

ÉVOLUTION DU CONCEPT DE GÉOMÉTRIE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Jean-Paul DONNAY

Abstract

Today « Geometry » is the name given to a data type that can be implemented within any data base management system that can store binary data for representing the shapes and locations of objects. But the relationship between geometry and geography is an old story. This short paper simply touches on the main domains where geometry plays a significant role in geography, e.g. cartography, spatial analysis and GIS. Finally the paper ends with the way GML uses geometries to describe the geometric aspects of a geographic feature, able to remove some conceptual restrictions of geometry on geography.

Keywords

geometry, space, geomatics, GIS, GML

Mots-clés

géométrie, espace, géomatique, SIG, GML

I. INTRODUCTION

En 1992, la section de géographie de l'Université de Liège organisait un programme de formation complet pour les géomètres-experts, parallèlement à celui existant pour les géographes. Passé depuis au crible de la réforme de Bologne, et renommé au passage « géomatique et géométrie », le programme reste une originalité du département des sciences géographiques de l'Université de Liège, mais dont la présence au sein de ce département reste pour certains une énigme. L'intention de cet article n'est pas de rappeler les multiples convergences notamment historiques – via par exemple la topographie et la cartographie – entre les disciplines, mais de s'attarder quelque peu à l'usage d'un concept fondamental, tant pour les géomètres que pour les géographes : celui de « géométrie ».

II. GÉOMÉTRIE ET GÉOGRAPHIE

Étymologiquement, le terme de géométrie signifie « mesure de la Terre » ou « mesure du terrain », au sens de l'arpentage, sens conservé aujourd'hui par le terme de géomètre. Ce n'est que tardivement, vers le XII^e siècle, que la géométrie est associée aux sciences mathématiques et même, par extension, au XVII^e siècle, se confond avec elles (Académie française, 1932-1935).

Actuellement, on s'accorde à considérer que la géométrie est « la science ayant pour objet l'étude de l'espace et des figures qui peuvent l'occuper » (ATILF, 2009). En tant qu'objet de la géométrie, l'espace est un « ensemble mathématique formel comprenant des objets satisfaisant à des lois spécifiques » (ATILF, 2009).

Or, l'espace constitue l'un des concepts fondamentaux de la géographie (Claval, 1997). Il est d'ailleurs intéressant de voir qu'au-delà de la géographie mathématique, où le terme trouve naturellement sa place, il est aussi souvent connoté par des épithètes relevant des sciences humaines (espace social, culturel, vécu, perçu, etc.).

Le préfixe « géo- » conserve donc un sens commun à la géométrie et à la géographie, dès le moment où l'on reconnaît que chacune de ces deux disciplines s'intéresse à l'espace. Par analogie à la définition géométrique, on peut postuler qu'en tant qu'objet de la géographie, l'espace est un ensemble formel comprenant des objets satisfaisant à des règles spécifiques.

III. GÉOMATIQUE ET INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Au sein des sciences géographiques, la géomatique apparaît comme la « discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion. La géomatique fait appel principalement à des disciplines comme la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie, la télédétection et l'informatique » (Office québécois de la langue française, 2004). Les données « à référence spatiale » sont au cœur de la discipline, au point que, sans doute effrayés par une définition faisant trop allégeance aux techniques, d'aucuns redéfinissent la géomatique comme la science de l'information géographique. C'est aussi une manière élégante de traduire le sigle S.I.G. (fonctionne aussi en anglais avec le sigle G.I.S.). L'information géographique tire sa spécificité principale

du fait que les données d'où cette information est issue, sont à référence spatiale. L'espace de référence est bien entendu géographique (en première approximation, il peut être assimilé à la surface terrestre). La référence spatiale des données géographiques correspond à l'emprise des objets ou phénomènes considérés, soit leur définition géométrique dans l'espace géographique. Afin d'éviter toute ambiguïté quant au terme générique d'espace, les propriétés des objets géographiques sont souvent qualifiées de « géo-spatiales ». Il ne s'agit pas d'un pléonisme puisque l'expression a l'avantage de préciser le type d'espace auquel on s'adresse, et implicitement les types d'objets et de phénomènes, ainsi que les règles/lois spécifiques à ce type d'espace.

