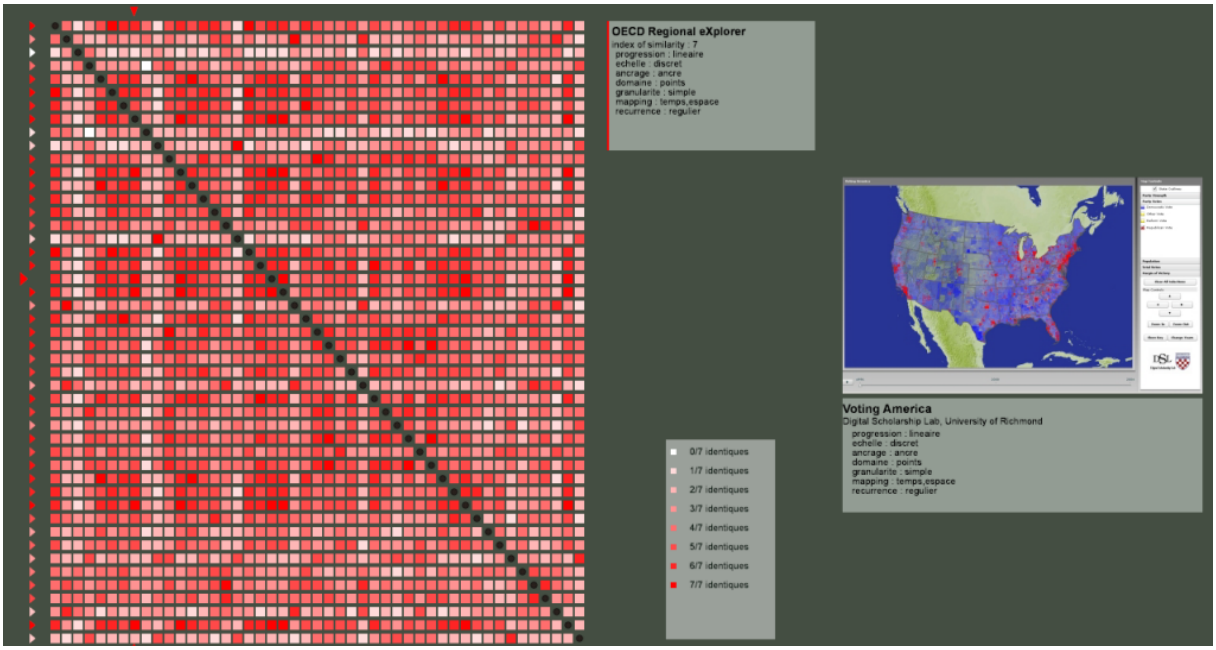
Mais un autre service, peut-être plus important, est rendu : dans la figure ci-dessous nous comparons les cartes obtenues pour les critères temporels (gauche) et les indicateurs de choix de modalités de représentation (droite). Il faut préciser que les nombres de valeurs, et donc les échelles de rouge, sont ici proches (7 à gauche et 8 à droite) : la comparaison n'est donc pas faussée par des échelles trop différentes. On voit ici se dégager de clairs enseignements sur la collection de cas. A gauche (critères temporels seuls) la collection apparaît comme majoritairement cohérente : les rouges intenses dominent, traduisant une prise en compte assez similaire du paramètre temps de cas en cas, avec quelques exceptions comme (ligne 1, colonne 3) les « ringmaps » déjà cité plus haut.



Cartes de cohérence comparées, à gauche critères temporels seuls, à droite modalités de représentation

Autrement dit, cette visualisation traduit une sorte de consensus implicite sur la façon dont doit être modélisée la dimension temporelle d'une dynamique, point qui mérite débat. Au contraire, à droite, les modalités de représentation apparaissent comme plus variées (peu de rouges intenses, une majorité de roses moyens), traduisant un effort d'expérimentation de solutions alternatives plus important.
Par ailleurs, comme les précédentes, cette visualisation permet de renvoyer l'utilisateur vers le cas cité en sélectionnant ici les points noirs.

Partant du même principe - index de similarité est alors traduit par une échelle chromatique- une seconde visualisation est proposée qui cette fois présente la collection sous forme de grille. Une ligne très « rouge » va traduire une application se différenciant très peu de la collection, une ligne très « blanche » le contraire.



Grille de cohérence, sur les sels critères temporels.
Chaque ligne correspond à une application, puis chaque petit carré sur la ligne (donc chaque colonne) représente une des autres applications de la collection. La couleur de ces petits carrés indique un nombre de caractères en commun: plus le carré est rouge, plus le nombre de caractères en commun est élevé. L'application sélectionnée ici, « voting America » (petit triangle rouge décalé dans la colonne de gauche), apparaît comme « typique » de la façon dont le temps est prise en compte dans la collection de cas. L'utilisateur peut interactivement mettre en comparaison l'application sélectionnée et chaque item de la ligne (ici, comparaison avec OECD explorer, triangle rouge au dessus des colonnes, fortement semblable).

Cette visualisation complète la précédente en permettant une comparaison terme à terme entre deux applications sélectionnées interactivement par l'utilisateur.

Quelques observations et enseignements :

- Peu de choix divergents au sein de la collection
- Un effort d'expérimentation de solutions alternatives plus important sur les choix de modalités de représentation.
- Une variabilité maximale des applications sur les critères portée et granularité (plus liés aux données qu'aux choix de modélisation).
- Des cohérences entre applications souvent liées à un même service attendu
- Un « modèle type » basé sur de la cartographie animée

Dans l'ensemble, une ensemble de solutions assez homogènes, traduisant des a priori presque systématiques en terme de prise en compte de la dimension temporelle, ensemble duquel émerge une « application modèle » privilégiant un double transfert temps > temps et temps >espace (animation par curseur) et une représentation cartographique.