

LE CARTOGRAPHE FACE AUX MODÈLES TEMPORELS DE L'INFORMATION SPATIALE

Par Nico Van de WEGHE¹
Philippe de MAEYER

Université de Gand, Département Géographie
Krijgslaan 281, 9000 Gent, Belgique

E-mail: philippe.demaeyer@rug.ac.be ; nico.vandeweghe@rug.ac.be

INTRODUCTION

La carte est le produit de la symbolisation par des cartographes de la réalité spatiale observée par des spécialistes thématiques. Ceux-ci interprètent cette réalité à un moment donné. Rares sont les cartes exprimant réellement la dynamique temporelle.

Pour bon nombre d'utilisateurs l'aspect instantané d'une carte va de soi. Pour une carte thématique, on précise cet aspect temporel en indiquant la date de référence dans le titre ou la légende. Pour une carte de navigation, on retrouve de même, souvent hors cadre, la date ou le numéro de l'édition. En consultant la carte routière on vérifie ainsi si l'information est encore actuelle. Sur une carte topographique, on mentionne les dates de levés et de révision des mises à jour.

La gestion des données spatiales, l'analyse de ces données et leur représentation se font aujourd'hui essentiellement à l'aide de systèmes d'informations géographiques. Si, en principe, on peut, à l'aide de métadonnées, spécifier clairement les conditions dans lesquelles on a collectionné les données, ainsi que les dates y afférant, on doit constater que souvent cette possibilité reste mal ou peu employée. L'utilisation de données numériques accentue en même temps un problème connu des cartographes : l'aspect volatil de l'information spatiale.

TYOLOGIE DES MISES À JOUR

La réalité spatiale observée par les spécialistes thématiques est dynamique et nécessite effectivement une mise à jour de l'information spatiale. La méthodologie de la mise à jour est importante. Bien souvent elle est réalisée *ad hoc* ou en fonction de facteurs extérieurs (tels les moyens budgétaires). Si les contraintes et les frais de la collecte des mêmes données ne diffèrent guère entre un produit destiné à l'information géographique digitale et un produit à vocation cartographique conventionnelle, on constate très vite que la diffusion de ce dernier implique des frais de

production, de multiplication et de diffusion cartographique élevés. De là aussi l'importance des moyens de diffusion cartographique par le Web. Néanmoins il faut discerner à ce sujet l'information qu'on met à disposition d'une manière statique - ce sont à ce moment -là des cartes mais sur un support non-conventionnel -, de l'information qu'on met à disposition sur le réseau d'une manière interactive, permettant de recréer une visualisation temporelle dynamique².

Dans une approche théorique des mises à jour on étudie la fréquence ou la définition temporelle des mises à jour, ainsi que la manière dont on réalise la mise à jour de l'information géographique. Ainsi on peut distinguer différentes formes de mises à jour de données géographiques.

Mise à jour périodique ou irrégulière

Pour certaines applications, on préférera une mise à jour périodique, la période d'échantillonnage est alors toujours la même. Ainsi pour des données démographiques il est d'usage de pouvoir disposer annuellement, par exemple au 31 décembre, du nombre d'habitants pour un ensemble d'unités territoriales. Si on traite des informations pour lesquelles on ne peut disposer de données sur une base équitemporelle, il est essentiel de faire une distinction entre des phénomènes continus (ou assimilés, par exemple le déplacement d'un glacier) et des phénomènes discontinus. Pour des phénomènes continus, on doit définir les quantités significatives minimales, seuils au-delà desquels il s'avère nécessaire de procéder à un relevé de la réalité. Pour les phénomènes discontinus, on essaie d'observer la réalité aux moments significatifs du changement ou de l'événement (*event-based model*). Ainsi les informations concernant des changements de frontières ou autres limites territoriales seront datées aux dates effectives de ces changements. On en voit l'application dans les atlas historiques, faisant un inventaire territorial après chaque guerre, traité ou autre événement ayant changé la physionomie de l'Europe des frontières.

