

Les pratiques de cartographie animée pour représenter le changement

par : [Claire Cunty](#), [Hélène Mathian](#) et [Groupe Cartomouv](#)

Mots-clés : [cartographie animée](#), [cartographie dynamique](#), [changement](#), [dynamiques spatio-temporelles](#), [géovisualisation](#)

La production d'animations cartographiques est en pleine croissance sur le web : animations et cartographies dynamiques apparaissent particulièrement adaptées pour représenter des phénomènes spatio-temporels. Cette production semble se faire sans règle de construction établie comme le sont les règles de sémiologie graphique pour les cartes statiques. Dans le but d'identifier les choix de représentation cartographique de repérer d'éventuelles caractéristiques communes, cet article propose une grille de lecture pour explorer les pratiques de conception de cartographies sur le web. Les catégories de la grille sont tout d'abord présentées, illustrées par un corpus de sites diversifié pour ensuite proposer une première vue synthétique de cette diversité.

Animated cartography in the representation of change

Abstract: Animated maps have widely developed on the Web; animated maps are particularly suited for the representation of spatial and temporal phenomena. The production seems to follow no set rules, contrary to graphic semiology for static maps. In order to identify the choices made in cartographic representation and perhaps to find common characteristics, this article offers an interpretative framework to explore the conception of Web based maps. It starts with a presentation of the framework's categories, illustrated by a corpus of diversified sites. Then, a summary is provided of this diversity.

Key Words: dynamic cartography, animated cartography, geo-visualisation, changes, spatio-temporal dynamics

Cartografías dinámicas o animadas para representar el cambio

Resumen: las cartografía dinámicas o animadas están floreciendo en la web por ser idóneas para la representación de los fenómenos espacio-temporales. Estas representaciones parece que no siguen las reglas establecidas por la semiología gráfica para los mapas estáticos. Por ello, y con el objetivo de identificar sus principios cartográficos, este artículo propone su categorización y sistematización analizando la concepción del diseño de este tipo de mapas temáticos en la web. A partir de distintos ejemplos se ofrece una primera exploración empírica de la diversidad y formalización teórica de estas tipologías.

Palabras clave: cartografía dinámica, cartografía animada, geovisualización, cambios, dinámicas espacio-temporales

Le groupe Cartomouv¹ est un axe de recherche rattaché à l'UMR Géographie-cités. Il était composé, lors de l'étude, de cartographes et géographes, ingénieurs et chercheurs : Françoise Bahoken (UMR Géographie-cités, Paris), Maher Ben Rebah, Annabelle Boffet Mas (CEDETE, Orléans), Claire Cunty (UMR Environnement, Ville, Société, Lyon), Antoine Fleury (UMR Géographie-cités, Paris), Nicolas Lambert (UMS RIATE, Paris), Liliane Lizzi (UMR Géographie-cités, Paris), Hélène Mathian (UMR Géographie-cités, Paris), Antonine Ribardièrè (UMR

Introduction

Le web constitue un des vecteurs privilégiés de diffusion et de banalisation des représentations cartographiques. Le support numérique offre des possibilités d'animation et d'interactivité qui sont intégrées à la conception de ces représentations cartographiques, comme elles le sont dans la production de l'ensemble du contenu destiné au web. Parmi ces images cartographiques désormais omniprésentes, les simples animations côtoient les expérimentations les plus abouties. Cette production semble cependant se faire sans règles de construction établies comme le sont les règles de sémiologie graphique pour les cartes statiques.

C'est certainement dans le domaine de la visualisation de données spatio-temporelles que ces nouvelles représentations cartographiques ont été fréquemment créées, l'intégration de l'animation dans la conception de l'image cartographique multipliant les possibilités de représentations du changement dans le temps et/ou dans l'espace (DiBiase *et al.*, 1992 ; Peterson, 1994 ; MacEachren, 1995 ; Peuquet, 2002). Parallèlement, depuis une vingtaine d'années, sous l'impulsion du développement des systèmes d'information géographique, l'information spatio-temporelle et la modélisation des dynamiques spatiales ont donné lieu à des développements formels féconds (Langran, 1992 ; Cheylan, Lardon, 1993 ; Claramunt *et al.*, 1997; Andrienko, 2006) susceptibles de constituer le socle d'une analyse de la production cartographique actuelle.

L'objectif de cet article est de proposer une lecture de la production sur le web de représentations cartographiques de dynamiques spatiales. L'enjeu est d'identifier les choix cartographiques qui sont faits, d'en repérer la diversité et la manière dont ils s'associent aux outils d'animation ou d'interactivité. Cela constitue une première étape d'une démarche très empirique : cette lecture s'appuie sur une grille intégrant des critères d'évaluation des choix faits depuis l'observation des phénomènes jusqu'à leur représentation cartographique. Elle n'intègre ni les choix ergonomiques ni ceux de design bien qu'ils soient étroitement imbriqués dans les choix de représentation. La prise en compte de ces aspects aurait nécessité de mettre en œuvre des mesures d'évaluation relevant plus du champ de la perception et de la cognition dépassant largement notre objectif.

Dans une première partie, nous présentons le corpus analysé et la formalisation de la grille de lecture dont il fait l'objet. Ensuite deux éclairages sont présentés : l'analyse de la manière dont l'animation sous-tend la représentation du changement ; l'analyse de la manière dont le temps est formalisé et son lien avec la représentation du changement. Ces deux éclairages donnent lieu à une synthèse entre les types de changement et les scénarisations réalisées.

Lire les visualisations des phénomènes temporels sur le web

Pour apprécier la diversité des pratiques cartographiques sur le web, un corpus de sites internet touchant à des domaines variés choisis dans l'abondante production disponible sur la toile, a été constitué. À l'instar des études menées sur des sites dédiés à des domaines spécifiques comme celui des collectivités territoriales (Caron, 2005) ou des risques (Valorge, 2010), il s'agit de lire la production cartographique au prisme de catégories formelles et de décrire les pratiques contemporaines.

Méthodologie

L'analyse qui est proposée se nourrit de l'expérience du groupe de recherche Cartomouv qui a fonctionné entre 2006 et 2010. L'objet de ce groupe était d'avoir une réflexion épistémologique sur la production de cartographies sur le changement ou le mouvement. L'analyse s'appuie donc sur un ensemble de travaux : d'une part, des exemples produits par le groupe [Cartomouv](#) ou dans le cadre d'enseignements, d'autre part un

corpus de sites constitué par l'ensemble des auteurs, au gré de leurs recherches sur internet, pour lesquels les protocoles de recherches ont été variés (par mots clés, par identification au cours d'autres recherches...). S'il n'est certes pas possible d'en évaluer la représentativité, cette conjugaison de protocoles différents a donné lieu simultanément à des récurrences (sites repérés souvent) et à des listes spécifiques, garantissant le fait d'avoir à la fois des sites très visibles et des sites plus périphériques. L'ensemble ainsi constitué est sans *a priori*, il constitue une sorte de collection exemplaire qui va permettre d'évaluer les pratiques. Au total, ce corpus se compose d'une soixantaine de sites internet² qui donnent à voir des dynamiques spatiales à l'aide soit des cartes **animées** (plus de 25% du corpus), soit des cartes **interactives** (moins de 10%), soit des cartes **animées et interactives** (plus de 65% de cas). Les sites sont identifiés par un code thématique donnant le domaine auquel sont rattachées ces animations. Ce code correspond à une catégorisation *a priori* et sera utilisé à titre illustratif dans la dernière partie.

