

Cartographie et visualisation

Par **Éric GUICHARD**
Enssib

Depuis l'essor de l'Internet, les cartes semblent être partout. Et pourtant, au plan de la production comme celui de la réflexion, elles sont détrônées par la visualisation. Cette dernière approche renvoie à des questions de méthode et d'épistémologie, qui absorbent celles de la cartographie, et à des productions liées à des données complexes, multidimensionnelles, et parfois massives. Si leur sémiologie graphique fut quelque peu anarchique, celle-ci se réinvente avec l'arrivée d'un nouveau type d'acteur : les designers-programmeurs. Au final, un espace de dialogue prometteur émerge, qui invite physiciens, informaticiens et géographes à débattre ensemble des apports heuristiques et épistémologiques de la cartographie et de la visualisation.

Introduction

Explosion des usages de la cartographie

La cartographie semble être grandement stimulée par l'Internet. Dès les années 2000, des atlas étaient offerts avec les systèmes d'exploitation des ordinateurs. Rapidement, des versions en ligne furent proposées : d'abord sur les ordinateurs, puis sur les téléphones cellulaires. Depuis 2010, la majorité des personnes qui se déplacent à pied, en deux-roues ou en voiture sélectionnent leur itinéraire au moyen de tels systèmes cartographiques interactifs en temps réel : non seulement nous savons quand il nous faut tourner à droite ou à gauche, mais nous pouvons également être informés d'éventuels embouteillages. Ainsi, pour les Français, la carte Michelin a été détrônée par des logiciels d'itinéraire comme GoogleMaps ou Waze. Les amoureux de modes de déplacement doux ont eux aussi abandonné la carte IGN pour OpenStreetMap ou d'autres combinaisons de logiciels et de bases de données que chaque randonneur ou sauveteur peut compléter en temps réel.

Ainsi l'usage de la carte semble-t-il désormais banalisé depuis l'essor des réseaux numériques. Les géographes étudient ce nouveau phénomène qui signale un nouveau rapport au territoire du fait de cette popularisation massive de la cartographie : auparavant, un nombre réduit de personnes utilisaient ou produisaient des cartes.

Des pratiques cartographiques inédites émergent, comme celles des cartes des aéroports, avec la visualisation des flux d'avions en temps réel ; toutes les villes d'importance ont leur(s) carte(s) des transports en commun, et les atlas électoraux ou historiques (comme l'impressionnante carte des enfants juifs de Paris déportés entre 1942 et 1944 : http://tetrade.huma-num.fr/Tetrade-map_Enfant_Paris) se multiplient. Enfin, toutes sortes de « micro-cartographies » émergent, comme lorsque les possesseurs de GPS (dont sont dotés la majorité des

téléphones cellulaires) dressent la carte de leurs déplacements piétonniers.

Dissolution des territoires

Cependant, l'étude des potentialités spatiales de l'Internet marque le pas, en comparaison de ce qui se développait à la fin du siècle dernier. En ces temps, la dimension territoriale de l'Internet était largement fouillée (Desbois, 2001). Sa dimension spatiale était évidente pour les informaticiens (un cube de dimension 4 pour les numéros IP (Guichard, 2007), le Web vu comme un graphe) ; et les géographes conscients des vertus méthodologiques du concept de territoire ne furent pas étonnés de voir l'Internet devenir l'enjeu de conflits, de procès, ce qui signalait son ancrage social, donc actuel, contrairement aux discours des prophètes qui le décrivaient comme un monde virtuel. Si nous nous accordons pour définir le territoire comme étant la somme de représentations qui articulent le spatial et le social, alors le territoire de l'Internet s'est manifesté très tôt. Les expérimentateurs soucieux de mettre en évidence ce territoire pouvaient alors aisément mettre l'Internet en cartes (cartes des réseaux ou des grands sites Web, cartes métaphoriques d'ingénieurs ou d'artistes, comme le Dadamètre de Christophe Bruno : <http://www.iterature.com/dadameter/dadamap.fr.php>) ou mettre ses usages en cartes (par exemple, projection de taux de pratiques sur des pays ou des régions).