1 aspirant FWO-Vlaanderen

2 voir à ce sujet e.a. [KRA 2000]

Mise à jour rétro- et proactive

En fonction de l'application, un modèle de données peut supporter différents types de définitions d'axes du temps. Les plus utilisés sont le **temps valide** ou **temps universel**³ (t_U) et le **temps de transaction** ou **temps de base de données** (t_{BD}). Le temps valide exprime le moment où un phénomène survient dans le monde réel. Il peut être exprimé dans plusieurs référentiels temporels, par exemple le temps universel (TU, heure GMT), le temps légal, Un modèle spatio-temporel qui ne supporte que le temps valide est appelé un modèle historique (*historical model*). Un modèle historique donne ainsi de l'information sur le passé réel, mais non sur l'historique de la base de données. Une base de données cadastrales permet ainsi de fixer la date de la transaction immobilière.

Le temps de base de données est le moment où on introduit le phénomène dans la base de données. La même base de données cadastrales comportera alors une information concernant le moment où la mutation cadastrale a été enregistrée. Si par contre on n'exprime les événements dans la base de données qu'en temps des transactions, on parle d'un *rollback model* ou d'une *rollback database*. Ainsi tout événement ou changement n'est connu que par rapport à cet axe de temps et il est impossible de savoir quand il a eu lieu dans le monde réel⁴. Ce type d'enregistrement temporel peut être important pour des cartographes. En cartographie routière ou dans le cas des cartes de navigation réalisées à partir de bases de données, il reste⁵ à pratiquer lors de chaque édition un important travail de mise au propre du rendu graphique. Il est donc important de générer cette visualisation cartographique à partir d'une base de données adéquate⁶. Pour cela il est nécessaire de connaître les différences entre la dernière version de la base de données utilisée et la présente. Il faut donc, à cet effet, enregistrer le moment de chaque rentrée ou mutation, y compris des objets qu'on enlèverait de la base de données.

Dans le cas où le modèle soutiendrait les deux référentiels temporels, on parle d'un modèle bitemporel (*bitemporal model*). Ces modèles sont les plus complets et permettent de répondre au mieux à des interrogations (*queries*) intégrant un aspect temporel. Dans le cas où aucun aspect temporel ne serait intégré dans les données, on parle d'un modèle instantané (*snapshot model* ou *static model*). Un modèle instantané ne donne que l'information actuelle, tout état préalable est éliminé lors de la mise à jour de la base de données. Le parallèle avec la carte conventionnelle tient ici; en effet beaucoup de cartes ne reflètent que l'état des choses comme on les connaît (cfr. comme on les a enregistrées) au moment de la production cartographique. Le problème avec cette procédure de

mise à jour est qu'on laisse un vide d'information aux générations futures. Si pour la carte papier on pouvait toujours espérer pouvoir retrouver de l'information spatiale historique dans les archives ou les tiroirs d'une administration, on perd tout espoir que ce sera le cas pour l'information numérique spatiale conservée selon la procédure d'un modèle instantané.

Dans un *modèle bitemporel* trois types de mise à jour sont possibles, dépendant du moment de la mise à jour. Lors d'une *mise à jour rétroactive* $t_{BD} > t_U$, la mise à jour est faite après le changement du monde réel. Dans le cas où $t_{BD} < t_U$, on parle d'une *mise à jour prédictive* puisqu'on introduirait le changement dans la base de données avant qu'il ait eu lieu dans le monde réel. On retrouve ce type de mise à jour aussi bien sur cartes conventionnelles, par exemple les POS, que dans des bases de données. Dans le cas où $t_{BD} = t_U$, on parlerait d'une *mise à jour en temps réel* ou synchrone. On peut difficilement trouver un équivalent - vu les délais de fabrication - dans la cartographie conventionnelle. Par contre, on observe plusieurs applications de cartographie électronique, e.a. sur le Web, où on retrouve une cartographie en temps réel. Souvent cette visualisation est en relation avec le suivi ou le traçage (*tracking*) d'objets en mouvement en temps réel (navires dans un port, une flotte de voitures sur le réseau routier, ...) ou en léger différé (par exemple en météorologie).

Mise à jour globale ou mise à jour partielle

Ces mises à jour peuvent concerner l'ensemble d'un territoire ou une partie. Dans les deux cas, elles peuvent impliquer tous les objets ou un certain type d'objets, et un ou tous les attributs de ces objets.

