



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Eléments de Géomatique

Polycopié 1 : Introduction à la Géomatique

Pierre-Yves Gilliéron
Audrey Ueberschlag
Geoffrey Vincent

Faculté de l'Environnement Naturel, Architectural et Construit
Institut d'Ingénierie de l'Environnement
Géomatique - Topométrie

Lausanne, édition Février 2014

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION À LA GÉOMATIQUE	3
1.1. CONTEXTE ET DÉFINITIONS	3
1.1.1. UNE DÉFINITION RÉCENTE	3
1.1.2. UNE NOUVELLE PERCEPTION DE NOTRE ESPACE	5
1.1.3. QUELQUES APPLICATIONS SPÉCIFIQUES	10
1.2. LES GRANDS AXES DE LA GÉOMATIQUE	13
1.2.1. ACQUISITION DES DONNÉES	13
1.2.2. TRAITEMENT INFORMATIQUE DES GÉODONNÉES	15
1.2.3. DIFFUSION ET REPRÉSENTATION DE L'INFORMATION	16

Avertissement

La plupart des figures de ce polycopié ont été créées à l'EPFL. Toutefois, les auteurs ont utilisé un certain nombre de ressources dont les références sont citées. Si l'une ou l'autre de ces ressources ne sont pas référencées correctement ou font l'objet d'un droit d'usage particulier, nous vous prions de bien vouloir le signaler à l'auteur.

Toute utilisation de ce support de cours doit se faire avec le consentement de l'auteur.

1. Introduction à la Géomatique

Vous avez sûrement déjà utilisé une application de cartographie sur votre téléphone portable ou bien le navigateur de bord de votre voiture pour rejoindre une destination, vous vous êtes étonnés face à un dispositif apparemment simple et qui est capable d'afficher très facilement votre position ? Vous avez parcouru la Terre grâce aux globes virtuels ou autres guichets cartographiques. Face à ces produits et services accessibles à tous, peu de gens sont conscients de toute la technologie nécessaire pour collecter, stocker et diffuser toutes ces informations géographiques. C'est sous l'étiquette « géomatique » que l'on retrouve la plupart des concepts et techniques appliquées à ce type d'information.

Ce polycopié a pour objectif d'introduire et de présenter les diverses facettes de la géomatique allant de la saisie de données sur le terrain jusqu'à la gestion informatisée des images et des supports cartographiques. Cet ouvrage permettra d'élargir vos connaissances sur l'histoire, les applications, les questions juridiques et les perspectives de développement des technologies de la géomatique.

1.1. Contexte et définitions

1.1.1. Une définition récente

Quelle est l'étymologie du mot Géomatique ? Il peut être décomposé en deux parties : ses racines viennent de "Géo", du latin « Terre », et "matique" du terme informatique, soit le traitement automatique de l'information à caractère géographique.

Sa récente apparition est proposée à la fin des années 1960 par le scientifique français Bernard Dubuisson, géomètre et photogrammètre de métier, afin de refléter ce que devenait la réalité de sa profession à ce moment-là.

En voici la définition officielle de l'Office de la Langue française :

"Géomatique : 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".

Le mot géomatique a donc été créé pour regrouper de façon cohérente l'ensemble des connaissances et technologies nécessaires à l'obtention, à la production et au traitement des données numériques décrivant le territoire, ses ressources ou tout autre objet ou phénomène ayant une position géographique. Ces informations sont intitulées comme données spatiales, géospatiales ou géographiques selon les usages des professionnels, avec la contraction géodonnées.

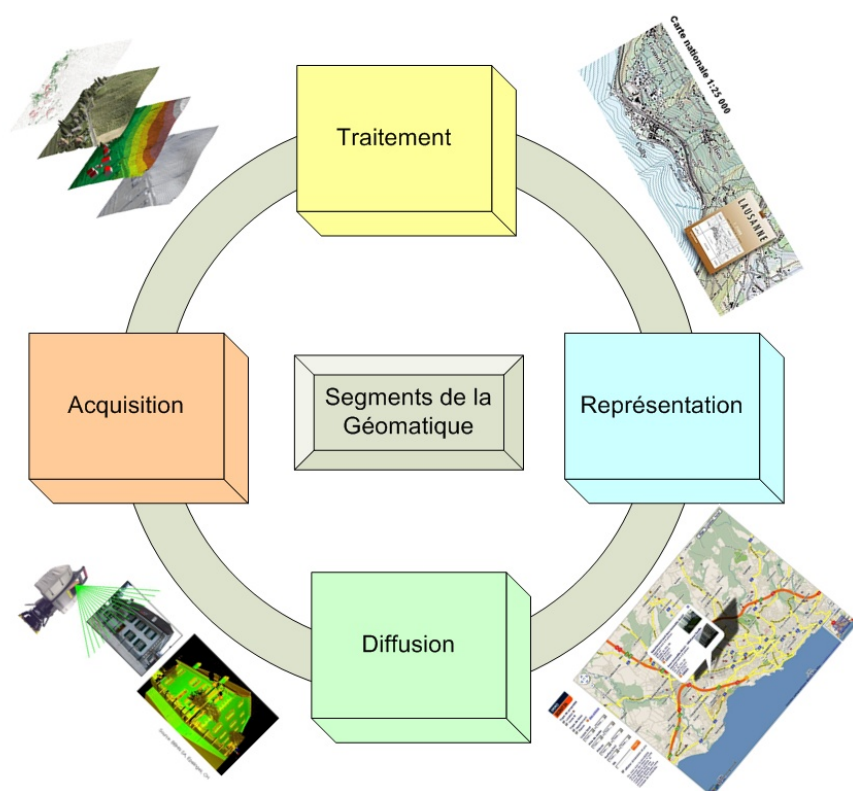


Figure 1-1 : Les différents segments de la géomatique

La géomatique, en tant que science, se situe au carrefour de plusieurs domaines. D'une part, elle trouve son ancrage dans les sciences de bases car les principes fondamentaux s'appuient sur les mathématiques et la physique. D'autre part, ses champs d'application sont multiples et touchent les différents domaines de l'ingénierie (construction, aménagement, environnement) ainsi que les sciences humaines et sociales (économie, géographie). Les sciences de l'ingénieur et de l'informatique sont là également pour appuyer tous les développements des technologies d'acquisition (GPS, capteurs, stations totales) et de traitement de l'information (bases de données, Internet, SIG).