Mais l'information géographique ne se réduit pas aux seules propriétés géométriques. On lui reconnaît un caractère hybride, associant à la géométrie d'un objet des caractéristiques diverses visant à identifier, décrire et/ou mesurer l'objet géographique en question.

IV. ESPACE ET GÉOMÉTRIE EN CARTOGRAPHIE ET EN ANALYSE SPATIALE

La cartographie a sans doute été la première discipline des sciences géographiques à réclamer une distinction explicite entre les aspects géométrique et thématique de l'information géographique. C'est du croisement du mode d'implantation géométrique de l'objet (discret – ponctuel, linéaire ou zonal – ou continu), d'une part, et de l'échelle de mesure (qualitative ou quantitative) de sa composante thématique, d'autre part, qu'est déduite l'utilisation efficace des variables rétinienne en cartographie thématique, via les règles de la sémiologie graphique (Bertin, 1967). Mais la géographie n'est pas la sémiologie graphique (Bord, 2000). En d'autres termes, l'espace cartographique n'est pas l'espace géographique ; les objets cartographiques ne sont que des représentations des objets géographiques. La généralisation, tant conceptuelle que structurelle, est de nature à modifier la géométrie des objets, tandis que la symbolisation, en particulier via les variables de taille, forme et orientation, introduit un graphisme à la géométrie propre dans un espace qui est celui de la représentation / visualisation, tel que la feuille de papier ou l'écran d'ordinateur.

Selon B.D. Dent « *Geography is the science of spatial analysis* » (Dent, 1996). L'analyse spatiale, ou géo-spatiale, prétend rassembler le corpus méthodologique fondamental des sciences géographiques. Qu'elles soient quantitatives ou qualitatives, les méthodes d'analyse ne sont « spatiales » que dès le moment où « *as a minimum, data can be referenced on a two-dimensional frame and relate to terrestrial activities* » (de Smith *et al.*, 2007). Un changement de référentiel spatial, ou de position au sein d'un même référentiel, provoque des résultats distincts d'une même analyse. En outre, comme en cartographie, le choix des méthodes est notamment dicté par la géométrie des objets ou phénomènes soumis à l'étude (modèles d'analogie gravitaire, analyse de sur-

faces, etc.). Comme en cartographie, encore, la géométrie propre des objets peut être volontairement altérée par un effort de généralisation conceptuelle, notamment en vue d'appliquer telle ou telle méthode d'analyse (théorie des graphes, par exemple). Enfin, si l'espace sur lequel se développent les géométries des objets est par défaut l'espace géographique, l'analyse spatiale peut s'accommoder d'espaces utilisant des métriques originales (espace-temps, espace-coût, etc.).

V. GÉOMÉTRIE DANS LES BASES DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES

A. Systèmes d'information géographique hybrides

Dès le moment où l'on s'efforce d'informatiser l'information géographique, son aspect hybride, tant géométrique que thématique, devient tangible. On imagine aisément pouvoir enregistrer les caractéristiques thématiques des objets géographiques – en dernière analyse, de simples attributs alphanumériques – dans les tables à deux entrées (par exemple, objets en lignes et attributs en colonnes). Cette partie non-spatiale de l'information géographique peut donc être stockée et gérée dans des bases de données relationnelles conventionnelles.

Par contre, l'enregistrement de la géométrie est plus problématique, au point d'avoir reçu, au cours du temps, plusieurs solutions. Si l'on s'en tient au seul mode vectoriel, la numérisation des géométries des objets géographiques passe par l'enregistrement de collections de coordonnées de points de l'espace géographique. Ces collections doivent être organisées de manière telle qu'elles puissent reconstituer la position, le tracé ou les limites de l'emprise des objets considérés. Diverses structures de données ont ainsi été imaginées afin de faciliter cette reconstitution (Donnay, 1987), les premières directement issues des travaux initiaux de cartographie numérique, les plus élaborées associant aux données de position des informations sur les relations spatiales (voisinage, superposition, etc.) entre les géométries des objets géographiques. La relative complexité des structures, d'une part, et le nombre souvent considérable de coordonnées requises pour reconstituer les géométries, d'autre part, ont longtemps empêché le recours aux bases de données relationnelles pour le stockage et la gestion de l'aspect géométrique des données géographiques.