L'ensemble du corpus se rattache à des domaines variés (**tableau 1**). Parmi les domaines répertoriés, l'Histoire compose près du tiers du corpus (21 sur 59). Illustrant la diversité des thématiques abordées par les sites du corpus, les deux autres tiers se répartissent entre huit autres thèmes qui ont pu être identifiés. Cette surreprésentation du domaine de l'Histoire reflète le fait qu'il s'agit d'un domaine très concerné par les représentations de phénomènes temporels. Les plus nombreux, ils sont aussi les plus divers tant dans les durées représentées (d'une journée de bataille à plusieurs siècles d'une histoire nationale), les types de changement qu'ils observent (des armées en mouvement, des pays qui se recomposent, qui subissent des changements géopolitiques, etc.) et bien entendu leurs partis pris cartographiques.

Histoire	Environnement	Climatologie	Société	Urbain	Transport	Démographie	Sport / culture	NTIC
21	8	8	5	3	4	5	3	2

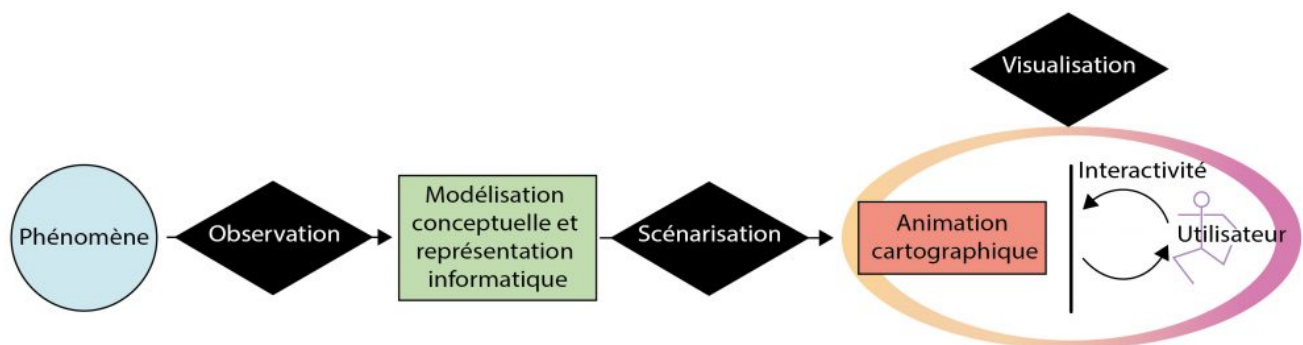
Conception et réalisation : C. Cunty, H. Mathian & Groupe Cartomouv

M@ppemonde, 2017

Tableau 1. Distribution des sites par domaine.

La première étape de l'analyse a consisté à élaborer la grille permettant de caractériser de manière systématique les sites et de comparer les pratiques.

Cette grille est ancrée sur les étapes composant une production cartographique. Comme l'illustre la **figure 1**, la visualisation est le résultat de choix de scénarisations appliqués aux objets identifiés dans l'étape de modélisation conceptuelle du phénomène observé. Nous nous sommes attachés à caractériser ces choix et à les analyser en fonction du type de changement à visualiser. De manière générique, nous nous permettons de faire ici l'analogie entre le phénomène et le changement, puisque les développements que nous analysons ciblent spécifiquement le changement sans lequel il n'y aurait pas de visualisation.



Conception et réalisation : C. Cunty, H. Mathian & Groupe Cartomouv

M@ppemonde, 2017

La modélisation conceptuelle permet de définir les objets et leurs propriétés d'un point de vue générique, ainsi que le type de changement qui s'applique à eux. La comparaison des pratiques de visualisation se fonde sur cette catégorisation. En effet, comment comparer *a priori* l'avancée d'un cyclone et celle d'une armée, si ce n'est en repassant par une abstraction qui permet de définir de manière générique les objets et les processus ? Cette décomposition en objets et processus nécessite de définir un point de vue, celui de la résolution à laquelle le phénomène est pensé : une armée qui se déplace est-elle vue comme un ensemble d'entités « individus » en mouvement, ou une seule entité « groupe » en mouvement ? Ces questions font écho à de nombreux travaux dans le domaine de la modélisation des données spatio-temporelles (Hägerstrand, 1970 ; Harrower *et al.*, 1999 ; Langran, 1992 ; Cheylan, Lardon, 1993 ; Peuquet, 1994 ; Claramunt *et al.*, 1997). Ces travaux ont, entre autres, permis de dresser des catégorisations du changement sur lesquelles nous nous sommes fondés pour définir l'objet du changement.

Définir le changement

Nous nous intéressons donc, dans cette partie, à l'étape qui consiste à identifier la résolution, les entités et l'objet du changement.

La résolution du changement

Pour décrire la visualisation *a posteriori*, en fonction de catégories du changement, il est nécessaire d'identifier la résolution pertinente pour l'analyse du changement. La difficulté vient du fait que la résolution qui a du sens pour le changement ne correspond pas forcément au niveau élémentaire d'observation. Par exemple, une animation d'images satellitaires pour le suivi d'un ouragan ([Clim42](#)) donne à voir des masses nuageuses animées. Le niveau élémentaire est le pixel, mais l'objet qui est suivi est bien la masse nuageuse. Selon le point de vue adopté, la description du changement ne sera pas la même. Si on adopte un point de vue proche des données, alors l'entité élémentaire est le pixel, et le changement se décrit par le fait que ce sont les valeurs des pixels qui changent au cours du temps. Si l'on adopte, au contraire, un point de vue proche du phénomène alors, par composition des valeurs des pixels, on peut identifier des contours d'un objet, l'ouragan, qui se déforme et se déplace. On retrouve dans ce cas la différenciation entre une approche « champs » dans le premier cas et une approche « objet » dans le deuxième. Cette différenciation est bien connue dans le domaine de la modélisation et la conception des systèmes d'information géographique (Couclelis, 1992).

Nous nous situons ici dans une perspective de visualisation du phénomène et non dans celle de la gestion de l'information. Les catégories du changement seront donc utilisées pour décrire les sites selon le point de vue du phénomène représenté, c'est-à-dire selon une approche *objet*, quelle que soit l'approche sous-jacente aux données (*champ/continu* ou *objet/discret*). La définition de la résolution de lecture du changement relève ici d'un choix permettant une description cohérente de l'ensemble des sites.

L'objet du changement : identité, géométrie, attribut

Reprenant une catégorisation faisant consensus dans le domaine de la modélisation conceptuelle des bases de données spatio-temporelles (Langran, 1992 ; Cheylan, Lardon, 1993 ; Cheylan, 2007), les objets ou entités spatiales sont décrits relativement à trois composantes : leur identité et leurs propriétés ou caractéristiques, en différenciant la partie géométrique de la partie sémantique. On cherche ici à décrire le changement par une catégorisation portant sur les caractéristiques de l'objet seulement, et non sur les procédés visuels utilisés pour le représenter.

