

Géomatique, leçon inaugurale

La création de la chaire de géomatique du Conservatoire national des Arts et Métiers (CNAM), fut l'occasion, pour le tout nouveau titulaire, Laurent Polidori, également directeur de l'ESGT, de revenir sur l'histoire et la définition de la géomatique. Compte-rendu de cette heure de présentation magistrale, dans les ors feutrés du Conservatoire et au milieu d'une assistance captive.

Qu'est-ce que la géomatique ?

Pour le lexicologue, il s'agit d'un terme de création récente, dont on peut tracer les racines à l'intersection entre la géographie et l'informatique. Ce terme a toutefois été utilisé dans divers contextes, aussi la meilleure définition que je puisse proposer se formulerait ainsi : « *la géomatique est un ensemble de techniques géographiques, souvent anciennes et développées séparément, mais auxquelles une mise en œuvre numérique permet désormais de cohabiter dans un même environnement informatisé.* »

Origines et principes de la géomatique

Naturellement, la géomatique dérive de la géographie. Cette discipline a, de tout temps, visé à expliquer les traces que les hommes laissent sur leur Planète : frontières, aménagements, modifications de l'espace naturel, etc. Pour cela, la géographie a créé des systèmes de repérage qui permettent d'identifier de manière univoque les points de la Terre, et des relations entre ces points. Géographie et géométrie sont donc intimement liées depuis l'Antiquité. Les astronomes, puis Euclide et Ptolémée, ont contribué

à fixer le système de coordonnées toujours en usage de nos jours : sans l'observation du ciel, nous ne saurions pas que notre Terre est ronde, nous n'en connaîtrions pas sa dimension, et nous n'aurions pas de calendrier. À la Renaissance, algèbre et géométrie fusionnent, et la seconde va évoluer en même temps que la première, avec la naissance de la géométrie différentielle, dont la suite logique est la découverte par Riemann et Lobachevski du calcul tensoriel et des espaces non-euclidiens, où la

et ses représentations courbes. Plus proche de nous, les paysages complexes ont pu être décrits par des théories chaotiques ou fractales. L'arrivée de l'informatique marque l'aube d'une géométrie numérique discrète, où le continu est remplacé par des *pixels*, base de la photogrammétrie numérique. Parallèlement à ces avancées calculatoires, diverses techniques sont venues raffiner la mesure de la surface terrestre : la télémétrie laser sur satellite artificiel ; le GPS, sa contrepartie russe *Glonass* et



L'amphithéâtre Abbé Grégoire où avaient été conviés un parterre de personnalités pour l'occasion.

somme des angles d'un triangle ne fait plus nécessairement 180° . Einstein s'appuiera sur ces fondements théoriques pour lier matière et courbure de l'espace-temps ; de même, la géodésie développera des relations entre la surface terrestre

bientôt d'autres ; l'interférométrie radar ; l'altimétrie radar qui, en mesurant la surface des océans, permet également de déterminer la surface du géoïde, c'est-à-dire de l'équipotentielle du champ de pesanteur terrestre.

Ces mesures sont corrélées entre-elles grâce à la triangulation, une technique issue des progrès importants effectués par la mesure des angles au XVIII^e siècle, au fur et à mesure que les instruments d'optique devenaient plus précis. C'est la base de la carte de Cassini, mais aussi de la mesure de l'aplatissement de la Terre. Deux topographies coexistent : celle, locale, des arpenteurs, et celle, globale, des cartographes et des explorateurs. Il faudra attendre la fin du siècle dernier pour voir enfin la mesure de distance progresser, grâce au rayon laser et à la mesure du temps aller-retour entre la station et un réflecteur : méthode applicable aussi bien sur des chantiers que pour estimer la distance Terre-Lune. Les lidars, qui produisent des nuages de points 3D, se fondent sur la même technique.