Comme illustré sur la Figure 1-1, la géomatique regroupe les outils et méthodes permettant de récupérer, de représenter, de diffuser, d'analyser et d'intégrer des données géographiques. La topographie, la cartographie numérique, la géodésie et la localisation par satellites, les systèmes d'information géographique (SIG), la photogrammétrie et la télédétection figurent parmi les disciplines étudiées en géomatique.

Ce terme est aujourd'hui utilisé dans le monde entier par des associations scientifiques et professionnelles, par des universités, ou encore par des organismes gouvernementaux et des entreprises. Son essence a permis de refléter l'évolution rapide d'un domaine qui s'est imposé comme incontournable dans la représentation du monde qui nous entoure. Pensez à toutes les représentations cartographiques que vous consultez quotidiennement.

1.1.2. Une nouvelle perception de notre espace

A l'époque où chacun a accès à des outils de communication, les technologies de la géomatique sont particulièrement importantes afin de mieux cerner l'environnement qui nous entoure. La disponibilité grandissante d'Internet, l'augmentation du nombre de satellites dédiés au positionnement ainsi que l'apparition de ressources logicielles toujours plus innovantes ont changé notre perception de l'espace. Nous n'observons plus la Terre ou notre territoire de la même manière qu'à l'époque où seuls des cartes ou des plans papiers étaient disponibles.

Cela se traduit le plus souvent par une consultation de données numériques géoréférencées contenant les différents éléments (couverture du sol, relief, construction, hydrographie,...) de notre environnement en les représentant de manière intelligente. Pour le grand public, c'est un accès aisé à des cartes en ligne qui est proposé par des outils modernes de visualisation 2D comme Google Maps, OviMap ou autres OpenStreetMap, et 3D par l'intermédiaire des globes virtuels comme Nasa WorldWind, Google Earth, Bing Maps, etc. Ces outils et leurs contenus sont largement connus. Toutefois il existe une multitude d'autres sources d'information qui sont notamment gérées par les administrations publiques et qui contiennent les données de base et officielles pour les travaux des ingénieurs.

Le développement de ces bases de données géographiques ou à référence spatiale n'est qu'une évolution des méthodes de topographie et de cartographie, qui s'est accélérée par la multitude de moyens techniques utiles à la saisie et à la gestion de l'information. Ainsi les concepts fondamentaux, développés par les géodésiens et cartographes de l'époque, restent d'actualité.

Un héritage culturel

Utilisée par les civilisations les plus anciennes, la représentation cartographique des éléments du territoire et sa délimitation ont depuis toujours suscité un intérêt particulier. L'histoire des cartes est si ancienne qu'il est difficile d'en préciser exactement ses débuts. Certains archéologues supposent que quelques groupes ont su exprimer leurs connaissances géographiques par la carte plutôt que par l'écriture. Il est probable en effet que l'art de dessiner des cartes appartienne aux types les plus anciens de l'art graphique, commun à toutes les nations primitives. Les croquis préhistoriques et autres éléments cartographiques sommaires, retrouvés sur les traces de nos ancêtres, en témoignent.

Depuis l'époque la plus lointaine, l'Homme a conçu la carte comme un instrument de sa vie pratique. Il a utilisé, pour la concevoir, les matériaux les plus divers. Les Indiens d'Amérique du Nord ont su représenter de larges territoires, avec de nombreux lacs et rivières, sur les os plats d'animaux ou sur les écorces des arbres ; les Micronésiens des Îles Marshall, quant à eux, confectionnaient des cartes de navigation, destinées à des voyages au long cours, à partir de queues de feuilles de palmier. Les primitifs d'Australie ou

les Touaregs nomades du Sahara construisaient des cartes en relief avec des pierres et du sable, tandis que les Esquimaux les incisaient dans du bois.

Depuis toujours, les cultures ont su cartographier leurs territoires avec plus ou moins de précision afin de répondre aux questions : Où suis-je ? Quel est l'étendue de mon territoire ? Où vais-je ?

La chronologie suivante reprend l'évolution des techniques ainsi que les dates marquantes dans le domaine de la cartographie afin de mieux comprendre le patrimoine et l'avancée actuelle dans ce domaine :

- 2500 av. J.-C. : on trouve la plus ancienne « carte » géographique gravée sur une tablette de terre cuite. Elle provient des fouilles de Ga-Sur à Nuzi en Mésopotamie. Une autre représentation connue est la Carte babylonienne du monde qui est une tablette d'argile datée entre 700 et 500 ans avant J.-C. Elle provient du site de Sippar, région située au sud ouest de Bagdad. On y voit un disque entouré d'eau, prolongé par les sept îles d'un océan céleste. Au centre est placée Babylone (Figure 1-2).

