

# Introduction

Par Dr. Françoise ROURE  
et Didier PILLET  
Conseil général de l'Économie

La production des cartes a connu, avec la numérisation de la société, une révolution copernicienne, dont nous observons les effets dans notre vie quotidienne, personnelle et professionnelle. La possibilité d'intégrer dans les cartes de grandes quantités de données hétérogènes, réelles ou créées, pour offrir une représentation visuelle dédiée à un endroit et/ou à un usage précis<sup>(1)</sup>, représente un fort potentiel d'innovation quant aux applications et services induits, et, par conséquent, une gamme de services à valeur ajoutée en expansion rapide.

Les équipements et logiciels d'acquisition de données cartographiques utilisés par les pilotes de drones se multiplient, des données qui sont rapidement agrégées en trois dimensions, notamment en milieu urbain dense au bâti élevé que l'on rencontre dans les mégapoles asiatiques ou américaines, pour des usages ciblés sur des endroits d'intérêt.

C'est une cartographie, que l'on pourrait appeler 4.0 par référence à l'industrie 4.0, qui émerge, à la fois dynamique et multi-échelle. Elle forme un défi avant tout scientifique et technologique, mais aussi institutionnel, entrepreneurial, légal, éthique et sociétal. La puissance et le rôle des cartes « vivantes », interactives, dans l'amélioration de la prise de décision, justifient l'engouement général et massif dont elles bénéficient au vu de l'usage qui en est fait dans de nombreuses applications numériques.

De nombreux acteurs innovants de la cartographie émergent aux côtés d'établissements publics spécialisés en géodésie et en géosciences, tels que l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) ou le Bureau de Recherches géologiques et minières (BRGM). Cependant, la mise en relation des offres cartographiques avec les demandes des utilisateurs finaux reste à ce jour verrouillée par quelques grands agrégateurs mondiaux des données numériques qui circulent sur les réseaux sociaux (GAFA pour les États-Unis, BATX<sup>(2)</sup> pour la Chine). Il est estimé qu'un quart des cartes du monde réel en deux dimensions nécessitent une actualisation chaque année<sup>(3)</sup> pour rester pertinentes, ce qui accélère l'obsolescence de ces cartes et accroît donc la compétitivité des cartes numériques du XXI<sup>e</sup> siècle.

Les nouvelles applications de la cartographie se diffusent très rapidement ; elles représentent un marché mondial potentiel de l'ordre de 20 milliards d'euros à moyen terme (horizon 2023). Celles en cours de développement pour le véhicule autonome, un domaine hautement concurrentiel appuyé par les gouvernements de pays leaders en matière de technologies de l'information et de la communication et de construction automobile, dont celui du Japon, représenteraient à elles seules plus de la moitié de ce marché. Celui-ci est par ailleurs segmenté par finalités d'usage (telles que la traçabilité d'items, l'optimisation de routes aériennes, terrestres ou sous-marines, le management du risque ou de catastrophes) et par technologies (systèmes d'information géographique/SIG, télédétection par laser/LiDAR<sup>(4)</sup>, ortho-photographie aérienne ou satellitaire...).

Le monde industriel, civil et militaire, comme les pouvoirs publics, entrent aujourd'hui de plain-pied dans les techniques et les services cartographiques 4.0. Les grands groupes des domaines de l'énergie, de l'agriculture, de la logistique, du transport aérien et des voyages, de l'automobile, de la grande distribution et de l'immobilier, des médias et loisirs, des communications électroniques, des réseaux sociaux, s'attachent aujourd'hui les meilleurs talents cartographiques, directement ou dans le cadre de modèles d'innovation ouverte. L'État, pour toutes ses fonctions régaliennes, et les collectivités locales ainsi que les opérateurs de grandes infrastructures publiques trouvent dans les innovations en cartographie une voie de modernisation de leur action et de gain en termes d'efficience.

Ce numéro des *Annales des Mines* a pour ambition de faire connaître les enjeux à la fois technologiques et économiques de l'expansion du domaine des cartes au XXI<sup>e</sup> siècle. Il présente des frontières scientifiques et techniques, des jeux d'acteurs, la variété des applications cartographiques multi-échelle, les formations qui accompagneront les investissements dans ces différents domaines ainsi que des modèles économiques durables pour la cartographie 4.0, en croisant, comme notre revue en a l'habitude, le regard d'universitaires, de responsables publics et de dirigeants d'entreprise.

(1) Le domaine ainsi défini pourrait être traduit par "map mashup expanded cartography". Source : ESRI Press Team, Digital Map Mashups, December 19, 2017.

(2) Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi, les géants du Web chinois apparus dans les années 2010.