Le changement d'un objet se décline en fonction de ses différentes caractéristiques affectées, à savoir :

- l'identité : le changement d'identité concerne soit l'existence même d'un objet (apparition/disparition) ([Soc61](#)), soit sa généalogie (par exemple, l'annexion d'un pays) ([Hist19](#)). Ce type de changement concerne presque la moitié des sites (44%), le plus souvent, lorsqu'il s'agit de cartographies d'inventaires, comme celle des localisations d'espèces, par exemple ([Env18](#)) ;
- la géométrie : le changement géométrique correspond soit à la déformation (changement de forme) ([Hist7](#)), soit au déplacement de l'objet dans l'espace (changement de localisation, c'est-à-dire le mouvement). Ce peut être un mouvement absolu ([Sport74](#)), mais aussi un mouvement relatif, lié à la déformation de l'espace et mettant ainsi en évidence des changements d'espacement, comme dans le cas de la représentation des accessibilités relatives ([Trs4](#)) ;
- la sémantique : le changement porte sur les attributs sémantiques qui décrivent l'objet géographique; ce peut être une évolution (attribut quantitatif comme la densité ou le pourcentage d'une catégorie de population) ([Env36](#)), ou une mutation (attribut qualitatif comme un régime politique) ([Hist25](#) , [Hist32](#)). Une grande majorité des sites est concernée par l'une et/ou l'autre de ces modalités de changement (65%).

Le changement peut porter simultanément sur plusieurs catégories, et même sur plusieurs modalités d'une même catégorie. Par exemple, un nuage apparaît, se déforme et se déplace, il peut fusionner avec d'autres, un cumulus peut se transformer en cumulonimbus, etc. Il s'agit, à partir d'une telle observation, d'identifier, selon le point de vue choisi, sur quelles caractéristiques porte le changement, et celles-ci ne s'excluent pas les unes les autres. Les sites analysés reflètent cette diversité de combinaisons, et on trouve à parts égales chacune de ces catégories.

Changement de l'espace et changement sur l'espace

Les choix qui sont faits à cette étape de formalisation reflètent le point de vue qui est choisi pour représenter un phénomène. Par exemple, pour montrer l'évolution d'un phénomène de gentrification ([Soc75](#)), on peut faire le choix de représenter le phénomène en utilisant la métaphore du *front* qui se déplace. L'objet géographique est alors une ligne, et l'objet du changement est géométrique. Il touche à la fois la forme et la localisation. L'espace est alors support du changement qui est un mouvement. On peut aussi décider de partir d'un maillage territorial, des quartiers par exemple, et c'est alors la caractéristique sémantique de chacune des mailles qui change. Le changement porte sur les entités élémentaires (les quartiers) et l'objet du changement touche la sémantique de ces entités (valeur ou état). Dans ce cas, l'espace est l'objet du changement.

L'animation pour visualiser le changement

On observe l'utilisation de différents types de visualisations pour représenter le changement. Pour décrire ces visualisations, nous allons mobiliser des catégories théoriques, telles que les variables visuelles, et des catégories observées d'animation. Nous analyserons ensuite comment les différents types de changement décrits au paragraphe précédent s'associent à ces différentes visualisations, révélant différents choix de scénarisation.

Les composantes de la visualisation animée

La description des choix faits pour la visualisation du changement des entités distingue les moyens utilisés pour l'animation des entités d'une part, l'animation des variables visuelles d'autre part.

L'animation des entités

L'animation des entités donne lieu à trois visualisations différentes: le changement de localisation ([Hist9](#)), la déformation ([Urb58](#)) et la création/disparition ([Env14](#)). Le corpus analysé présente évidemment une forte

utilisation de ces animations, avec environ la même intensité pour chacune des composantes prises une par une (la création/disparition est légèrement plus utilisée). Dans 10% des cas, la localisation et la déformation sont utilisées conjointement ([Clim42](#)).

Ces visualisations animées sont parfois complétées par un effet visuel tel que la « trace » assurant la persistance graphique évoquée par Jean-Paul Cheylan (2007). Seul le changement de localisation est animé « avec trace ». Cela correspond aux animations d'entités mobiles : l'animation porte sur l'objet et le dessin du chemin emprunté vient figer la trajectoire en fin d'animation, revenant alors à des outillages utilisés dans une cartographie statique ([Hist23](#)).

L'animation des variables visuelles

En ce qui concerne les variables visuelles définies par Jacques Bertin (1967), quatre modes de visualisation sont définis :

- *simplement* : lorsque la variable visuelle est utilisée de la même manière que dans une carte statique et qu'elle ne change pas au cours du temps. Il s'agit par exemple de l'utilisation de la variable visuelle couleur pour différencier les troupes en fonction de leur camp ([Hist24](#)), l'animation porte alors sur autre chose (localisation, forme) ;
- *avec effet* : lorsqu'un effet visuel est appliqué au figuré sans modifier l'aspect de la variable visuelle, comme le clignotement par exemple, la variable est dite « avec effet » ([Hist51](#)). Parmi les effets observés, on citera : la surbrillance, le clignotement, l'ombrage, la trace visuelle ;
- *avec animation* : lorsqu'une variable visuelle est mobilisée et qu'elle évolue dans le temps comme, par exemple, la variable « valeur » pour rendre compte de l'évolution de la densité, elle sera dite utilisée « animée sans effet » ([Soc 40](#)) ;
- *avec animation et effet* : lorsqu'un effet visuel vient renforcer l'utilisation de la variable visuelle lors de l'animation. Par exemple, un changement d'état se traduit par un changement de couleur avec dégradé dynamique ([Hist7](#)).

Les sept variables visuelles ont été analysées selon trois modalités simplifiées : *non utilisée, utilisée simplement, utilisée avec effet et/ou animation* (**tableau 2**).

Utilisation variable visuelle	Taille	Valeur	Couleur / teinte	Forme	Texture / Structure	Orientation
Utilisée simplement						
Utilisée avec animation et/ou effet						



Part des sites concernés par le type d'utilisation de chaque variable visuelle, (gris foncé) dans le nombre total de sites (gris clair)

Cette première synthèse est en cohérence avec les caractéristiques déjà identifiées par Jacques Bertin (1967), d'efficacité et de sélectivité des variables visuelles : la variable couleur/teinte est très majoritairement utilisée, la taille, la valeur et la forme le sont également. Ces résultats semblent montrer que l'animation s'appuie avant tout sur des pratiques classiques.

Objets du changement et animation cartographique

Pour cibler la question de la scénarisation, ces différentes pratiques d'animation des entités et d'utilisation de la sémiologie (variables visuelles) sont à confronter aux différents objets du changement afin d'évaluer la diversité des associations et leurs formes.

Cette question a donné lieu à une analyse multivariée³ du tableau décrivant l'ensemble des sites par les différentes modalités associées aux catégories d'objet du changement, et les modalités de visualisation. Cette analyse fait apparaître une structure très différenciée d'association⁴ entre les modes d'utilisation de l'animation cartographique et des combinaisons spécifiques de modalités associées à l'objet du changement (**figure 2**). Le premier plan factoriel rend compte d'une différenciation entre trois types de visualisations : la première s'attache à différencier les visualisations qui concernent les « changements de l'espace » (changement thématique qualitatif ou quantitatif) des visualisations de « changements sur l'espace » (déformations et mouvements). Cette deuxième catégorie se divise en deux autres sous-groupes :

- les visualisations d'« objets en mouvement » comme les trajectoires de trimarans ([Sport53](#)), ou des croisés ([Hist23](#)) ;
- et les « masses ou zones mobiles » en déformation, comme l'extension des inondations suite au cyclone Katrina ([Env70](#)) ou l'étendue du royaume Khmer ([Hist20](#)).

Ces différenciations font bien référence au point de vue qui est pris pour l'interprétation du phénomène qui doit être visualisé.