Il en est résulté, durant des décennies, une implémentation et une gestion distinctes des deux composantes des données géographiques : les attributs thématiques étant confiés à des systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGBD-R), tandis que les géométries étaient mémorisées dans des fichiers de structure plus ou moins élaborée, gérés par des systèmes de gestion de fichiers (SGF) dédiés. Les progiciels capables de maîtriser à la fois le SGBD-R et le SGF, en offrant une vue commune à l'utilisateur, ont été désignés – sans doute un peu abusivement, mais c'est une autre question – sous

l'appellation de systèmes d'information géographique. On ne saurait suffisamment souligner l'impact de cette implémentation hybride au niveau physique, et tout particulièrement du stockage et de la gestion peu transparente des seules données géométriques. D'un point de vue conceptuel, l'utilisateur n'a d'autre choix que de réfléchir en termes de types géométriques préalablement définis par le concepteur du logiciel, largement inspirés des modèles légataires de la cartographie numérique. D'un point de vue pratique, il n'a accès à ses données géométriques qu'au travers du logiciel, seul capable de décoder les formats propriétaires des fichiers de données. D'un point de vue commercial, l'inertie du capital (humain, temporel et financier) investi dans l'acquisition, la structuration et la mémorisation des données géométriques dans un système logiciel opaque maintient l'utilisateur dans un état de totale soumission vis-à-vis de son concepteur/distributeur de logiciel.

B. Spatialisation des bases de données

Une véritable révolution apparaît au milieu des années 1990, avec les premières tentatives de mémorisation et de gestion des géométries au sein de SGBD-R, au même titre et dans le même système que les attributs thématiques des objets géographiques (Herring *et al.*, 2008). En théorie, on sait que la chose est possible, mais le modèle relationnel doit être enrichi (utilisation de grands champs binaires – BLOB – et extensions aux propriétés du modèle objet-relationnel) et les types de données doivent être normalisés (ISO, 2002 ; OGC, 2008) avant que la solution ne soit opérationnelle. La « spatialisation des bases de données » consiste à ajouter une colonne spatiale à la table contenant déjà les attributs des objets géographiques. Cette colonne spatiale est censée contenir la géométrie et est documentée dans des tables annexes de métadonnées. Désormais, la géométrie est considérée comme un simple attribut supplémentaire des objets géographiques. Bien que la mémorisation sous forme binaire ne soit pas transparente, la normalisation des types de géométries et du processus de spatialisation des bases de données libère l'utilisateur de nombreuses contraintes et garantit une relative interopérabilité.

Il reste que le procédé maintient, au moins en première analyse, une relation biunivoque entre un objet géographique et une géométrie et que, dans l'attente d'une éventuelle extension des normes aux résultats des recherches en cours en raisonnement spatial (Winter *et al.*, 2007), le nombre, les types et les opérations sur les géométries sont limités.

VI. GÉOMÉTRIE ET GML

L'avènement d'Internet a modifié sensiblement l'attitude de l'utilisateur face aux données géographiques (Green & Bossomaier, 2002 ; Peng & Tsou, 2003). L'accessibilité à distance aux bases de données des producteurs de

données, combinée au processus de normalisation des données et des services (OGC, 2008), a multiplié les possibilités d'applications tout en améliorant la pratique (en évitant les acquisitions de données maladroites et la rétention de données) et, finalement, la qualité des résultats des analyses.

L'échange de données géographiques via Internet utilise le langage de description de données normalisé GML (Geography Mark-Up Language) au sein duquel les géométries sont associées aux objets géographiques de façon originale (Lake *et al.*, 2004). Sans entrer dans le détail, on notera que tout objet du monde réel est décrit en GML par la création d'une instance, nommée et identifiée, à laquelle on peut ajouter des propriétés descriptives. Celles-ci peuvent être associées à des valeurs de façon classique, mais aussi à d'autres objets par l'intermédiaire de fonctions.

L'originalité de GML consiste à considérer le concept de géométrie comme un objet à part entière, indépendamment des objets géographiques susceptibles d'occuper ou de partager cette géométrie. Les types de géométries reconnus sont ceux définis par les standards mentionnés précédemment, tandis que les coordonnées leur sont associées en tant que propriétés valuées. Le mécanisme d'association d'une géométrie à un objet géographique passe par les propriétés de ce dernier et l'usage d'une fonction adéquate : position, centre, axe central, extension, etc. Une ou plusieurs géométries peuvent ainsi être associées à un ou plusieurs objets géographiques. Conceptuellement, ce mécanisme est extrêmement puissant puisqu'il permet, par exemple, de manipuler des objets à géométries multiples (tels que ceux issus de la généralisation conceptuelle), mais aussi, plus universellement, de s'affranchir des contraintes strictement géométriques dans tout raisonnement géographique.