Ainsi une base de données routières peut être adaptée pour certaines communes et pas pour d'autres (par exemple parce qu'on a reçu de certaines administrations de nouvelles informations). Une mise à jour partielle selon un certain type d'informations ou selon un certain attribut se pratique souvent, même dans un but cartographique. On en trouve des exemples dans les cartes surchargées d'une information complémentaire (par exemple des points de distribution). Une mise à jour partielle d'*objets* ou d'*attributs* n'est pas nécessairement une mauvaise chose, dans la mesure où ce n'est souvent que cette information actualisée qui intéresse en premier lieu l'utilisateur. Dans beaucoup d'applications thématiques utilisant un fond topographique on a la même situation. Le fond topographique d'une carte géologique⁷ n'est pas nécessairement le reflet de la situation topographique actuelle lors de la production.

3 *universal time* est ici le plus souvent employé dans la littérature anglo-saxonne. L'expression est à ne pas confondre avec le temps universel (TU) dans le sens de l'heure GMT, le temps du méridien de Greenwich

4 on sait au mieux - sauf dans le cas d'un modèle prédictif - que l'évènement a eu lieu avant ou au moment de l'enregistrement dans la base de données

5 l'emploi de logiciels de visualisation plus avancés permet de limiter ce type de travail d'édition. Une approche par des données-objet solutionnera sans doute à l'avenir ce type de problème. Ces approches sont actuellement souvent encore expérimentales.

6 par exemple des objets déplacés permettant une meilleure visualisation, une meilleure imposition des textes,...

7 ainsi en Belgique, dans les années 1960, lors de l'édition de la carte pédologique on a continué d'employer l'ancien fond cartographique au 1 : 20 000 de la première carte de base d'avant guerre, au lieu d'utiliser le 1 : 25 000 de la deuxième carte de base qui devenait disponible. De la même manière la carte géologique de Wallonie éditée à partir des années 1990 au 1 : 25 000 continue d'utiliser le fond de la deuxième carte de base au lieu d'utiliser le fond de la nouvelle carte topographique (troisième carte de base) au 1 : 20 000

Dans le cadre d'une carte ou lors de la transmission de base de données, on a en tout cas intérêt à éviter les mises à jours *territoriales* partielles. On essaie de livrer au lecteur de la carte ou à l'utilisateur de la base de données un rendu (visuel) cohérent de la réalité. Néanmoins on constate qu'en pratique, pour plusieurs applications, ceci est illusoire. Comme exemple on constate déjà que les éléments d'imagerie (que se soit de la photographie aérienne ou de l'imagerie satellitaire) ayant servi à la réalisation ou à la mise à jour d'une feuille topographique complète ne sont pas nécessairement datés de la même époque.

Mise à jour destructive et non destructive

Lorsqu'on conçoit un produit d'information géographique, tel une carte ou une base de données numériques, il est important de faire le choix adéquat entre une conservation destructive ou non-destructive de l'état périmé. Dans le premier cas on ne conserve pas l'état précédent. Les mises à jours cartographiques du cadastre napoléonien étaient destructives, puisqu'en pratique on changeait sur le document cartographique de manière irréversible la géométrie et le lien vers l'information alpha-numérique correspondante. Ceci est vrai de même manière pour les cartes aéronautiques ou hydrographiques, le pilote ou le capitaine ne s'intéressant qu'à l'information la plus actuelle. Dans le second cas, la méthodologie de conservation non-destructive, on conserve l'ancien produit pour une utilisation future potentielle. Dans le cas où ce produit était une carte, elle rejoignait ses prédécesseurs dans le tiroir ou le classeur prévu à cet effet. Quand il s'agit d'une information numérique le problème se pose en d'autres termes. Dans beaucoup de cas, et ceci malgré l'extension des capacités des disques durs, on ne conserve pas tous les états précédents sur le disque ou le réseau. On procède souvent à un archivage sur un support qu'on concevait ou qu'on considère comme stable, tels la bande magnétique, le CD-rom ou le DVD. Si depuis plusieurs décennies on connaît le manque de stabilité des supports magnétiques, on ne peut néanmoins négliger le risque à long terme que comportent les médias réputés stables. Si le cartographe, l'historien et le géographe réalisent aujourd'hui des études paysagères ou socio-économiques historiques, c'est parce qu'ils ont accès à des cartes et autres documents datant d'il y a plusieurs siècles. Nos données statistiques, géographiques et cartographiques donneront sans doute beaucoup de fil à retordre à nos successeurs d'ici un ou deux siècles. Déjà bon nombre de géographes se trouvent confrontés au problème de la lecture d'archivages sur disques souples de cinq pouces un quart ou à la consultation d'imagerie d'il y a une dizaine d'années sauvegardée sur bande magnétique. On doit espérer qu'au moins ils disposeront des outils nécessaires à la lecture des données des anciens.