Photographie aérienne et photogrammétrie

Pionnier de la photographie aérienne, Félix Tournachon, alias Nadar, qui, vers 1860, monte en ballon pour photographier Paris. Ce n'est toutefois que dans les années 1930 que la photogrammétrie aérienne se développe, d'abord dans les pays germaniques ; rappelons que celle-ci met en jeu deux images décalées, un couple stéréoscopique, qui, vues au travers d'un restitu- teur, permettent à l'opérateur de percevoir et de suivre le relief du terrain. Ces restituteurs sont désormais informatisés et, parfois, semi-automatiques. Une fois le relief dessiné, on peut se servir de cette information soit pour dessiner une carte, soit comme base à des opérations de « redressement » des photographies pour obtenir ce que l'on appelle une orthophotog- raphie, où chaque point de l'image est superposable à la carte.

Il faut aussi mentionner la télédé- tection : il s'agit ici de déduire les propriétés d'un objet par l'étude du spectre radioélectrique qu'il émet

ou qu'il réfléchit. La télédétection, majoritairement effectuée sur des clichés satellites, fait usage d'un grand nombre de longueurs d'onde, qui vont de l'ultraviolet aux ondes radio – qui ne sont ni gênées par la nuit, ni par les nuages –, chaque matériau ayant des propriétés de réflectance particulières. Dans le domaine optique, il faut également estimer de l'altération du spectre due à la traversée de l'atmosphère, altération qui dépend de la composi- tion des couches gazeuses.

La plupart des capteurs produisent une image bidimensionnelle, qui, aux informations spectrales, ajoutent une information géométrique situant et mesurant l'objet étudié. Si la résolution sol des clichés satel- lite est longtemps demeuré d'un ordre décimétrique, la tendance est maintenant à descendre au métrique, voire au submétrique. Il devient donc parfois difficile de distinguer une photo prise d'avion ou de satellite et, *in fine*, les produits deviennent équivalents du point de vue de l'utilisateur final.

La géostatistique

La géostatistique, issue de la prospec- tion minière, essaie de reconstituer des phénomènes continus à partir de mesures discrètes. Elle sépare le régulier du chaotique, tente de dégager des grandes tendances. On la rencontre dans des domaines aussi divers que la météo, l'information trafic ou les résultats électoraux. Inversement, elle suggère la manière de placer les points d'échantillonnage de façon à maximiser l'information que l'on pourra en tirer, en fonc- tion de critères mathématiques et de contraintes physiques, comme le sens de l'écoulement de l'eau, par exemple.

Les SIG

Partie la mieux connue des utiliza- teurs, le logiciel SIG qui, d'une base de données constituée de multi- ples champs (vecteur, c'est-à-dire des objets ponctuels, linéaires, 2D



En prélude à la leçon inaugurale, Anny Cazenave, de l'Académie des Sciences, présente brièvement la géomatique à l'auditoire.

ou 3D, ou bien *raster*, comme des images) et d'un langage approprié, extrait, superpose, croise et affiche les données, en tenant compte de principes sémiologiques issus de la cartographie traditionnelle, mais avec des possibilités de personnal- isation bien plus importantes.

Cet outil a été précocement adopté par les entités publiques, qui y ont vu un outil puissant de visualisation et de gestion de leur territoire. Cependant, force est de déplorer que les SIG ont sans doute été popularisés trop tôt, avant leur pleine maturité, et que des utilisateurs ont dû se détourner des problématiques géographiques pour se concentrer presque exclu- sivement à des préoccupations informatiques liées aux données. En outre, le SIG reste entaché d'un héritage issu de la carte papier : la description statique, incapable de calculer des coïncidences tempo- relles, et l'affection pour une description du territoire à base d'objets structurés au contenu homogène, souvent inadaptée à la réalité terrain.

Jusqu'ici, les SIG se sont de plus cantonnés à la description d'une donnée dite 2, 5D, qui découle du fait qu'à un point de la surface terrestre, sauf très rares excep- tions, il n'est possible d'associer qu'une altitude et une seule. La surface terrestre ressemble donc à bas-relief qui, observé de face, ne présente nulle partie cachée, une propriété physique qui découle de



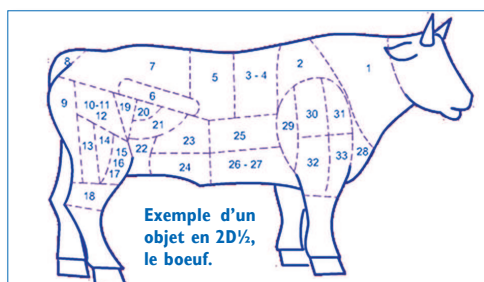
l'action érosive de la pesanteur, et qui se retrouve dans d'autres objets : par exemple le bœuf, dont la découpe est exposée chez votre boucher, présente une symétrie plane ; il a un avant et un arrière, et une forme convexe et symétrique qui permet, par une projection simple, de représenter la totalité de sa surface sur une feuille de papier en deux dimensions.