Est-ce du fait de la montée en popularité de la notion peu scientifique de « communauté », qui insiste sur les formes d'affinité sociale et néglige donc la dimension spatiale de l'Internet, que ses territoires, en 2019, n'intéressent plus grand-monde, à l'exception de quelques chercheurs comme Boris Beaude ou Henri Desbois ? En 2000, l'Internet n'était pas encore entré dans les chaumières, et la proportion des internautes sensibles aux questions de géométrie était plus importante qu'aujourd'hui. La grande place accordée à l'Internet des pauvres, dont les miettes comportementales deviennent la matière première

des profits des multinationales de l'Internet et de la publicité, réduit mécaniquement l'audience des débats sur la géographie de l'Internet. D'ailleurs, cet Internet, et sa face la plus visible, le Web, sont désormais dénommés « le numérique », terme ambigu qui est peu susceptible d'alimenter une problématique de la spatialité, désormais réservée aux géopoliticiens soucieux de prévoir les cyberguerres de demain.

Notons aussi une homogénéisation des pratiques par le biais de l'industrie : à de rares exceptions près, les producteurs de cartes en ligne sont les grandes firmes de l'Internet, souvent en position de monopole. Avant l'Internet et avant la « mondialisation », ce monopole était exercé par les États qui avaient les moyens économiques et scientifiques de réaliser une cartographie de leur territoire (Desbois, 2015). Celui-ci faisait écho à des structures administratives : pour la France, la ville, le canton, le département, etc. La longue histoire de ces entités institutionnelles et géographiques, dont une partie relevait de l'« espace vécu » pour les nationaux ou leurs familles, a pu s'enraciner en une culture propice au concept de territoire. Ce que permettent moins les représentations de l'espace à l'échelle du monde entier (nouvelles guerres, migrations, indépendances) ou d'une circulation très individualisée d'un point à un autre (aller chez des amis, se rendre dans un commerce...) : autant de pratiques et de réalités peu propices au déploiement de représentations collectives, comme celle du territoire.

Écriture, graphes et design

L'essor de la visualisation

Un second facteur explique le déclin scientifique de la cartographie : l'orientation massive vers la visualisation de personnes qui auraient eu la possibilité de produire des cartes (directement ou avec des logiciels dédiés). J'entends par visualisation un ensemble de procédures graphiques destinées à faciliter l'interprétation de jeux de « données » trop complexes ou trop massifs pour pouvoir être rapidement compris par le chercheur ; ces procédures sollicitent de nombreux algorithmes, même si la part humaine reste importante (paramétrages, recodages, choix ultimes). Elles s'inscrivent dans une logique de « preuve graphique » : la production d'un résultat visuel (d'une image organisée par l'enquêteur ou la structure des données, à l'inverse d'une peinture) afin d'infirmer ou de confirmer une hypothèse. Le graphique intervient alors comme un chaînon argumentatif au sein de calculs, de formules ou de textes.

Avec ses sinusoides retraçant les trajectoires des satellites de Jupiter et avec les paraboles dessinées par ses boulettes de papier encrées pour visualiser la gravitation, Galilée fut l'un des précurseurs de cette démarche, dont les physiciens sont friands depuis le milieu du XIX^e siècle. Les géographes, pour qui la carte oscille entre illustration ou synthèse d'un phénomène spatial complexe, et méthode permettant de s'approprier une problématique – quitte à faire des centaines de cartes, depuis l'essor des logiciels de cartographie –, ont systématisé cette logique de la preuve (carto)graphique au milieu du XX^e siècle.

Cette pratique leur est familière quand il s'agit de rendre compte de variables sociales recouvrant une dimension spatiale (fronts pionniers du Brésil (voir les travaux d'Hervé Théry), etc.) ou quand il s'agit de traduire des données satellitaires (avec Fernand Verger comme précurseur du domaine, en France).

Le travail sur des bibliographies scientifiques, sur les pratiques téléphoniques et bancaires de millions de Mexicains afin de prouver l'existence de classes sociales (thèse de Yannick Léo, https://hal.inria.fr/tel-01429593/file/LEO_Yannick_2016LYSEN066_These.pdf), tout comme la visualisation du génome de la rose (voir les travaux de Jérémy Just, à l'ENS de Lyon), ou celle des recombinaisons d'alliances politiques au fil de la présidentielle de 2017 (Gaumont, Panahi et Chavalarias, 2018), renvoient à de telles pratiques où la production de l'image, supposée convaincre son interlocuteur, sert avant tout à se convaincre soi-même de la pertinence de son raisonnement scientifique. Or, la plupart du temps, les points, vecteurs ou arêtes à représenter sont issus d'espaces de très grandes dimensions, et les distances ont peu de rapport avec la géodésie commune, quand elles ne sont pas arbitraires. Le choix d'une projection optimale nécessite alors autant de doigté que de culture géométrique ou algébrique. Cette exigence de maîtrise graphique a deux conséquences en termes de pratiques comme en termes de recherche.