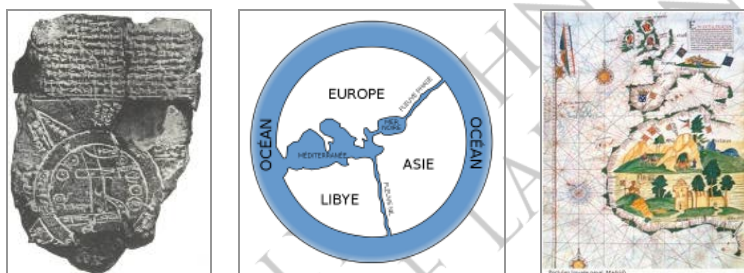


Figure 1-2 : Carte babylonienne du monde (Source : British Museum), 1^{ère} Mappemonde et Portulan de la côte Atlantique

- Les premières bases de la géodésie et de la trigonométrie ont été posées par le philosophe grec Thalès de Milet au VI^{ème} siècle avant J.-C. Il propose également une description de la Terre sous la forme d'un disque flottant. La représentation évolue ensuite avec le philosophe grec Anaximandre (mort vers -546) qui aurait été le premier à proposer une carte du monde. Anaximandre considère le monde comme étant circulaire et ayant pour centre la mer Égée. Il est divisé en trois continents : l'Europe, la Libye (l'Afrique actuelle) et l'Asie, entourés par un océan extérieur. Il introduit aussi la notion de sphère céleste, concept que l'on retrouve aujourd'hui en astronomie. D'autres savants grecs, comme Pythagore, ont largement contribué au développement de la cartographie et de la topométrie, grâce à leurs travaux en géométrie et en mathématiques. Platon (429-348 av. J.-C.) a notamment proposé l'idée d'une Terre ronde et c'est Aristote (384-322 av. J.-C.) qui a démontré le principe de sphéricité de la Terre.
- A partir du X^{ème} siècle, les marins disposent d'instruments pour déterminer leur route et la latitude de leur bateau. Elle est alors estimée à l'aide d'un astrolabe en vérifiant la hauteur de l'étoile polaire au-dessus de l'horizon. Des cartes plus précises sont ainsi

conçues. Appélées « portulans », elles représentent avec précision les ports et les premières voies maritimes (Figure 1-2).

- Les découvertes successives du XVII^{ème} siècle redessinent peu à peu le monde géographique tel qu'il est observé par les explorateurs. Les grands noms de l'histoire des découvertes comme Marco Polo, Christophe Colomb ou Fernand de Magellan, étaient tous accompagnés de leur capitaine de cartographie. Chargés de retracer sur un plan leur parcours ainsi que les nouvelles terres observées durant leurs expéditions, ils ont participé aux premières acquisitions d'informations géographiques à une échelle mondiale.

La Figure 1-3 correspond à une des premières mappemondes représentant assez fidèlement les cinq continents sur une même illustration.



Figure 1-3 : Mappemonde de 1559

- Au XVIII^{ème} siècle, Napoléon donne une impulsion à la confection d'un cadastre parcellaire ayant pour but de clarifier la connaissance précise des propriétés foncières en vue d'une meilleure répartition de l'impôt. En France, il initie ensuite la mise en œuvre de Carte d'Etat-major, carte au 1 : 80'000, réalisée entre 1832 et 1880, permettant d'obtenir une connaissance complète du territoire national dans ses trois dimensions, avec toutes les routes et tous les chemins que peut utiliser une armée en mouvement. En effet, les guerres de la

Révolution et de l'Empire ont donné aux cartes un rôle primordial. Ces cartes ont été dressées entre 1794 et 1815, à partir de levés topographiques réalisés avant les combats pour la préparation des opérations militaires, puis pendant et après pour le récit de la bataille. Les ingénieurs géographes militaires qui ont bien souvent œuvré au péril de leur vie, nous ont ainsi livré de nombreuses cartes aux formats et échelles variables.



Figure 1-4 : Ingénieur-géographe sous l'Empire

- Au XX^{ème} siècle, lors des deux Guerres Mondiales, c'est la photographie aérienne qui prend le pas sur le travail de terrain. Utile à la reconnaissance militaire, les techniques évolueront dès lors très vite afin de satisfaire les besoins des chefs d'opérations recherchant une précision toujours plus détaillée des territoires. La rapidité de sa mise en œuvre et la possibilité de couvrir un large territoire en peu de temps en font donc un atout majeur dans un contexte mondial où l'information géographique devient un avantage stratégique.

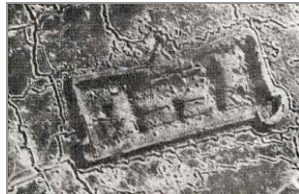


Figure 1-5 : Vue aérienne d'un fort durant la première guerre mondiale.

- C'est ensuite la Guerre Froide qui lancera un nouveau défi technologique : la conquête spatiale. C'est ainsi qu'en 1957, le premier satellite artificiel, Spoutnik, est lancé dans l'espace en orbite autour de la Terre. Les données transmises ont servi à une analyse de la propagation des signaux dans l'ionosphère.

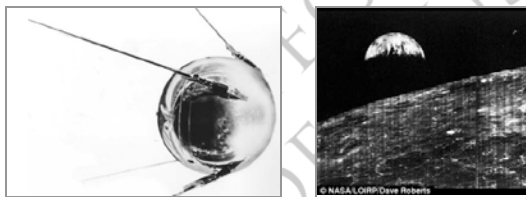


Figure 1-6 : Spoutnik-1 et Vue de la Terre depuis l'espace

- La première image de la Terre vue depuis l'espace est cette photographie prise en 1966 par un artiste photographe nommé "Lunar Orbiter 1" (Figure 1-6). Cette Sonde spatiale avait été envoyée afin de photographier le sol lunaire et de préparer les futures missions Apollo. Elle a permis à l'Homme de découvrir la planète Terre dans sa globalité et dans son contexte spatial.