La recherche en géomatique

Si la géographie relève à la fois des sciences humaines, par ce qu'elle cherche à cartographier, et exactes, par les moyens qu'elle s'est donnés pour ce faire, la géomatique ressortit, elle, du domaine des sciences de l'ingénieur. Quel genre de recherche est-il possible d'y effectuer ?

Elles sont de trois types :

- ♦ Des recherches sur l'outil, afin de le rendre capable de traiter les données issues des capteurs les plus récents, ainsi



que d'améliorer les algorithmes et de les rendre, dans la mesure du possible, automatiques ;

- ♦ Utiliser la géomatique pour évaluer l'adéquation entre des phénomènes naturels et leur modélisation. Cet aspect comprend la fourniture de la donnée et son traitement, notamment la séparation du vrai signal d'avec ses artefacts ;

- ♦ Des efforts situés à la jointure des deux domaines précités, qui cherchent à stimuler leur émulation mutuelle.

Deux exemples :

- ♦ L'estimation de grandeurs non observables : le fond de la mer, le sol d'une forêt...en mélangeant télédétection et géostatistique, afin de produire une valeur issue d'une grandeur mesurée, d'une relation mathématique entre observé et désiré, et d'hypothèses plus ou moins grossières concernant ce dernier ;

- ♦ Le problème de l'échelle. Quelle échelle choisir afin de rendre observable, et compréhensible un phénomène donné ? Quels sont les impacts de l'échelle sur notre appréciation de ce phénomène ? Comment faut-il traiter les problèmes de généralisation ? N'y a-t-il pas à prendre également en compte une dimension linguistique, la façon de désigner les objets changeant selon le « recul » ?

Enfin, aspect non le moins intéressant de la recherche en géomatique,

sa capacité à faire la liaison entre des données purement descriptives, comme la déformation des sols, et leur communication vers un public large de profanes.

La géomatique est un domaine extrêmement fécond en matière de recherche, mais indissociable de la géographie classique.

Les usages de la géomatique

Historiquement, et parfois même encore actuellement les techniques géographiques sont liées aux activités militaires, en témoignent la célèbre carte d'état-major et le passé récent de l'IGN. N'en demeurent pas moins nombre d'applications civiles, comme le cadastre, la cartographie géologique et minière, l'aide à la navigation ou à la circulation routière, destinées à un public composé autant de professionnels que de simples particuliers.

La photographie aérienne, avec son pouvoir de figuration d'une réalité souvent composite, a grandement participé à la multiplication des usages de la géomatique, depuis l'agriculture jusqu'à l'urbanisme. Elle est surtout la source de nombreuses bases de données, souvent constituées et commercialisées par des entités publiques sous contrôle direct de l'État. C'est le cas de l'IGN en France, qui produit des bases recensant plus ou moins toutes les informations jusqu'ici disponibles sur les cartes papier. À l'échelle locale, ces bases peuvent concerner des réseaux, des espaces-verts, le jalonnement routier, etc. et possèdent toutes leur typologie propre.

Pour conclure sur les usages, deux grandes tendances :

- ♦ La géomatique intervient de plus en plus dans les grandes questions d'environnement et de société. Le Tour de France et le Paris-Dakar



Aimé Laussedat, fondateur de la photogrammétrie (1819-1907).

certes, mais aussi la grippe aviaire, les OGM, la crise du Darfour ou une marée noire. La géomatique peut nous aider à décrypter la dimension géographique des grandes évolutions sociétales ;

◆ Nous pouvons sans conteste affirmer que l'information géographique se démocratise : GPS, cartographie numérique, représentations 3D, *Google Earth*, *Géoportail*, orthophotographies, etc. Une fois les obstacles économiques et juridiques levés, la géomatique en tant qu'outil en est le moteur, avec, à la clef, une meilleure connaissance du territoire par ses habitants.