D'une part, les physiciens désireux de réaliser des cartes de villes ou de régions terrestres vont les produire avec moins d'outils que ceux dont usent les cartographes de métier. Par exemple, pour réaliser une carte des usages du service Vélo'v de Lyon, un jeune chercheur comme Jean-Baptiste Rouquier récupère une carte au format pdf. du réseau des transports urbains de la ville, l'ausculte dans le corps (confus) du texte, puis en extrait quelques informations (fleuves, grands axes, parcs, transports collectifs) ; il superpose à ces couches d'écriture peu lisibles les coordonnées GPS des stations de vélos en libre-service, et développe lui-même les scripts nécessaires à la production d'une carte animée de ces stations, dont la coloration change selon leur taux d'occupation au fil des heures (voir l'article consultable à l'adresse suivante : <http://rsl.revues.org/487>). Pour de tels experts, tout se fait « à la main » : la maîtrise des logiciels habituels de cartographie et d'animation est désormais inutile.

Et les questions de cartographie terrestre vont être rabattues au statut de simples applications de bibliothèques dédiées à des productions graphiques de tous types. D3.js (pour une multitude d'exemples, voir <https://d3js.org/>) est un bon exemple de boîte à outils, où toute production graphique interactive devient un jeu d'enfant à condition d'être très à l'aise en programmation, et où, par exemple, l'ajout d'une ligne dans le script change directement le type de projection terrestre.

D'autre part, cette prolifération visuelle exige un minimum d'organisation, de façon à rendre les graphes lisibles. Ce qui invite les développeurs et les chercheurs à collaborer avec des designers. Ce dialogue est d'autant plus

efficace que la cartographie du début des années 2000 était confuse : entre une sémiologie anarchique, souvent en contradiction avec celle déployée par Jacques Bertin (Bertin, 1967), et une cartographie primitive prenant appui sur les parachutes de Googlemaps, il y avait peu de place pour des cartes ou graphiques porteurs d'informations claires, et de fait pouvant être aisément commentés. La page du designer, Olaf Avenati, (<https://entreformesetsignes.fr/la-recherche/programme-datavisualisation/lov-log-visualisation>) témoigne du caractère fructueux d'une telle collaboration, dans laquelle le designer aide le chercheur en informatique à mieux comprendre le fonctionnement d'un supercalculateur.

À l'Inria (site de Saclay), ce sont désormais deux équipes, Aviz et Ilda, qui se consacrent à ces questions (voir <https://www.inria.fr/equipes/aviz> et <https://www.inria.fr/equipes/ilda>). Et pour nombre de spécialistes des systèmes complexes, le couple analyse/visualisation des données constitue un axe majeur de leurs recherches.

Le retour de l'épistémologie

La production de ces nouveaux graphiques pose deux types de problèmes à leurs auteurs.

Tout d'abord, celui de la « véracité » des images produites. Les physiciens, qui n'aiment pas les théories non fondées sur des expériences confortées par des mesures précises, sont gênés par ces productions graphiques qui comportent une marge d'erreur parfois non quantifiable. Il s'ensuit une série de questions, qui vont de la fiabilité de la représentation à la recherche de méthodes d'optimisation statistique des projections adoptées. S'y articule une réflexion sur les apports heuristiques de telles représentations, avec le désir de préciser non seulement la fonction de la preuve graphique, mais aussi la totalité de la chaîne argumentative, qui va des « données », par définition artificielles, à l'ensemble des algorithmes et méthodes permettant de les catégoriser et de les visualiser. Les questions relatives au lien entre esthétique et compréhension ne sont pas absentes. La visualisation incite donc ses utilisateurs, majoritairement des physiciens ou des informaticiens, à s'intéresser à des préoccupations épistémologiques qui diffèrent fortement de celles qu'ils connaissaient depuis Einstein et Bachelard. Elle les oriente vers des problématiques que connaissent bien les historiens de la cartographie, qui ont d'emblée signalé le statut ambigu de la carte : à la fois texte et image, et relevant tant de la rationalité que de l'émotion esthétique. Les géographes savent aussi que la carte induit des représentations vivaces (par exemple, en matière territoriale) et produit de dangereux effets de réel, qu'il vaut mieux prévoir. Leur épistémologie se nourrit de tels constats. Il n'est donc pas étonnant de voir les spécialistes de la cartographie et ceux de la visualisation dialoguer ensemble sur ces points, des points sur lesquels les sciences sociales ont une longueur d'avance : ces questions épistémologiques de la cartographie (et donc de la visualisation) ont été bien défrichées par les géographes dans les années 1980-2000.