- Dès les années 1970, des programmes d'observation de la Terre depuis l'espace sont lancés, comme par exemple Landsat dont l'objectif principal était le monitoring des ressources naturelles. Depuis de nombreux satellites à des fins de télédétection ont été lancés et permettent une cartographie globale et précise de la surface terrestre.



Figure 1-7 : Scène Landsat des Alpes Suisses
(source : [http : // www.npoc.ch](http://www.npoc.ch))

- La localisation par satellites s'est en bonne partie développée autour du programme NAVSTAR-GPS (Global Positioning System) dès les

années 1960 et c'est à partir de 1978 que les premiers satellites GPS sont envoyés dans l'espace par le Département de la Défense des États-Unis. En 1995, la constellation des 24 satellites du GPS est opérationnelle et recouvre l'ensemble de la planète. Dès 2000 des signaux non dégradés sont disponibles pour la communauté civile.

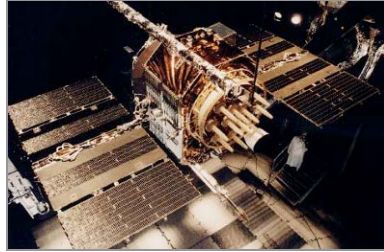


Figure 1-8 : Satellite appartenant à la constellation du GPS

- En 2004 apparaît le logiciel Google Earth. Pourvu des données topographiques rassemblées par la NASA qui sont couplées avec un assemblage de photographies satellitaires ou aériennes, il permet à tout utilisateur de survoler la Terre, de parcourir la surface terrestre et de zoomer sur un lieu de son choix. D'autres globes virtuels, fournissant une couverture globale, sont également disponibles.



Figure 1-9 : Vue 3D des Alpes via Google Earth

Cette chronologie d'événements reflète en bonne partie l'évolution des représentations, des technologies et des méthodes employées pour observer et représenter notre environnement. Depuis les premières esquisses cartographiques jusqu'à l'avènement des technologies actuelles, une constante subsiste : transcrire une réalité complexe sur un support permettant une meilleure compréhension de l'espace dans lequel nous vivons. On s'aperçoit que ce sont souvent les conflits armés et les intérêts militaires qui ont donné une impulsion à cette évolution et que ce n'est que récemment que le grand public a accès à des informations cartographiques détaillées et dispose d'un système de localisation précise avec GPS.

Une information spatiale omniprésente

Les géodonnées font bouger le monde et la plupart des décisions politiques et économiques sont liées en partie à des facteurs géographiques et reposent sur des géodonnées. Il suffit de penser aux transports, au développement

territorial, aux télécommunications, mais également aux questions de santé publique et de sécurité. Dans la plupart de ces domaines, nous avons recours à une carte géographique qui représente des infrastructures, des phénomènes des déplacements ou de statistiques.

Pourtant, la science de la géomatique reste méconnue du grand public malgré une information spatiale omniprésente. De plus en plus d'informations bénéficient d'une référence spatiale, d'une adresse ou d'une coordonnée géographique. Ces éléments suffisent à mettre en œuvre ces informations en relation avec des applications cartographiques visant à rassembler de façon claire et ordonnée des éléments du territoire sur un seul support. Vivre sous l'aire de la géolocalisation et de l'information numérique a progressivement fait évoluer les besoins et les usages des consommateurs de données. La simple question « Où suis-je ? » est ainsi en train d'évoluer en « Où suis-je et quel est le contexte (géographique) de mon environnement ? ». La démocratisation de l'accès à l'information spatiale au travers des téléphones portables et autres supports mobiles (écrans tactiles, pocket PC, ...) a contribué au déploiement de services basés sur des cartes, présentant ainsi la géomatique sous un angle dynamique et novateur.

Prenons l'exemple des récepteur GPS utilisés pour la navigation automobile où une voix vous indique les bonnes directions à suivre pour vous guider au travers du réseau routier jusqu' à votre destination. On estime que l'usage des systèmes de navigation engendre une diminution non négligeable du trafic urbain, en réduisant les parcours inutiles de conducteurs cherchant leur route. Ces systèmes sont accompagnés d'une information vous permettant de connaître l'espace proche, l'état du trafic et les places de parc disponibles dans les parkings. En quelques années le « GPS » s'est imposé comme un guide quasi incontournable lors de nos déplacements.

Cette omniprésence de l'information géographique dans notre quotidien doit toutefois être relativisée. D'une part, il y a le côté attractif et l'accès facilité à l'information et d'autre part, il y a toujours une certaine méfiance ou crainte à l'égard des nouvelles technologies. La question du respect de la sphère privée est fondamentale et doit être traitée avec précaution, car derrière une information de localisation, il peut y avoir une trace qui peut rester indélébile. L'accélération du développement des technologies de la géomatique associées à celle des télécommunications pose donc des questions fondamentales pour notre société de l'information.

1.1.3. Quelques applications spécifiques

Les sciences et techniques du domaine de la géomatique sont appliquées dans diverses situations et sont utilisées dans de nombreux métiers touchant au territoire, à l'environnement et à la gestion d'infrastructures. Voici quelques exemples qui se rapprochent des domaines de l'ingénieur civil et de l'ingénieur en environnement.