Pour illustrer ces différenciations, prenons l'exemple du changement de statut politique de territoires. Dans le cas de la construction européenne ([Hist32](#)), ce qui change est, au niveau des pays, l'appartenance ou non à une organisation européenne. Il s'agit d'un changement de l'espace. Si ce changement est lié à des invasions, comme c'est le cas en Europe en des temps plus anciens, la représentation s'appuiera sur une formalisation d'objets en mouvement comme une armée, symbolisant un événement ponctuel ([Hist22](#)). Mais le choix peut être aussi fait d'inscrire cet événement comme un changement durable marquant le territoire et d'associer à ces invasions une représentation géométrique qui se déforme au gré des territoires conquis ([Hist7](#)), ou encore un mélange des deux solutions ([Hist21](#)). Dans les deux cas, on dira qu'il y a « changement sur l'espace ».

Cette différenciation entre les trois groupes peut aussi être analysée relativement aux associations avec les modalités de visualisation : le fait que ces trois groupes apparaissent aussi nettement illustre aussi le fait que l'on observe des grandes régularités dans la construction des différentes animations s'appuyant sur des choix sémiologiques distincts. Certaines de ces associations sont évidentes, comme celles entre « les changements sur l'espace » et l'animation des entités (changement de localisation, déformation, apparition/disparition) (Mullaw, 2008). En revanche, il est à noter que l'animation des entités n'est pas du tout utilisée pour « les changements de l'espace », dans ce cas, c'est l'animation des variables visuelles qui prend le relais. On retrouve aussi d'autres associations évidentes, illustrant le fait que l'animation utilise des procédés graphiques reposant essentiellement sur des variables visuelles classiques. Seuls quelques effets graphiques animés viennent innover et renforcer leurs portées. Ainsi, les *évolutions* (changements quantitatifs) sont surtout représentées par des variations de *tailles* et de *valeurs*, et elles sont exclusivement utilisées pour la visualisation de « changements de l'espace ». Les représentations de *mutations* (changements qualitatifs) se font, quant à elles, par des variations de *couleurs*, mais aussi de *formes*, qu'elles partagent avec la scénarisation des mouvements. Les effets graphiques animés viennent aussi prendre le relais d'utilisations plus complexes des variables visuelles, ne serait-ce que la combinaison des variables visuelles entre elles (taille et couleur par exemple).

Ces constats viennent renforcer l'idée que l'usage de l'animation pour visualiser « le changement de l'espace » est très rationnel et descriptif. L'animation est avant tout utilisée pour « dérouler » le temps ; elle est

finaleme nt plus rarement utilisée comme moyen sémiologique (comme l'animation de formes pour attirer l'œil sur le changement) ou pour servir des métaphores (comme l'animation d'anamorphoses).

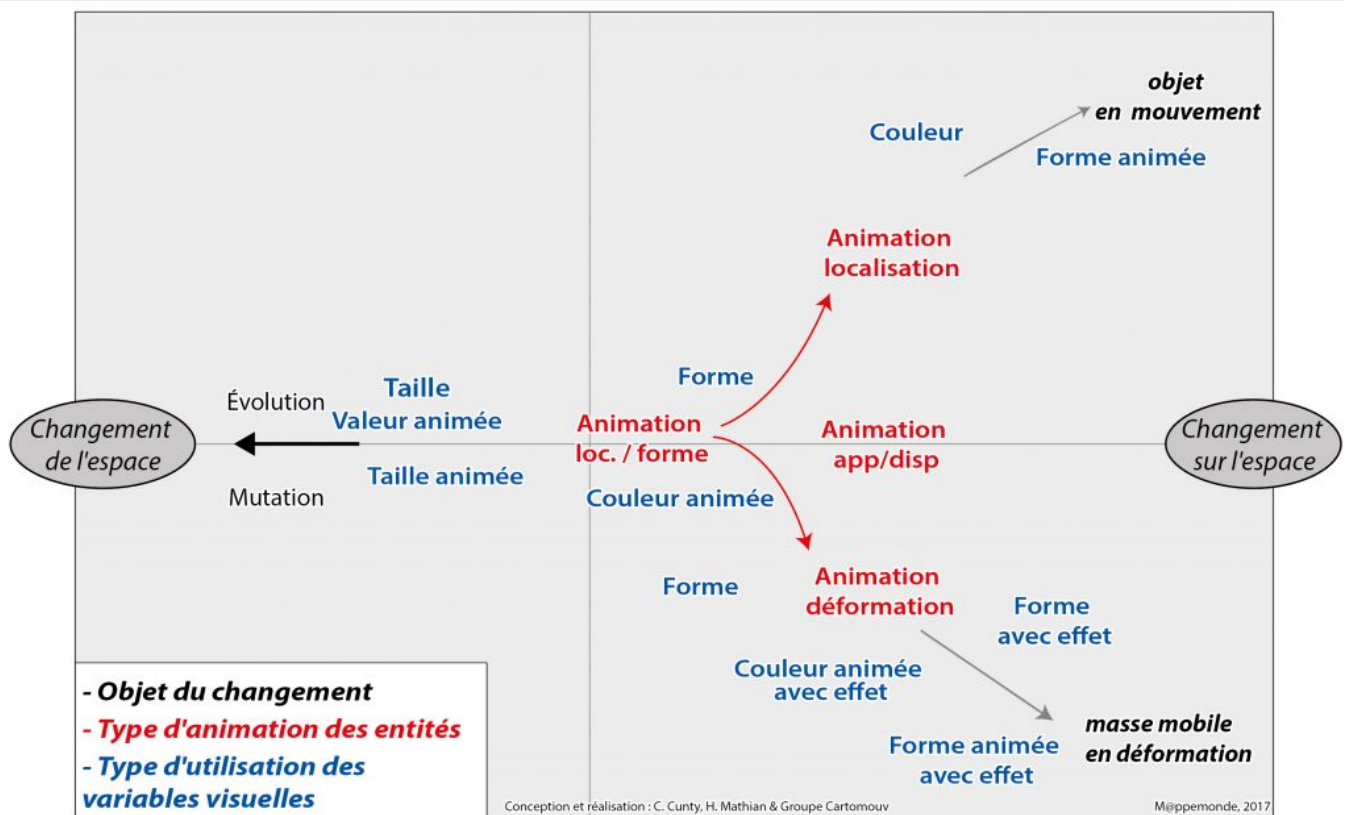


Figure 2. « Objet du changement » et modes d'animation.
(Structure issue du premier plan factoriel d'une ACM)

Les proximités des modalités sur le graphique reflètent des associations observées. Par exemple, pour exprimer un changement sur l'espace, l'animation de la localisation est le plus souvent associée à l'utilisation des variables couleur et forme (cette dernière étant animée).

Dans le cas du « changement sur l'espace », l'animation des variables visuelles se combine à l'animation des entités. Les procédés graphiques, animés, viennent appuyer des procédés cartographiques classiques, tout en apportant un point de vue différent. Prenons l'exemple d'un mouvement auquel vont s'associer des illustrations d'itinéraires ou de trajectoires, souvent via la visualisation d'une flèche. Soit on observe alors un objet mobile qui se déplace sur un itinéraire déjà existant (Hist9) : on connaît la trajectoire *a priori* et on assiste à une sorte de répétition de cet itinéraire. Soit on observe un point mobile, sans *a priori* sur son itinéraire, celui-ci se traçant au fur et à mesure (Hist23). Ce peut être aussi une flèche qui s'allonge au fur et à mesure du déplacement marquant l'itinéraire emprunté (Sport53 ou Hist22) : dans ce cas, l'itinéraire n'est pas connu *a priori* et il apparaît comme une trace de ce déplacement, que l'observateur pourra ensuite comparer avec d'autres itinéraires.