Se pose ensuite la question de l'évolution des disciplines et de leurs « territoires ». Le second point est le plus aisé à traiter et pourrait déborder le sujet de la visualisation : les plus perspicaces des experts en sciences sociales comme en sciences physiques ou informatiques ont conscience du fait que ces dernières disciplines envahissent les champs des premières. À force d'utiliser les graphes d'échanges en ligne comme jeux de données féconds pour le traitement du signal ou la théorie des graphes, elles arrivent à répondre à des problématiques qui relevaient jusqu'alors du territoire des premières : organisations sociales, avec leurs pôles, marges et hiérarchies, dynamiques politiques ou culturelles, etc. Et certains penseurs hybrides, soucieux d'écouter les deux groupes de disciplines, n'ont pas manqué de contester les axiomes de la sociologie durkheimienne. Le fait que les sciences dites exactes soient aujourd'hui en capacité de traiter des « obtenues » massives et variées (Latour, 2007) du temps présent, donc numériques, et d'en proposer des visualisations pertinentes pour la recherche, l'industrie et les médias, renforce leur domination sur des disciplines plus littéraires et aujourd'hui désargentées.

La question de l'évolution des disciplines est plus complexe. Elle renvoie, d'une part, à la question de l'outillage (informatique) et, d'autre part, à celle de leur rencontre avec le « social ». Au plan de l'outillage, le fait d'utiliser des sources (données) et des algorithmes élaborés collectivement, suffisamment complexes pour qu'une personne seule ne puisse en maîtriser totalement l'origine ni le fonctionnement, pose de nouvelles questions de confiance dans le système technique désormais en place au niveau mondial. Ces questions ne sont pas insolubles, mais elles invitent à reformuler précisément les articulations entre expérience, théorie et technique, selon le climatologue Claude Kergomard. La confrontation des sciences exactes avec le social aura à terme des effets qu'il est difficile d'estimer. D'une part, elle est neuve, et donc imprévisible. D'autre part, elle est aussi impulsée par l'industrie du numérique, qui construit sa fortune sur ce thème par le biais des moteurs de recherche et des plateformes d'intermédiation. Ces deux facteurs alimenteront des questions éthiques chez les experts de l'informatique et de la visualisation, déjà pressenties par nombre d'entre eux. Mais c'est un autre débat...

Conclusion

La visualisation devient un champ de recherche à part entière. Elle s'appuie désormais sur des méthodes sophistiquées, liées aux données massives et peu structurées à l'origine de cette nouvelle discipline. Elle induit un dialogue inattendu entre deux groupes d'experts : les informaticiens et physiciens, d'un côté, et les designers, de l'autre, parfois avec l'assistance de psychologues. Les questions épistémologiques qu'elle alimente invitent aussi les membres du premier groupe à dialoguer avec les géographes, lesquels ont déjà été confrontés à de telles problématiques avec la cartographie, qui est un pilier méthodologique de leur discipline. La cartographie, aupa-

vant associée à un savoir-faire propre aux représentations graphiques de portions de l'espace terrestre, se dissout désormais dans la visualisation – ce que ne perçoivent évidemment pas les utilisateurs de logiciels d'itinéraire en ligne, ces gros consommateurs de cartes numériques. Mais à l'heure actuelle, la visualisation n'a pas fini d'explorer les problématiques épistémologiques fécondées par la cartographie.

Bibliographie

BERTIN J. (1967), *Sémiologie graphique. Les diagrammes – Les réseaux – Les cartes*, Paris, La Haye : Mouton, Gauthier-Villars.

DESBOIS H. (2001), « Les territoires de l'Internet : suggestions pour une cybergéographie », in *Comprendre les usages de l'Internet*, GUICHARD (Éric) (dir.), Paris, Éditions Rue d'Ulm, pp. 253-263.

DESBOIS H. (2015), *Les Mesures du territoire. Aspects techniques, politiques et culturels des mutations de la carte topographique*, Villeurbanne, Presses de l'Enssib.

GAUMONT G., PANABI M. & CHAVALARIAS D. (2018), "Reconstruction of the socio-semantic dynamics of political activist Twitter networks – Method and application to the 2017 French presidential election", *PLOS One*, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0201879>

GUICHARD É. (2007), « Géographie de l'Internet », in *Lieux de Savoir. Espaces et communautés*, JACOB (Christian) (dir.), Paris, Albin Michel, pp. 989–1009, <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-Geographie-internet.pdf>

LATOUR B. (2007), « Pensée retenue, pensée distribuée », in *Lieux de Savoir. Espaces et communautés*, JACOB (Christian) (dir.), Paris, Albin Michel, vol. I, pp. 605–615.