- **Géomonitoring** : A l'échelle mondiale, ces nouvelles technologies permettent de quantifier les effets liés aux changements climatiques et de lutter contre ces derniers. Diverses méthodes d'observation de

la Terre sont mises en œuvre afin de mesurer l'évolution de phénomènes comme la fonte de glaciers, l'élévation de la surface des mers, les glissements de terrain,....

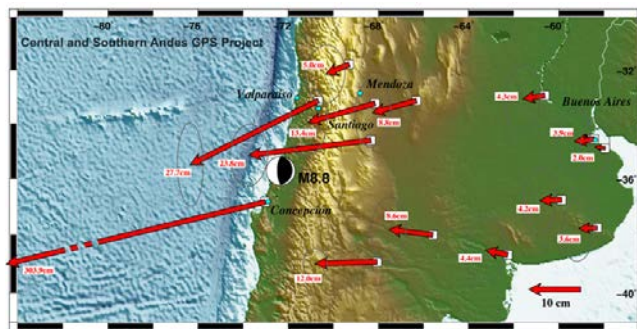


Figure 1-10 : Déplacement des plaques tectoniques sur la côte Ouest de l'Amérique du Sud
(source : <http://earthquake.usgs.gov/>)

- **Gestion des ressources naturelles** : elle fait l'objet d'une cartographie thématique par télédétection afin d'évaluer la couverture du sol et son évolution dans l'espace et le temps. Cela permet notamment de qualifier l'état de la végétation et d'autres ressources naturelles.
- **Gestion de l'agriculture** : le suivi des cultures est également basé sur des méthodes de télédétection qui sont complétées par des études prévisionnelles des récoltes. Ceci permet de coupler des données de télédétection de zones agricoles, avec des informations pédologiques et avec les mesures des précipitations du bassin versant concerné. On peut alors calculer le volume d'eau emmagasiné par les hauts sommets enneigés durant l'hiver et anticiper la gestion d'un barrage hydroélectrique afin de limiter les risques d'inondations au moment de la fonte printanière.



Figure 1-11 : Vue satellitaire d'une zone de cultures en Espagne (Aragon)
(source : <http://www.esa.int/>)

- **Gestion des transports** : la connaissance des réseaux de transports, de leur état et de la charge de trafic est essentielle pour optimiser la gestion des véhicules. Pour une entreprise de logistique, un système de gestion doit permettre de connaître à chaque instant la position de ses véhicules ainsi que leur état de fonctionnement et de

chargement. Les camions équipés de GPS et connectés à une centrale sont aussi un gage de sécurité en cas d'incident ou de vol.

- **Développement territorial** : l'établissement d'un plan directeur pour une région est un exercice complexe dans lequel la traduction d'intentions doit être coordonnée entre les différents secteurs et doit pouvoir se justifier. Les outils de simulation, basés sur des données spatiales et statistiques, permettent d'établir une prévision de développement pour une région en combinant des données démographiques, économiques et politiques.

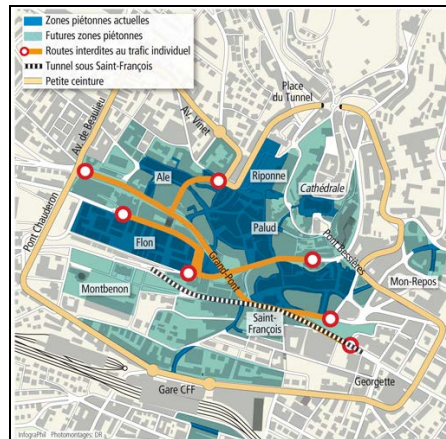


Figure 1-12 : Proposition d'aménagement du centre ville de Lausanne
(Source : www.lausanne-morges.ch)

- **Géomarketing** : cette technique est utilisée dans un contexte commercial. Elle permet de cibler et de localiser le meilleur emplacement possible pour l'établissement d'un nouveau centre commercial ou point de vente. Les bassins d'emplois, les axes de communications, la présence de terrains disponibles et constructibles, les zones de protection de l'environnement, l'emplacement de la concurrence ou des utilisateurs potentiels, etc., sont autant de critères à prendre en compte dans une phase préliminaire de projet de développement.
- **Construction** : les leviers topographiques et les mesures d'implantation sont les opérations nécessaires pour la plupart des travaux de construction. Lorsqu'il s'agit d'établir un plan pour un projet routier ou lorsqu'il faut situer précisément l'emprise d'un ouvrage, les méthodes topométriques permettent de mesurer ou de restituer avec exactitude des éléments géométriques.



Figure 1-13 : Géomètre sur un chantier de construction d'un pont

Ces quelques exemples montrent que l'information spatiale est présente dans de nombreux domaines d'activités, du secteur public ou privé, à petite ou grande échelle. Ils font tous intervenir les outils et techniques de la géomatique. Toutefois, il faut être attentif à la qualité des géodonnées et aux méthodes employées. Compte tenu de l'usage répandu du GPS, des cartes et des globes virtuels, beaucoup de gens pensent que c'est suffisant pour de nombreuses opérations et ne comprennent pas toujours la différence avec les méthodes et données employées dans un but professionnel où il faut respecter des contraintes légales et des normes.

1.2. Les grands axes de la géomatique

1.2.1. Acquisition des données

L'acquisition d'informations est la base essentielle qui apporte du contenu à la géomatique. L'acquisition comprend l'ensemble des méthodes et techniques de saisie et de lever de données relatives à l'environnement naturel et construit. De nombreuses techniques et capteurs permettent d'acquérir des informations thématiques et géométriques sur le territoire. Voici le panel des solutions, existantes à ce jour, permettant de constituer un référentiel représentant au mieux la réalité du terrain observé.