(3) HERE, société allemande de données géospatiales cartographiques augmentées.

(4) Light Detection And Ranging (LiDAR).

Dans une première partie, sont abordés les aspects touchant à la création et à la fabrication de la cartographie « 4.0 ». On y découvre comment cette cartographie est en passe de bouleverser les pratiques en la matière dans nombre de secteurs d'activité et de corps de métiers. On peut citer notamment les applications adossées aux techniques de l'observation du système Terre, ou encore celles se rapportant au secteur du BTP, avec des concepts tels que la localisation *indoor*. Les perspectives en matière de technologie sont en particulier détaillées dans cette première partie, avec, par exemple, l'émergence de concepts innovants, tels que la photogrammétrie qui ouvre d'intéressantes possibilités dans le domaine de la cartographie reconstruite en 3D, tout en laissant entrevoir une baisse radicale des coûts de fabrication pour le cinéma et la télévision.

Par ailleurs, l'introduction de la dimension temporelle, alliée aux possibilités offertes par les techniques holographiques, est en passe de révolutionner la cartographie, en annonçant notamment l'irruption de la vidéo volumétrique dans le paysage cartographique, une révolution préfigurant une cartographie 4D d'ores et déjà en marche. Enfin, cette première partie est aussi l'occasion de faire un point sur la question importante des standards, ainsi que sur la formation aux nouveaux métiers de l'infographie. Elle n'oublie pas non plus d'apporter un regard sur la confrontation entre les sciences exactes et les sciences sociales, qui, s'agissant du champ de recherche attaché aux techniques de visualisation, induit un dialogue inattendu entre deux groupes d'experts : les informaticiens et les physiciens, d'une part, et les designers, d'autre part, ces derniers étant parfois assistés de psychologues.

Faisant suite à cette première partie, un second volet est consacré à la valorisation de la cartographie « 4.0 ». Cela couvre de nombreux domaines qui vont de la gestion des territoires, des parcelles agricoles et du bâti, à celle de la mobilité terrestre, en passant par une cartographie utilisée dans le cadre de la prévention et la gestion des crises résultant de catastrophes naturelles. Cela constitue autant d'exemples où est mis à profit l'atout principal de la cartographie « 4.0 », à savoir sa précision. Il en est ainsi de la gestion des territoires, laquelle nécessite une modélisation et une cartographie précises, et qui, par ailleurs, donne lieu à des actions de normalisation, au travers notamment du concept GeoBIM, lequel concrétise le mariage de la cartographie conventionnelle avec la modélisation numérique du bâti (BIM : *building information model*). La planification de l'espace maritime (PEM) est un autre exemple, où le bon déroulement spatio-temporel des usages maritimes est tributaire, là aussi, de données, à la fois pertinentes et précises, et où la cartographie « 4.0 » a dès lors toute sa place. Il en est de même avec les applications de la cartographie « 4.0 » dans la gestion des traits de côte, la cartographie numérique des bassins hydrologiques ainsi que dans le domaine agricole, où la description précise des parcelles assure une exploitation optimale des cultures, à travers, par exemple, l'utilisation différenciée des intrants que permet la finesse de cette description.

Il existe un autre aspect important attaché à la cartographie, plus exactement à la cartographie « 4.0 ». Cela concerne l'accès aux données cartographiques, ce qui renvoie notamment aux besoins existants en termes d'usage et de partage de ces données. Dans ce numéro sont décrits des exemples qui portent sur la réalisation de plateformes, dont les missions couvrent l'acquisition, la collecte, l'intégration, la diffusion et l'accompagnement à la valorisation de données géographiques de référence et de données métiers, ce qui contribue à la modernisation des métiers et pratiques de la cartographie.

Ce type de plateformes transactionnelles est également au cœur des applications de gestion de la mobilité terrestre, où la précision de la cartographie routière dépend très étroitement des remontées massives des données de terrain, ainsi que du traitement dont elles sont l'objet au niveau de ces plateformes. Deux exemples sont ainsi donnés qui portent, pour l'un, sur la navigation routière, et, pour l'autre, sur la localisation et l'état des bornes de recharge de véhicules électriques ou hybrides rechargeables. Au final, à la lecture des articles passés ici en revue, la cartographie numérique apparaît être un outil fantastique, où l'information cartographiée, géolocalisée et à jour serait à la portée d'un simple clic de souris.

Un article du présent numéro de *Responsabilité & Environnement* nous met pourtant en garde en soulignant que, dans les faits, l'usager est confronté à une mosaïque de cartographies et de systèmes non communicants et non compatibles entre eux, et qui, faute de mode d'emploi, le laissent dans l'incompréhension des interférences et autres incohérences observées en la matière.