Dans ce cas aussi, outre le fait que l'animation est ici très appropriée pour représenter les objets mobiles, on trouve peu d'utilisations cartographiques innovantes. Par exemple, que l'itinéraire soit connu *a priori* ou découvert au fur et à mesure, à la fin de l'animation on garde uniquement la trace, traitée comme un symbole, alors qu'elle pourrait être vue comme une juxtaposition de tronçons pouvant porter une autre information comme, par exemple, la vitesse.

De manière caricaturale, l'animation sert en premier lieu à rendre compte de l'évolution : on peut alors s'interroger sur les innovations cartographiques que portent les cartographies animées, mais aussi sur le risque qu'elles comportent de desservir l'originalité qu'offre la recherche des combinaisons de variables visuelles.

L'enjeu de cette première étude des associations entre catégories de représentations, inscrite dans une démarche empirique, est justement de pouvoir ouvrir, comme il vient d'être fait, sur des questions de dimensions cognitives de ces représentations.

La formalisation du temps dans les animations

Nous avons jusqu'alors parlé de changement et d'animation sans évoquer le temps. Le temps est, à l'évidence, une dimension essentielle dont nous avons tout d'abord analysé les formalisations, puis nous l'avons confrontée aux catégories de changements formalisés.

La description des composantes du temps

À partir d'un temps conventionnel et mesuré dans un référentiel universel (appelé « temps réel »), des observations sont faites, sont datées et peuvent être enregistrées (« temps observé ») soit en continu (très rarement), soit à certains « instants » réguliers, ou encore irréguliers, mais pertinents pour l'analyse du phénomène. Par exemple, dans les 24 heures d'une journée (temps réel), la température sera relevée toutes les heures (temps observé).

Dans la grille d'analyse de la production, la description du temps est faite selon deux caractéristiques qui ont des implications sur la visualisation du phénomène : le caractère régulier, ou non, du temps observé et son caractère cyclique ou linéaire. Cette description a été faite à partir de la légende temporelle qui parfois symbolise très précisément le temps observé ([Hist20](#)), et le cas échéant sur l'apparition de changements dans l'animation.

Temps et rythmes de l'observation

Dans le cas d'un temps observé régulier, c'est l'intervalle de temps qui détermine l'enregistrement, c'est-à-dire que l'on prédéfinit des instants d'enregistrements (toutes les heures, tous les jours, etc.) et que l'on capte la situation telle qu'elle est à cet instant-là. On se place dans une logique de recensement systématique, que la situation ait changé ou qu'elle soit restée stable entre deux instants.

Dans le corpus étudié, le temps observé est régulier dans un peu plus de la moitié des cas (57%), qu'il s'agisse d'enregistrements toutes les heures pour décrire le trafic routier ([Trs57](#)) ou tous les mois pour décrire le climat ([Clim29](#)). Évidemment, le caractère régulier du temps observé n'est apprécié qu'à l'aune de sa visualisation. Il peut correspondre à une volonté de simplification ou de généralisation d'une observation par événement. C'est le cas, par exemple, des cartes animées sur le thème de la délinquance constatée dans les stations du métro parisien, mois par mois, au cours d'une année (Cunty, 2004). Alors que l'information est connue à la minute près, le phénomène ciblé (les transferts de délinquance entre stations) n'est visible qu'à l'échelle du mois (ou éventuellement de la semaine). Dans ce cas, la précision d'enregistrement ne correspond pas à la granularité du phénomène étudié.

Lorsque le temps d'enregistrement est irrégulier (43% des cas du corpus), c'est l'apparition d'un événement particulier ou exceptionnel qui donne lieu à un enregistrement. Il peut s'agir d'événements connus à l'heure, comme pour les différentes ruptures de digues suite au cyclone Katrina à La Nouvelle-Orléans ([Env70](#)) ou à l'année, voire sur plusieurs années comme les événements fondateurs de l'histoire de la Corée ([Hist17](#)). Le temps observé est quasiment toujours irrégulier pour les cartes relatives à un phénomène historique (85% des

cartes historiques correspondent à un temps observé par événement, c'est-à-dire irrégulier). Il existe, bien entendu, des situations ambiguës où un événement se produit de manière régulière, comme les élections américaines qui ont lieu tous les 4 ans ([Soc40](#)).

Finalement, dans les deux cas (régulier ou irrégulier), on trouve des granularités très variables dans l'observation des phénomènes. C'est ce qui fait sens comme unité de mesure par rapport au phénomène qui semble déterminer cette granularité.

Temps linéaire ou cyclique : histoire unique ou histoire typique ?

Déterminer si le temps de l'observation est cyclique ou linéaire à partir de la représentation qui en est faite revient, encore une fois, à examiner le phénomène. Si l'animation traite du phénomène comme une « histoire unique », le temps sera considéré comme linéaire. Si l'intérêt porte sur le caractère répétitif du phénomène, alors le temps sera considéré comme cyclique.

L'animation cartographique est majoritairement utilisée pour décrire le déroulement linéaire d'un phénomène (88% du corpus) avec une date de début, une date de fin et un caractère irréversible. C'est le cas bien évidemment de tous les phénomènes historiques (par exemple [Hist22](#)), mais également de l'évolution des votes au cours des élections ([Soc40](#)) ou de phénomènes captés en temps réel et retranscrits pour une date en particulier (état du trafic routier un jour donné ([Trs6](#)) ou usage du téléphone portable lors de la fête de la musique ([Ntic39](#)).

À l'inverse, voir varier l'état de la végétation au cours d'une année sur l'ensemble de la surface terrestre relève d'une analyse cyclique ([Env55](#)). Dans ce cas, la date précise des enregistrements n'a pas de pouvoir explicatif, c'est la périodicité qui est importante, et la représentation n'est pas forcément ancrée dans un temps absolu (elle n'est parfois même pas précisée), c'est vraiment l'aspect répétitif qui compte, l'animation pouvant tourner « en boucle » et garder tout son sens ([Clim29](#)).

Ces visualisations introduisant le modèle d'une période « type » pour représenter les phénomènes cycliques restent peu présentes (12% de notre échantillon corpus), alors que ces derniers sont nombreux, tant en géographie physique (balancement du front de convergence intertropicale, variations climatiques saisonnières, etc.), qu'en géographie humaine (variation du trafic automobile ([Trs57](#)), ou aérien ([Trs62](#)), au cours d'une journée ; variation des populations présentes dans les départements au cours d'une année (Terrier, 2006), dans les quartiers d'une ville au cours d'une journée (Banos, Thévenin, 2005), etc.

Dans tous ces cas, l'intérêt porte sur la dimension répétitive des phénomènes. Ce que l'animation cherche alors à montrer, c'est une « histoire typique », comme peut l'être une « journée type » où l'on gomme le caractère exceptionnel de chaque jour. Le passage à ce niveau d'abstraction peut expliquer leur faible fréquence, les concepteurs cherchant le plus souvent, par l'animation, à reconstituer une réalité où le temps est avant tout perçu dans sa dimension linéaire et absolue.

Temps de la visualisation proportionnel au temps réel : rythme ou chronologie

Dans les animations cartographiques, le temps réel est quasiment toujours représenté en accéléré (une année représentée en 5 secondes). Le temps de la visualisation peut être proportionnel au temps réel (une année est toujours représentée en 5 secondes) ou non (une année est représentée en 5 secondes, puis l'année suivante en 10 secondes, puis l'année suivante en 3 secondes, etc.).