–La géodésie

Toute méthode d'acquisition s'appuie sur un système de référence associé à un système de coordonnées. Lorsque l'on considère la Terre comme objet de référence, la définition d'un système de coordonnées rattaché au globe n'est pas triviale, c'est un des buts de la géodésie. Cette science consiste à étudier la géométrie de la Terre avec sa forme et sa dimension dans une réalité physique (champ de pesanteur) et avec sa propre dynamique (tectonique des plaques).

–La télédétection

La télédétection consiste à saisir et à décrire des objets ou une portion de territoire à distance au moyen de capteurs d'images. Chaque élément à la surface de la Terre réfléchit, absorbe et transmet une radiation différente selon sa structure ainsi que ses qualités chimiques et chromatiques. La radiation arrivant jusqu'à un capteur depuis un objet situé à la surface de la Terre est appelée radiance électromagnétique. En télédétection passive, le soleil est la source d'énergie principale. De façon active, le capteur est muni d'émetteurs et de récepteurs d'énergie électromagnétique (c'est par exemple le cas pour les capteurs radars).

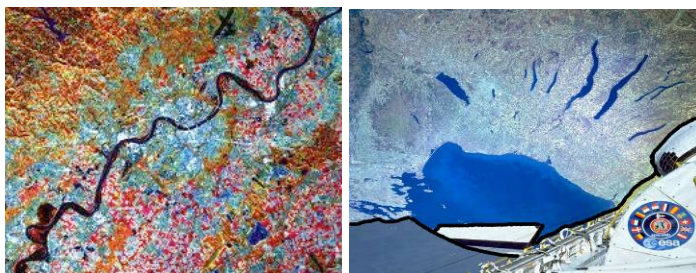


Figure 1-14 : Images satellites

Un des produits de la télédétection est l'image satellite. Il s'agit d'une composition panchromatique ou colorée établie à partir des données numériques enregistrées par des capteurs embarqués sur des satellites comme Spot, Landsat ou Ikonos. Elles sont datées et traitées pour tenir compte des déclivités du terrain, de la rotondité de la Terre et éventuellement des perturbations atmosphériques.

L'image satellite présente de nombreuses qualités d'un point de vue géographique :

- Multi-temporelles, elles assurent une vision à long terme de la surface terrestre et servent souvent de base aux modélisations du territoire.
- Multi-scalaires, elles permettent une vision plus ou moins fine du territoire selon les besoins et les objectifs du projet.
- Multi-spectrales, elles surpassent l'œil humain (utilisation de l'infrarouge du spectre électromagnétique) en nous offrant la possibilité de mieux comprendre et anticiper les phénomènes environnementaux ou humains.

–La photogrammétrie

La photogrammétrie est une technique permettant d'étudier et de définir avec précision les formes, la nature, les dimensions et la position dans l'espace d'un objet, à partir d'un couple stéréoscopique de photographies de celui-ci.

En photogrammétrie, on distingue deux catégories de prises de vues : aériennes (vues verticales de la surface du sol) et terrestres (vues depuis le sol et perpendiculaires à l'objet d'intérêt).

La photogrammétrie comprend un ensemble d'opérations comme la prise de vues faite avec des appareils photographiques calibrés et la restitution de couples d'images avec des méthodes de digitalisation en 3D basées sur le principe de vision stéréoscopique. Parmi les produits de la photogrammétrie, on peut citer les modèles du paysage ou du bâti en 3D, les modèles numériques d'altitude et les orthophotos (images redressées selon une projection orthogonale).



Figure 1-15 : Photo aérienne ortho rectifiée

–Le laser scanner

Le laser scanner est une technique qui permet l'acquisition rapide et précise de surfaces en tant qu'ensembles de points caractérisant ces dernières et appelés nuages de points. Ces opérations sont réalisées à partir de plates-formes aériennes ou terrestres. Le laser peut être utilisé depuis un point fixe ou alors en mouvement selon le projet et la nature du terrain à modéliser. Les nuages de points sont traités et filtrés de manière à fournir des modélisations géométriques des principaux objets scannés ou des modèles de surface de la végétation et du terrain.

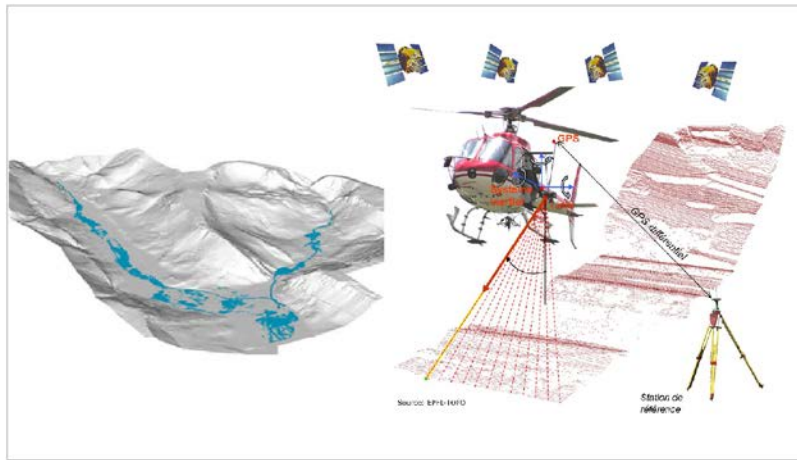


Figure 1-16 : Modèle Numérique de Terrain et système de laser scanner aéroporté

–La topométrie

La topométrie comprend l'ensemble des opérations de terrain et de bureau permettant d'une part la saisie d'objets naturels ou construits et d'autre part les travaux d'implantation qui consistent à placer dans le terrain des repères selon un projet (ex. emprise d'une construction). Les méthodes topométriques sont celles couramment utilisées par les géomètres avec des instruments comme les théodolites, les stations totales et les niveaux.



