

# 1

## INTRODUCTION

Cette introduction a pour but de justifier l'ordre des différentes parties abordées dans cet ouvrage ainsi que leurs liens logiques dans l'ensemble complexe qu'est la topographie.

## 1 FINALITÉ DE LA TOPOGRAPHIE

Comme souvent, il est pratique de partir de la finalité pour remonter aux techniques mises en œuvre et les justifier ainsi.

En schématisant, on peut dire que la topographie a pour objectifs principaux de permettre l'établissement de cartes et de plans graphiques sur lesquels sont représentées, sous forme symbolique, toutes les informations ayant trait à la topologie du terrain et à ses détails naturels et artificiels. Cette cartographie de données existantes permettra par exemple de s'orienter sur le terrain ou bien d'étudier un projet de construction.

## 2 COMMENT ATTEINDRE CES OBJECTIFS

### 2.1 Établissement de cartes à petite échelle

La première idée qui vient à l'esprit est d'effectuer des prises de vue aériennes par avion ou par satellite puis de transcrire ces informations sur papier. Développons cet exemple.

#### 2.1.1 Perspective conique

Une photographie est une perspective conique et non une représentation plane. De plus, le relief n'apparaît pas sur une photographie...

La photogrammétrie permet de remédier à ces problèmes (chap. 7 § 5) : on obtient une vision du relief et une restitution plane de plusieurs photographies grâce à l'observation de couples de clichés dans des appareils spécifiques (appareils de restitution photogramétrique). Le tracé des courbes de niveau (chap. 10 § 1) sur la carte permet d'avoir une idée précise de son relief.

### **2.1.2 Échelle et orientation des clichés**

Une photographie ne permet pas d'obtenir une échelle constante et précise sur toute sa surface. De plus, les différents clichés devront pouvoir être juxtaposés afin d'obtenir des cartes plus étendues ; ils doivent donc être orientés les uns par rapport aux autres en respectant exactement la même échelle.

Ces problèmes introduisent la nécessité de disposer d'un système de coordonnées général dans lequel des points d'appui sont connus dans les trois dimensions ( $X$ ,  $Y$  et  $Z$ ). On se sert de quelques points repérés sur un cliché et connus dans le système de coordonnées général pour effectuer un calage et une mise à l'échelle des clichés. Ceci implique donc de disposer sur le terrain d'un moyen de matérialisation du repère général, par exemple des points d'appui connus. Les réseaux géodésiques de points connus en planimétrie (coordonnées  $X$ ,  $Y$ ) et/ou en altimétrie (coordonnée  $Z$ ) permettent de répondre à cet objectif en mettant à la disposition de chacun un canevas de points déterminés de manière absolue et avec la plus grande précision possible dans le système général (chap. 2 § 4 et § 5). Une des missions de l'IGN (Institut Géographique National) est de mesurer et de tenir à jour ce canevas. Il est évident que plus il est dense et plus les opérations de positionnement sur le terrain sont facilitées. Les techniques d'établissement et de densification de canevas sont détaillées au chapitre 11. Il faut y ajouter la densification par mesures assistées par satellites (GPS ; chap. 7 § 1).

### **2.1.3 Visibilité des détails**

Tous les détails du terrain ne sont pas visibles sur un cliché, certains étant cachés par des constructions ou de la végétation, etc.

Il faut donc compléter les manques d'information d'un cliché par des mesures sur le terrain. Par exemple, pour ajouter le tracé d'un chemin forestier, il faut déterminer ses points d'axe dans le repère général et mesurer sa largeur ; donc être capable de mesurer des coordonnées relatives sur le terrain dans les trois dimensions  $X$ ,  $Y$  et  $Z$ . Ceci introduit la nécessité de disposer d'appareils de mesure de distances et d'angles : le théodolite permet d'accéder aux informations angulaires (chap. 3), les mesures de distances sont réalisées avec de nombreux instruments, les plus courants étant le ruban et l'instrument de mesure électronique des longueurs (IMEL ; chap. 4). Pour effectuer des mesures relatives en altimétrie, on utilise la technique du nivellement indirect avec un théodolite couplé à un IMEL (chap. 6) ou bien, pour plus de précision, le nivellement direct avec des appareils appelés niveaux (chap. 5). La technologie GPS permet le calcul direct de coordonnées d'un point dans un système géocentrique sans mesure d'angles ni de

distances. Elle donne ainsi un accès direct à un système général en tout point du territoire avec une grande précision (de l'ordre de quelques millimètres au km). Il faut tout de même disposer d'au moins un point d'appui car la détermination précise est relative et non pas absolue.

### **2.1.4 Représentation plane**

Pour juxtaposer plusieurs clichés et obtenir une carte à petite échelle (par exemple, la carte de base au 1/25 000 éditée par l'IGN), on se heurte au problème de la représentation plane de la « sphère » terrestre.

Il est physiquement impossible de représenter une surface sphérique à plat sur une carte, sans déformations. De plus, la terre n'est pas une sphère : elle est plus proche d'un « ellipsoïde » de révolution. Pour obtenir des cartes cohérentes à petite échelle, il faut donc étudier la forme de la terre – c'est une des finalités de la géodésie qui devra en particulier définir les axes de référence du système de coordonnées général ou encore définir la surface de référence des altitudes – et mettre au point des systèmes de projection qui minimisent les déformations (chap. 2 § 3). Il faut également s'intéresser à la formation et à l'évolution du relief terrestre au travers de la topologie.