Revenons sur l'orthophotographie. C'est un document essentiel, car elle présente le terrain sous une forme objective, brute, et non au travers du prisme de l'esprit du cartographe qui rédige sa carte. Compréhensible, au moins grossièrement, par tous, quelle que soit sa culture, quel que soit son âge, elle ne peut être soupçonnée de mensonge, ce qui la rend intéressante pour toutes les démarches d'enquête et de contrôle menées par les pouvoirs publics.

La géomatique au CNAM

La chaire de géomatique, en dépit de sa nouveauté, puise très loin dans l'histoire du Conservatoire. La géographie figurait au nombre des arts dont l'abbé Grégoire, fondateur en 1794 du CNAM, prétendait éclairer la nation, à l'exemple de la définition concomi-

tante d'une unité de longueur universelle, le mètre.

Professeur au CNAM en 1873, qu'il dirigera entre 1881 et 1900, Aimé Laussedat fonde la photogrammétrie en ayant l'idée d'utiliser la photographie non pour simplement observer un paysage, mais également pour le mesurer. Mort en 1907, il ne verra pas la photogrammétrie aérienne qui prend son essor pendant les années folles. Vers 1930, un autre directeur du CNAM, Louis Raguey, feru de géographie, crée en 1937 une chaire de photogrammétrie confiée à l'hydrographe Henri Roussilhe, à l'origine de la création de l'Ordre des géomètres experts, à la Libération.

Dans la foulée, le CNAM crée un Institut de Topométrie en 1939. À la fin de la guerre, le Comité Central Interministériel des Travaux Géographiques, ancêtre du CNIG, confronté aux carences à la fois en termes humains (manque de géomètres) et technique, charge Louis Raguey de créer l'ESGT afin de former les futurs géomètres-experts. Pendant la guerre, sous l'impulsion du général Louis Hurault, l'ENSG verra le jour, chaperonnée par le tout nouvel IGN, issu de la dissolution du Service géographique de l'armée. ESGT et ENSG ont donc toujours été très proches.

La chaire de géomatique, qui vient d'être créée, domiciliée à l'ESGT au Mans, est la juste héritière de cette épopée. Elle doit composer avec toutes les nouvelles techniques apparues depuis soixante ans : les satellites, les ordinateurs, le GPS, la photographie numérique. Autant de facteurs qui bouleversent les milieux professionnels et auxquels le CNAM, au travers de sa chaire de géomatique, doit s'adapter en proposant des cursus adéquats, répondant tant aux besoins immédiats des professionnels qu'aux grands enjeux écologiques et sociaux des prochaines années. L'ESGT portant



Le premier Conseil Supérieur de l'OGE en 1946 (au premier plan à gauche, Louis Raguey, directeur du CNAM, commissaire du gouvernement auprès de l'Ordre).

(Cliché OGE)

la formation d'ingénieurs, le CNAM proposera d'autres diplômes, dans le domaine de la géomatique appliquée notamment à l'aménagement foncier, et se rapprochera non seulement de l'IGN, mais aussi des différentes formations universitaires, particulièrement géographiques, sans lesquelles la géomatique se limiterait à la sécheresse d'une série de mesures.

Quel est l'avenir de la géomatique ? Nul ne le sait. Il convient néanmoins de rappeler aux futurs élus que la technique n'est pas un factotum, et, qu'en matière d'aménagement du territoire, le meilleur choix respectera la nature et la convivialité entre les hommes. Espérons que ces géomètres, qui auront forgé de nouveaux paysages, sauront opportunément délaissier leurs outils, comme le sculpteur légendaire Pygmalion l'avait fait pour se délecter de son œuvre. ■



Après la leçon, l'« impétrant » reçoit de la main de l'administratrice générale du CNAM, Laurence Paye-Jeanneney, la médaille du Conservatoire.