Figure 1-17 : Opération de topométrie avec une station totale

1.2.2. Traitement informatique des géodonnées

Le traitement des géodonnées consiste à élaborer des produits numériques à partir de données brutes provenant des opérations d'acquisition. Il s'agit en outre d'organiser l'information de manière à l'adapter aux besoins de l'utilisateur. A titre d'exemple, on peut citer le filtrage de données laser pour l'établissement d'un modèle numérique de terrain utile à la conception de routes. Comme autre traitement, on peut aussi classer l'information par niveaux (couverture du sol, hydrographie, bâti,...) pour les besoins d'un système d'information.

–Les systèmes d'information géographique

Le traitement des géodonnées est souvent effectué avec des logiciels spécialisés appelés Systèmes d'Information Géographique (SIG), en anglais GIS. Un SIG est un outil informatique permettant d'organiser et de présenter des données géographiques (cartes, réseaux divers, photographies aériennes etc.) à travers plusieurs niveaux d'information. Associés les uns aux autres, ces niveaux représentent au mieux la réalité du terrain ou d'objets spécifiques (routes, bâtiments, etc.), en fonction des besoins des utilisateurs.

–Les bases de données à référence spatiale

La plupart des SIG sont associés à une base de données qui permet une organisation structurée et un stockage de l'information. Ceci permet de gérer de manière intelligente les relations entre la géométrie des objets et leurs attributs en assurant ainsi une cohérence lors des traitements et opérations de mise à jour. On parle ainsi de base de données à référence spatiale lorsque la géométrie des objets et leurs coordonnées font partie intégrante de la base de données.

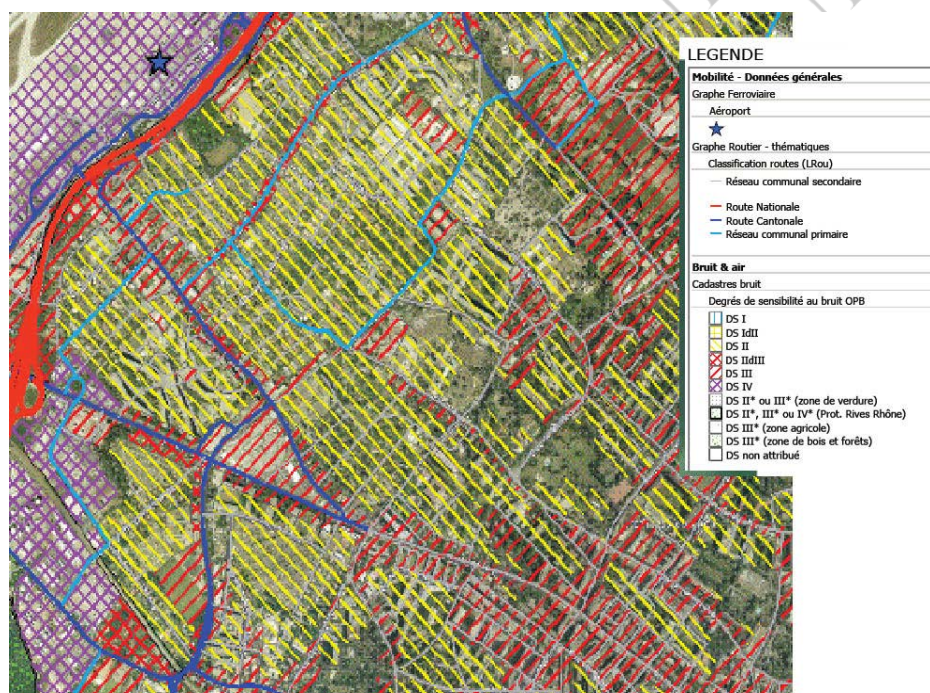


Figure 1-18 : Superposition des zones de bruit et des principales voies de transports à Genève
(source : © 2013 SITG - [http:// www.ge.ch/geoportail/pro](http://www.ge.ch/geoportail/pro))

1.2.3. Diffusion et représentation de l'information

La diffusion des géodonnées consiste à fournir aux utilisateurs des moyens d'accès à l'information et/ou des supports de représentation. L'élément de base et historique de la diffusion de l'information est le plan ou la carte. C'est une manière synthétique, simple et compréhensible de fournir un contenu à caractère géographique sur une portion de territoire naturel ou construit. Avec l'avènement de l'informatique et le développement des SIG, les supports de diffusion sont aujourd'hui largement numériques que se soit des données vectorielles (plans et cartes) ou des données images (orthophotos, images satellites).

L'accès à ce type d'information est également possible grâce aux technologies de l'Internet qui permettent la consultation de bases de données publiques appelées géoserveurs contenant une grande quantité de cartes, images et autres données à référence spatiale. Un simple navigateur Internet suffit pour accéder à ces serveurs et pour consulter graphiquement des géodonnées.