Dans la grande majorité des cas, le temps de visualisation est proportionnel au temps réel. Les animations où le temps de la visualisation n'est pas proportionnel au temps réel sont toutes des animations correspondant à des phénomènes historiques où le temps observé est irrégulier (enregistrement par événement). Dans ces animations, ce qui compte est l'ordre chronologique des événements, plus que la durée⁵. La durée de

l'animation est alors déterminée par la longueur d'un commentaire sonore ([Hist51](#)) ou d'un texte ([Hist13](#)) ou encore par l'utilisateur lui-même qui la déclenche ([Hist10](#)). Ce peut être un choix délibéré pour éviter d'ennuyer l'utilisateur pendant de longues périodes de stabilité ([Hist17](#)) et ([Hist20](#)) par rapport à des événements qui introduisent des changements sur une durée courte (Harrower, 2008).

Temps et objets du changement

Comme précédemment, les catégories de représentation du temps (type de temps observé et type de visualisation du temps) sont confrontées de manière systématique aux catégories de l'objet du changement (identité, géométrique, sémantique) afin d'identifier les associations qui traduisent les pratiques les plus fréquentes. Tout l'intérêt de la « carte » des associations qui en découle (**figure 3**) réside dans la structure de différenciation des sites du corpus qu'elle met en évidence, renvoyant aux champs thématiques dans lesquels le temps et l'espace sont appréhendés différemment.

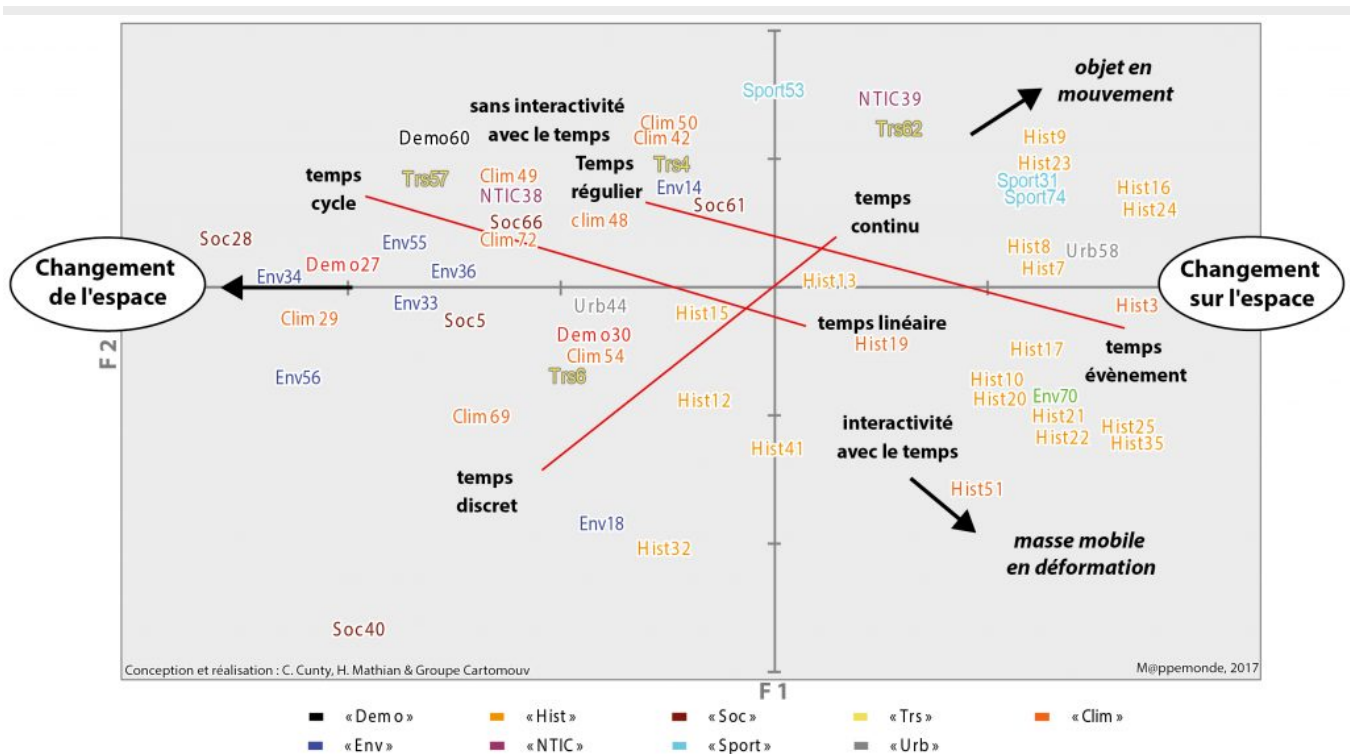


Figure 3. « Objet du changement » et représentation du temps : structure de différenciation entre les sites. (Structure issue du premier plan factoriel d'une ACM)

On retrouve la structure de différenciation des types de changement (changement de l'espace/changement sur l'espace), mais cette fois associée à des catégories de formalisation du temps. Ces associations mettent en évidence les principales tendances à partir des catégories de changement.

L'observation régulière s'associe à des phénomènes implicitement supposés progressifs et non régis par des ruptures. Elle se fait généralement sur un espace prédéfini, avec des entités qui n'évoluent pas géométriquement (forme) : c'est le cas de l'avancée des croisés pour dessiner l'itinéraire des croisades ([Hist23](#)), ou du suivi de la culture du maïs aux États-Unis ([Env56](#)). Dans ce cas, le phénomène est caractérisé par des changements de lieu ou d'attributs seulement (nombre d'habitants dans un pays, indice de végétation). L'exemple type est la carte statistique de données de recensement ([Demo27](#)).

Les évolutions par rupture s'observent selon les événements, l'hypothèse implicite étant qu'il n'y a pas de changement entre deux événements. Dans ce cas, les changements portent davantage sur la localisation associée à la forme et à l'identité des objets observés que sur leurs attributs. C'est le cas de manière caractéristique des cartes scénarisant des événements historiques comme les batailles ([Hist24](#)). Les « changements de localisation et/ou de forme » sont plutôt mis en scène en « temps continu » tandis que les changements d'attributs supportent un « temps discontinu ». Ceci est à rapprocher du fait qu'il est plus simple d'utiliser des techniques d'interpolation graphique sur des changements de localisation ou de forme que sur des changements sémantiques de mutation, et que les interpolations graphiques sur des changements sémantiques paraissent moins pertinentes.

Par ailleurs, alors que le « temps linéaire » est associé à tous les types de changement de manière indifférenciée, sur le corpus analysé, le « temps cyclique » s'associe uniquement aux « changements sémantiques ». Il est à noter que cette dimension du temps est moins utilisée (12% du corpus), plus adaptée aux séquences répétitives que pour retracer une histoire et des événements.

Finalement, deux grandes catégories de développements sont identifiées : des visualisations portant sur des phénomènes où le changement concerne des attributs (quantitatifs ou qualitatifs) et, à l'opposé, des visualisations présentant des phénomènes où le changement porte sur la localisation ou l'identité. Dans la première catégorie, l'animation porte sur des états associés à des observations régulières et présentées de manière régulière. Généralement, il n'y a pas d'interpolation graphique entre deux états, mettant l'importance sur la différence entre deux états. Dans ce cas, l'utilisateur a souvent peu d'options d'interactivité avec le temps à sa disposition. Dans la deuxième catégorie de développements, les phénomènes sont enregistrés en fonction de la survenue d'événements. La restitution cartographique est déconnectée de la durée réelle du phénomène et c'est la chronologie qui prime. L'animation est généralement continue et c'est le passage d'un événement à l'autre qui devient important pour comprendre le phénomène. On trouve alors des animations graphiques dont la continuité temporelle est totalement artificielle, et la durée déconnectée de la durée réelle du phénomène. Les options d'interactivité avec le temps sont plus nombreuses.