Il est donc nettement, d'un point de vue temporel, préférable de conserver les données historiques dans le set

actif de données. Ceci a naturellement comme désavantage d'alourdir les fichiers numériques, mais facilite naturellement l'analyse temporelle ou la reconstruction dynamique de l'espace.

SIG TEMPOREL

On peut définir⁸ l'information géographique comme une combinaison de trois variables : les *phénomènes* ou *objets* qu'on observe en soit (et qui sont caractérisés par leurs attributs), la *localisation* de ces objets et le *moment* où ces objets s'y trouvaient. La plupart des cartes et des SIG ne rendent vraiment compte que des deux premières variables. Soit on déduit, par la nature de l'objet ou du phénomène, qu'il s'agit réellement d'un instantané, soit le temps est complètement négligé.

Un SIG où l'on optimise la gestion de l'aspect temporel, est appelé un SIG temporel (*temporal GIS*). En cartographie papier ceci est nettement plus difficile⁹ pour des changements fréquents ou à cycles courts⁹ : soit les moyens sémiologiques, soit le processus de production cartographique limitent ce type de représentation temporelle. La cartographie écran, basée ou non¹⁰ sur une consultation en ligne d'une base de données géographique spatio-temporelle, peut apporter une solution technique efficace à ce type de problème de visualisation temporelle.

SIG, TEMPS ET PRODUCTION CARTOGRAPHIQUE

Si, en cartographie imprimée, la mise en oeuvre de l'outil de reproduction reste lourde, on constate que dans la phase préparatoire à la multiplication (mise à jour de l'information et travaux de prepress) l'emploi efficace d'outils informatiques, une fois en place, allège la préparation à l'édition. Ceci permet de mieux gérer l'édition.

L'emploi des outils informatiques permet en outre de générer une cartographie imprimée 'à la demande', qui, produite dans le cas d'une mise à jour synchrone, donne une visualisation optimale du monde réel. Malgré tout, cette forme de cartographie ne représente aujourd'hui qu'une fraction du marché, surtout dans les grands formats.

La diffusion par la Toile deviendrait actuellement, a priori, l'outil le plus indiqué pour une visualisation temporelle et synchrone. Si cet outil offre, en même temps, la facilité de symboliser aisément la dynamique spatiale et de permettre la diffusion de l'information d'une manière synchrone, il faut néanmoins (et ceci malgré toutes les astuces technologiques) se rendre compte des limites de ce support¹¹. L'utilisateur de la carte écran n'y trouve ni la qualité sémiologique d'une production papier, ni l'aisance de la synthèse visuelle et mentale lors de l'observation du document cartographique.

8 voir e.a. [SIN 78] dans [ABR 99]

9 tout changement fréquent ne correspond pas nécessairement à un changement cyclique

10 la visualisation peut être basée sur une suite d'images statiques, générées dans des outils de dessin ou multimédia

11 dans beaucoup de cas le champ est limité à une visualisation inférieure à 1024 sur 768 points

CONCLUSION

L'intégration des outils informatiques et plus spécifiquement l'emploi des SIG en cartographie de production confronte le cartographe d'une autre manière avec le temps. Non seulement la représentation du temps est possible de manière innovatrice, mais le rythme des publications et les supports des documents cartographiques sont aussi influencés.

Bibliographie

[ABR 1999] Abraham T. & Roddick J.F., Survey of Spatio-Temporal Databases, in: *Geoinformatica*, vol. 3, nr. 1, p. 61-99, 1999.

[KRA 2000] Kraak M.J. & Brown A., *Web cartography: developments and prospects*, 2001.

[SIN 1978] SINTON D.F., The Inherent Structure of Information as a Constraint to Analysis: Mapped Thematic Data as a Case Study, in: *Harvard Papers on GIS*, vol. 7, p. 1-17, 1978.