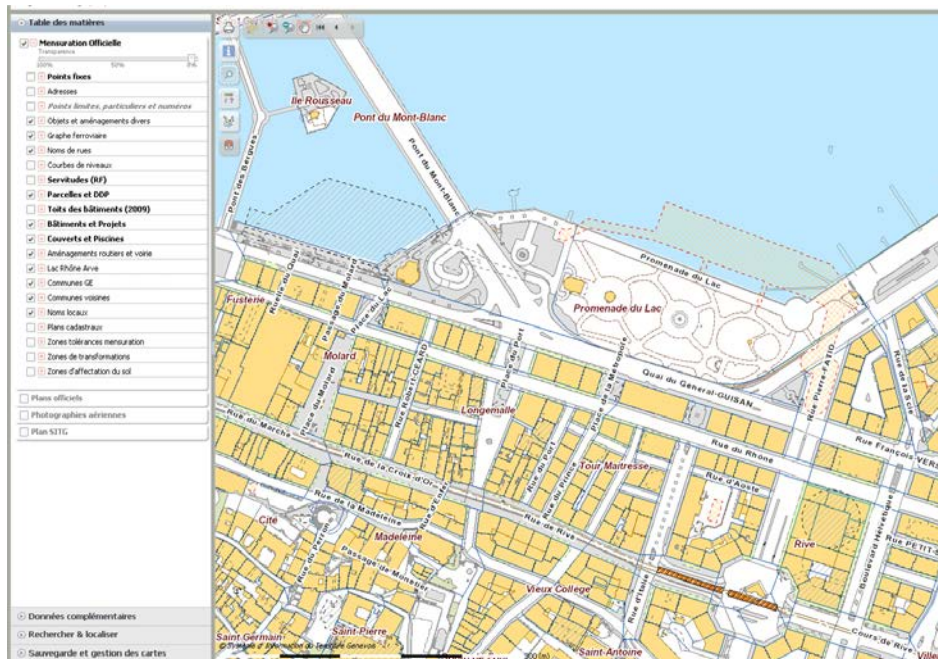


Figure 1-19 : Accès à la base de données cadastrale via le guichet cartographique du canton de Genève
(source : © 2013 SITG - <http://www.ge.ch/geoportail/pro>)

Un serveur cartographique peut être assimilé à un guichet automatique auquel l'utilisateur fait appel pour afficher des cartes sur son ordinateur. Les interactions entre l'utilisateur et le serveur s'effectuent grâce à une interface graphique et à des requêtes de l'utilisateur traduites dans un langage informatique. Les utilisateurs n'ont donc pas à connaître les langages informatiques propres aux SIG. Un exemple de résultat est l'Atlas statistique du Canton de Vaud (www.cartostat.vd.ch) où de multiples informations peuvent être combinées et représentées sous forme de cartes. On parle de géoservice pour les applications aptes à être mise en réseau et simplifiant l'utilisation de géodonnées par des prestations de services informatisés.

La plupart des guichets cartographiques des administrations proposent des géoservices pour la consultation de contenus thématiques sur l'environnement, les infrastructures, le cadastre et bien d'autres domaines. Ces guichets offrent une représentation sous forme de cartes 2D thématiques.

Aujourd'hui, le développement des globes virtuels va un pas plus loin en proposant une visualisation en 3D avec une représentation du paysage basée sur un modèle numérique d'altitudes, pouvant inclure des éléments construits en 3D.

Note :

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

2. Références

On donne ici quelques références bibliographiques utiles et complémentaires au contenu de ce polycopié. Cette liste n'est de loin pas exhaustive.

Gomascara M., (2009), Basics of geomatics, Ed. Dordrecht Springer

Burrough P., McDonnell R., (2006), Principles of Geographical Information Systems, Ed. Oxford University Press

Deville R., (2005), Qualité de l'information géographique, Ed. Hermès Science Publication

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

3. Table des figures

Avertissement

La plupart des figures de ce polycopié ont été créées à l'EPFL. Toutefois, les auteurs ont utilisé un certain nombre de ressources dont les références sont citées. Si l'une ou l'autre de ces ressources ne sont pas référencées correctement ou font l'objet d'un droit d'usage particulier, nous vous prions de bien vouloir le signaler à l'auteur.

Figure 1-1 : Les différents segments de la géomatique.....	4
Figure 1-2 : Carte babylonienne du monde (Source : British Museum), 1 ^{ère} Mappemonde et Portulan de la côte Atlantique	6
Figure 1-3 : Mappemonde de 1559.....	7
Figure 1-4 : Ingénieur-géographe sous l'Empire.....	7
Figure 1-5 : Vue aérienne d'un fort durant la première guerre mondiale.	8
Figure 1-6 : Spoutnik-1 et Vue de la Terre depuis l'espace.....	8
Figure 1-7 : Scène Landsat des Alpes Suisses (source : http : //www.npoc.ch).....	8
Figure 1-8 : Satellite appartenant à la constellation du GPS	9
Figure 1-9 : Vue 3D des Alpes via Google Earth.....	9
Figure 1-10 : Déplacement des plaques tectoniques sur la côte Ouest de l'Amérique du Sud (source : http : //earthquake.usgs.gov/)	11
Figure 1-11 : Vue satellitaire d'une zone de cultures en Espagne (Aragon) (source : http : //www.esa.int/)	11
Figure 1-12 : Proposition d'aménagement du centre ville de Lausanne (Source : www.lausanne-morges.ch)	12
Figure 1-13 : Géomètre sur un chantier de construction d'un pont.....	12
Figure 1-14 : Images satellites.....	13
Figure 1-15 : Photo aérienne ortho rectifiée	14
Figure 1-16 : Modèle Numérique de Terrain et système de laser scanner aéroporté	15
Figure 1-17 : Opération de topométrie avec une station totale	15
Figure 1-18 : Superposition des zones de bruit et des principales voies de transports à Genève (source : © 2013 SITG - http://www.ge.ch/geoportail/pro).....	16
Figure 1-19 : Accès à la base de données cadastrale via le guichet cartographique du canton de Genève (source : © 2013 SITG - http://www.ge.ch/geoportail/pro).....	17