CONCLUSIONS

Le caractère géométrique confère à l'information géographique sa spécificité. Très tôt, son rôle est explicite en analyse spatiale et, via un changement conceptuel non trivial, en cartographie. Il a été renforcé, sans doute à l'excès, par la mémorisation sous forme de fichiers numériques lourds, opaques et coûteux à construire et à gérer, durant toute la fin du XX^e siècle. Les contraintes alors induites par une géométrie quasi figée en diversité et en qualité ont limité le champ du raisonnement géographique. Le mécanisme de spatialisation des bases de données qui apparaît avec ce siècle remet la géométrie au rang banal des attributs des objets géographiques, tout en favorisant l'interopérabilité et vraisemblablement la qualité des analyses. Mais la distinction entre des objets-géométries et des objets géographiques, ainsi que leur association par l'intermédiaire de fonctions spatiales telles qu'introduites presque subrepticement dans le langage de description de données GML, invitent à une réflexion et une application renouvelée de l'information géographique.

BIBLIOGRAPHIE

- ACADÉMIE FRANÇAISE 1932-1935. *Dictionnaire de l'Académie française*, <http://atilf.atilf.fr/academie.htm>
- ATILF 2009. *Le trésor de la langue française informatisé*, <http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>.
- BERTIN J. 1967. *La sémiologie graphique. Diagrammes, réseaux, cartes*. Paris : Gauthiers-Villars - Paris : La Haye, Mouton & C^{ie}.
- BORD J.-P. 2000 (revu en 2006). Géographie et sémiologie graphique : deux regards différents sur l'espace. *Cybergeog*, article 149. <http://www.cybergeog.eu/index501.html>
- CLAVAL P. 1997. L'évolution de quelques concepts de base de la géographie. Espace, milieu, région, paysage (1800-1990). *Les discours de la géographie* (Staszak). Paris : L'Harmattan, pp. 89-118.
- DE SMITH M.J., GOODCHILD M.F. & LONGLEY P.A. 2007. Geospatial Analysis. A Comprehensible Guide to Principles. *Techniques and Software Tools*. Leicester : Troubador Publishing.
- DENT B.D. 1996. *Cartography, thematic map design*. Chicago : WCB Publishers.
- DONNAY J.-P. 1987. Saisie de données géographiques et cartographie assistée par ordinateur. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 22-23, pp. 11-38.
- GREEN D. & BOSSOMAIER T. 2002. *Online GIS and Spatial Metadata*. Londres : Taylor & Francis.
- HERRING J.R., SHARMA J., KOTHURI R.V. & RAVADA S. 2008. Geometry Semantics in Spatial Information. *Creating Spatial Information Infrastructures : Towards the Spatial Semantic Web* (Van Oosterom & Zlatanova). Boca Raton (FL) : CRC Press, pp. 19-36.
- ISO 2002. *ISO/DIS 19101 : Geographic Information - Reference Model*. Genève, ISO/TC211: 42.
- LAKE R., BURGGRAF D.S, TRNINIC M. & RAE L. 2004. *Geography Mark-Up Language (GML)*. Chicester : Wiley.
- OFFICE QUÉBÉCOIS DE LA LANGUE FRANÇAISE 2004. *Le grand dictionnaire terminologique*. <http://www.oqlf.gouv.qc.ca>
- OGC 2008. « *OGC Reference Model. V 2.0.* » <http://www.opengeospatial.org/standards/orm>.
- PENG Z.-R. & TSOU M.-H. 2003. *Internet GIS. Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks*. Hoboken (NJ) : Wiley.
- WINTER S., DUCKHAM M., KULIK L. & KUIPERS B. (eds.) 2007. *Spatial Information Theory*. COSIT, Melbourne, Berlin : Springer

Coordonnées de l'auteur :

Jean-Paul DONNAY
 Professeur ordinaire
 Unité de Géomatique
 Université de Liège
 JP.Donnay@ulg.ac.be