La juxtaposition des cartes à l'échelle de plusieurs nations nécessite une harmonisation des systèmes de projection et de coordonnées adoptés dans chaque pays (par exemple le réseau européen EUREF).

### **2.1.5 Interprétation des clichés**

Les détails visibles sur un cliché ne sont pas toujours faciles à identifier pour des non-spécialistes : nous ne sommes pas habitués à la vision « cartographique » de notre environnement.

La représentation finale devra donc interpréter et rendre lisibles les très nombreuses informations d'une photographie.

### **2.1.6 Systèmes d'informations géographiques**

La cartographie moderne ne se satisfait plus des seules informations géométriques du terrain : on cherche de plus en plus à leur associer des informations thématiques. Par exemple, associer à une parcelle de terrain le nom de son propriétaire, la surface constructible ou construite, etc.

Ceci ouvre la voie des systèmes de traitement numérique des clichés en association avec des banques de données géographiques (SIG ou Systèmes d'Information Géographiques, chap. 7 § 5.5 et chap. 8 § 4).

## 2.2 Cartographie à grande échelle

Raisonnons maintenant à partir d'un autre exemple : la préparation, l'exécution et le suivi d'un chantier de construction.

### 2.2.1 Lever de détails

Pour un chantier, il faut disposer de plans et de cartes à moyenne et grande échelle que la photogrammétrie ne peut pas toujours fournir, pour des questions de précision et de coût.

Il faut donc établir cartes et plans en allant lever sur le terrain la position et la nature des objets naturels et artificiels (chap. 8 § 2) : cette opération peut être faite par des mesures d'angles, de distances et de différences d'altitudes ou par des mesures GPS qui fourniront des coordonnées dans le système général. Pour certaines constructions de petite étendue, très isolées ou ne disposant pas à proximité de points d'appui matérialisant le système général de coordonnées, on peut simplement travailler dans un repère local associé à la construction.

L'outil idéal pour ce type d'opération est la station totale (chap. 7 § 3) ou le niveau numérique (chap. 5 § 4 et chap. 7 § 2) en raison de leur facilité d'emploi et de leurs possibilités de stockage des informations récupérées ensuite par un logiciel informatique (chap. 7 § 2 et § 3).

### 2.2.2 Informations altimétriques sur cartes et plans

Avant la réalisation d'un projet de construction, une phase d'étude permet d'en prévoir le coût, la faisabilité, l'impact sur l'environnement, etc. Les informations sur l'altimétrie du terrain naturel sont souvent primordiales : elles permettent, par exemple, à partir des calculs de profils en long et en travers (chap. 10), de chiffrer les projets routiers, les courbes de niveau étant la principale information altimétrique sur les cartes et les plans.

#### Remarque

Un logiciel de topographie performant est capable de récupérer les informations levées sur le terrain et de tracer à partir d'un semi de points (ensemble de points régulièrement répartis sur le terrain et connus en coordonnées tridimensionnelles) une modélisation du terrain (modèle numérique de terrain ou MNT), puis d'en déduire les courbes de niveau. Les calculs se poursuivent ensuite par des tracés et calculs automatiques de profils en long, profils en travers, cubatures, etc.

### 2.2.3 Canevas de points

Enfin, un projet de construction nécessite le positionnement sur le terrain des axes des travaux à réaliser ainsi que leur contrôle en cours d'exécution. La construction à réaliser s'insérant généralement dans un ensemble existant, il faut s'appuyer sur un canevas de

Les différentes techniques d'implantation (chap. 9) nécessitent de nombreux calculs (tome 2 chap. 3 et 4) fondés sur des connaissances mathématiques (tome 2 chap. 5). Parmi les techniques modernes employées sur les chantiers pour le guidage et le positionnement, le laser est de plus en plus répandu (chap. 7 § 4).

```

graph TD
    A[Géodésie  
Topologie] --> B[Étude de la forme  
et des caractéristiques  
de la terre (gravimétrie,  
magnétisme, etc.)]
    B --> C[Choix d'un système  
de projection plane]
    C --> D[Définition d'un système  
de coordonnées  
(choix et calcul de l'origine,  
des axes du repère,  
de la surface de  
référence des altitudes)]
    D --> E[Création et maintenance  
de réseaux de points  
géodésiques en planimétrie  
et en altimétrie]
    E --> F[Mesures d'angles (théodolites)  
Mesures de distances (IMEL, ruban)  
Mesures de dénivelées (niveaux)  
Mesures de vecteurs (GPS)]
    F --> G[Lever de détails  
Report numérique (DAO)]
    F --> H[Photogrammétrie  
- clichés aériens  
- scènes satellites]
    G --> I[Cartes à petite et  
moyenne échelle,  
SIG]
    G --> J[Plans et cartes  
à grande échelle]
    I --> K[Calculs, projets,  
Implantation]
    J --> L[Suivi et contrôle  
de constructions]
    K --> M[Domaine de la géodésie  
et de la topologie.]
    L --> M
    M --> A
    M --> N[Domaine de la topographie  
et de la topométrie.]
    N --> E
    O[Utils  
- mathématique  
- informatique] --> C
    O --> D
    O --> G
    O --> L

```

## INTRODUCTION **7**

Bien qu'ils constituent un préliminaire indispensable, les outils mathématiques sont repoussés en fin d'ouvrage pour insister sur le fait que, comme l'informatique, les mathématiques ne sont qu'un outil.