À ce stade, les choix qui sont faits peuvent être supposément dictés par des approches conceptuelles différentes de l'espace et du temps, comme le suggère la séparation du plan selon les thématiques d'ancrage des sites, à savoir les sites associés à des phénomènes environnementaux et ceux associés à des phénomènes historiques. Les historiens privilégient une entrée par le temps et les événements, alors que pour les phénomènes environnementaux et climatiques, l'intérêt se porte avant tout sur l'espace. Ces intérêts différenciés entre temps et espace ont été souvent soulignés (Wachowicz, 1999 ; Peuquet, 2002 ; Rodier, Saligny, 2010). Ces structures de différenciation viennent corroborer la catégorisation proposée par Peuquet (2002) fondée sur le croisement de deux points de vue sur le temps et l'espace : continu vs discret et absolu vs relatif et qu'elle généralise à une division entre sciences physiques, où la visualisation relève de mesures, et sciences sociales, où la visualisation est le produit d'une interprétation.

Conclusion

Nous avons proposé une première exploration empirique fondée sur des catégories d'analyse relevant de formalismes théoriques éprouvés. L'expérimentation menée ici a permis de produire une synthèse de la diversité et des combinaisons entre les différents choix de représentations cartographiques. On a ainsi pu observer, entre autres, que seule l'animation était un facteur d'innovation graphique, les autres usages relevant le plus souvent de choix cartographiques classiques. Par ailleurs, la grille d'analyse apparaît d'autant plus valide que les structures de différenciations mises en évidence font écho à des développements conceptuels sur les représentations du temps et de l'espace.

Dans le temps qui sépare la constitution du corpus étudié ici et la publication de cet article, les productions

semblent poursuivre la tendance décrite sur la base de ce référentiel. Cette démarche peut donc servir de base pour d'autres explorations de pratiques et d'usages, comme cela a pu être fait sur les temporalités du territoire pour le PUCA (Davoine et al., 2014).

Certaines dimensions, seulement citées, car elles ne constituaient pas le cœur de notre analyse pourraient donner lieu à des approfondissements. C'est le cas, notamment, de l'interactivité qui semble indissociable de l'animation. Il serait ainsi intéressant d'analyser comment la possibilité laissée à l'utilisateur d'interagir avec le temps stimulerait ses interrogations sur les propriétés de cette dimension du phénomène (durées, rythmes...) et dépasser la représentation proposée par le concepteur pour construire la sienne. Plus largement, la dimension cognitive des cartographies de phénomènes temporels constitue un domaine encore à explorer, et des analyses menées sur ces aspects des représentations pourraient s'appuyer et enrichir le référentiel proposé ici.

Bibliographie

- ANDRIENKO N., ANDRIENKO G. (2006). *Exploratory analysis of spatial and temporal data : a systematic approach*. New York : Springer, 704 p. ISBN 978-3-540-25994-7
- BANOS A., THÉVENIN T. (2005). « La carte animée pour révéler les rythmes urbains ». *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 15, n°1, p. 11-31.
- BERTIN J. (1967). *La Sémiologie graphique, diagrammes, réseaux, cartes*. Paris : éd. Gauthiers-Villars ; réédition (2005), Paris : éditions EHESS, coll. « Les réimpressions des éditions de l'École des hautes études en sciences sociales », XI-452 p. ISBN 2-7132-2027-0
- CARON C., ROCHE S., LARFOUILLOUX J., HADAYA, P. (2005). « A New Classification Framework for Urban Geospatial Web Sites ». *Cybergeog : European Journal of Geography, Cartographie, Imagerie, SIG*, article 318, mis en ligne le 23 août 2005, modifié le 14 mai 2009. [En ligne](#)
- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A. (2008). *Cartographie thématique 5, des voies nouvelles à explorer*. Paris : Hermès, coll. « Traité IGAT », série « Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale », 320 p. ISBN 978-2-7462-2208-3
- CHEYLAN J.-P., LARDON S. (1993). « Toward a conceptual model for the analysis of spatio-temporal processes ». In FRANK A., CAMPARI I. (éd.), *Spatial Information Theory. COSIT'93 Conference*. Berlin : Springer, *Lecture Notes in Computer Science*, n°716, 478 p. ISBN 9783540572077
- CHEYLAN J.-P. (2007). « Les processus spatio-temporels : quelques notions et concepts préalables à leur représentation ». *M@ppemonde*, n°87. [En ligne](#)
- CLARAMUNT, C., PARENT C., THERIAULT M. (1998). « Design patterns for spatio-temporal processes ». In SPACCAPIETRA S. ET MARYANSKI F. (éd.), *Data Mining and Reverse Engineering : Searching for Semantics*, Chapman & Hall, p. 455-475. ISBN 978-0-387-35300-5
- COUCLELIS H. (1992). « People manipulate objects (but cultivate fields) : beyond the raster-vector debate in GIS ». In FRANK A., CAMPARI I., FORMENTINI U. (dir.), *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*, Berlin : Springer, p. 65-77. ISBN 3-540-55966-3
- CUNTY C. (2004). *Système d'information géographique et sécurité : une application pour la RATP*. Université de Paris 1, thèse de doctorat, 479 p.

DAVOINE P.-A., MATHIAN H., SAINT-MARC C. (2014). « Productions actuelles : quelles temporalités, quelle diversité ? ». Paris : Séminaire PUCA, « Représentations dynamiques des temporalités des territoires », 5 février 2014, La Défense (92).

DI BIASE D., MAC EACHREN 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, n°4, p. 201-214.

HØGERSTRAND T. (1970). « What about people in regional science ? ». *Papers of Regional Science*, vol. 24, n°1, p. 1-21.

HARROWER M., GRIFFIN A.L., MAC EACHREN A.M. (1999). « Temporal Focusing and Temporal Brushing : Assessing their Impact in Geographic Visualization ». *Proceedings of the International Cartographic Association*, Ottawa, Canada. [En ligne](#)

HARROWER M., FABRIKANT S.I. (2008). « The Role of Map Animation in Geographic Visualization ». In DODGE M., TURNER M., MCDERBY M. (éd.), *Geographic Visualization : Concepts, Tools and Applications*, Chichester (UK) : Wiley, chap. 4, p. 49-65. ISBN 978-0470515112

LANGRAN G. (1992). *Time in Geographic Information Systems*. Londres : Taylor & Francis, 189 p. ISBN 0-7484-0003-6

MAC EACHREN A.M. (1995). *How Maps Work : representation, visualization and design*. New York : Guilford Press, 513 p. ISBN 9780898625899

MULLAW B.D. (2008). « Moving Objects in Static Maps, Animations, and the Space-Time Cube ». Enschede (NL), thèse, International Institute for Geo-information science and Earth observation.

PETERSON M.P. (1994). « Spatial Visualization through Cartographic Animation : Theory and Practice ». *Proceedings of Geographic Information Systems/Land Information Systems GIS/LIS*, p. 250-258.

PEUQUET D.J. (1994). « It's about time : A Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information System ». *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 84, n°3, p. 441-461

PEUQUET D.J. (2002). *Representations of Space and Time*. New York : Guilford Press, 360 p. ISBN 9781572307735

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, n°502. [En ligne](#)

TERRIER C. (dir.) (2006). « Mobilité touristique et population présente. Les bases de l'économie présente des départements ». Direction du tourisme. [En ligne](#)

VALORGE A. (2010). *Perception visuelle de cartes animées dédiées aux risques naturels et technologiques : contribution pour des propositions sémiologiques*. Saint-Étienne, mémoire de recherche Master 1 en géographie, université Jean Monnet, 167 p. + annexes.

WACHOWICZ M. (1999). *Object-oriented design for temporal GIS*. Londres : Taylor & Francis. ISBN 978-0748408313

Annexe : Liste des sites analysés et liens web

(NA lorsque les sites n'existent plus depuis que l'analyse a été effectuée)

Appel	Nom court	Adresse
Hist3	Âge des dinosaures	NA
Trs4	Temps Trajet	http://brainoff.com/mirror/tube_map_travel_times/
Soc5	SIDA	NA
Trs6	Trafic Routier	http://www.sytadin.fr/
Hist7	Démocraties	http://mapsofwar.com/ind/march-of-democracy.html
Hist8	Empires du Moyen Orient	http://www.mapsofwar.com/images/EMPIRE17.swf
Hist9	Bataille de Chancellorsville	http://www.civilwar.org/battlefields/chancellorsville/maps/first-day-at-chancellorsville.html
Hist10	Libération de Rome	http://liberationtrilogy.com/maps-timeline/
Hist12	Âge de Bronze	http://mappemonde.mgm.fr/num11/articles/art06304.html
Hist13	Urbanisation vallée de l'Isle	http://www.caueordogne.com/images_contenus/1_CONNAITRE/urba_isle_anim.swf
Env14	Co2, naissance, décès	http://www.breathingearth.net/
Hist15	Imprimerie	http://atlas.lib.uiowa.edu/
Hist16	Invasion Canada	http://www.revolutionarywaranimated.com/CanadaAnimation.html
Hist17	Histoire de la Corée	http://www.ecai.org/Area/AreaTeamExamples/Korea/KoreaHistoryAnimation.html
Env18	Moules zébrées	https://web.archive.org/web/20140305133951/http://nationalatlas.gov/dynamic/an_zm.html
Hist19	Histoire de l'Afrique	http://www.brown.edu/Research/AAAH/map.htm
Hist20	Empire Khmer	https://www.youtube.com/watch?v=WHXota5O5c
Hist21	Invasions barbares	http://www.animatedmaps.div.ed.ac.uk/divinity_map/index.html
Hist22	Moyen-Âge	http://education.francetv.fr/carte-interactive/le-moyen-age-carte-interactive-o18065
Hist23	Premières Croisades	http://www.histoire-geo.org/Partenaire/Sauzeau/Sauzeau_5emeH_tice_croisades.swf
Hist24	Bataille de Bunker Hill	http://www.revolutionarywaranimated.com/BunkerHillAnimation.html
Hist25	Guerre US/Mexique	http://www.pbs.org/keras/mexicanwar/timeline_flash.html
Demo27	Ordinateurs/hab.	http://barthes.enssib.fr/atelier/geo/ripe.eu.anim100.gif
Soc28	Criminalité à Arrow	http://mappemonde.mgm.fr/wp-content/uploads/2017/02/Soc28.gif
clim29	Climat global	http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/index.html
Demo30	Pop. américaine	http://www.viz.tamu.edu/faculty/house/cartograms/DecadeAnim.html
Sport31	Tour de France	NA
Hist32	Hist. européenne	http://www.histoire.ac-versailles.fr/IMG/swf/europegv.swf
Env33	Algues baie de Seine	http://envlit.ifremer.fr/envlit/documents/documents_pedagogiques/evolution_des_dinoflagelles_en_baie_de_seine
Env34	Courants marins	http://envlit.ifremer.fr/envlit/documents/autres_documents/cartes_et_graphiques/pays_de_la_loire/simulation_de_courant
Hist35	Europe 1945	http://www.legendes-cartographie.com/medias/interactif/Europe_1945_SONORE.swf
Env36	Séismes	http://mappemonde.mgm.fr/wp-content/uploads/2017/02/Env36.gif
NTIC38	Téléphones mobiles	http://www.dailymotion.com/video/x7mwxq_urban-mobs-paris-appels_tech
NTIC39	Téléphones mobiles	http://www.dailymotion.com/video/x7om1g_urban-mobs-paris-handovers-2_tech
Soc40	Élections présidentielles américaines	http://elections.nytimes.com/2008/results/president/map.html
Hist41	Guerre froide Europe	http://mappinghistory.uoregon.edu/english/EU/EU03-01.html
clim42	Ouragans	http://maps.unomaha.edu/AnimArt/Hurricane.mpeg
Urb44	Urbanisation SFsco	http://maps.unomaha.edu/AnimArt/sf_bay900.mpeg
Demo45	Pop. classes d'âge	http://maps.unomaha.edu/AnimArt/SpatTrend.MOV
Demo46	Femmes moins de 20 ans (discrétisation)	http://maps.unomaha.edu/AnimArt/Class_Anim.MOV

clim48	Couverture nuageuse	http://www.ssec.wisc.edu/data/comp/cmoll/cmoll.mp4
clim49	Couv. nuageuse et t°	https://web.archive.org/web/20120104082640/http://weather.unisys.com/radar/rad_us_loop.gif
clim50	Couv. nuageuse USA	http://weather.unisys.com/satellite/sat_ir_us_loop-12.gif
Hist51	Hist. terr USA (1790-1861)	http://www.histoirealacarte.com/demos/tome07/02-louisiane_expansion_1803_1861..php
Sport53	Trimaran Tour du monde Joyon	http://www.idecsport-sailing.com/cartographie/
clim54	Ère glaciaire	http://www.museum.state.il.us/exhibits/ice_ages/
Env55	Index de végétation	http://www.udel.edu/FREC/spatlab/anim/veg.anim.gif
Env56	Maïs USA	http://www.udel.edu/FREC/spatlab/anim/corn.gif
Trs57	Trafic routier	http://www.discoverysoftware.co.uk/GalleryTraffic.htm
Urb58	Croissance urbaine	http://www.discoverysoftware.co.uk/GalleryUrban.htm
Urb59	Communes France	http://barthes.ens.fr/atelier/geo/communesfr.html
Demo60	Population monde	http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/content.swf
Soc61	Wallmart USA	http://projects.flowingdata.com/walmart/
Trs62	Flux aériens	http://www.aaronkoblin.com/work/flightpatterns/
Soc66	Emplois USA	NA
clim69	Météorologie radar	https://weather.com/weather/radar/interactive//USMO0460:1:US?layer=radar&zoom=5
Env70	Cyclone Katrina	http://www.nola.com/katrina/index.ssf/2015/08/katrina_flooding_map.html
clim72	Précipitations monde	http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=TRMM_3B43M#
Sport74	Joueurs football	http://thema.univ-fcomte.fr/images/Logiciels/cartographie_animee/trajecitoiresjoueursBrasil.swf
Soc75	Gentrification	http://www.cartomouv.parisgeo.cnrs.fr/index.php?page=anim&page2=map5

Notes

1. ↑ Site de CartoMouv : <http://www.cartomouv.parisgeo.cnrs.fr/>
2. ↑ Il s'agit de sites existant entre 2009-2010, dont 90% existent encore en 2017.
3. ↑ Analyse des Correspondances Multiples.
4. ↑ Le premier facteur résume 70% de l'inertie totale.
En parlant ici de durée et d'ordre nous faisons référence aux variables visuelles que Cauvin *et al.* (2008)
5. ↑ appellent dynamiques (p. 70), qui ont été largement traitées dans la littérature (DiBiase *et al.* 1992 ; Peterson 1994 ; MacEachren 1995).