

Chapitre 5

CARTES TOPOGRAPHIQUES

par Bengt Rystedt, Suède

*Traduction par Laurence Jolivet et François Lecordix
Relecture d'harmonisation par Felix de Montety*

5.1 Introduction

Une carte topographique décrit un lieu (topos signifie lieu en grec). Ces cartes ont longtemps été utilisées à des fins militaires mais elles sont à présent aussi bien utilisées par le grand public que comme support à l'aménagement du territoire et à d'autres usages officiels. Les cartes topographiques sont produites à beaucoup d'échelles et selon de nombreuses symbolisations différentes.

Les cartes topographiques produites par les instituts cartographiques nationaux (NMO en anglais pour National Mapping Organizations) sont habituellement nommées cartes officielles. La production de cartes est aujourd'hui associée à la constitution de bases de données géographiques qui sont mises à jour régulièrement.

La carte topographique la plus fréquente pour représenter les zones rurales correspond à une échelle de 1 : 25 000 ou de 1 : 50 000 ; pour les zones urbaines, les cartes sont à l'échelle du 1 : 10 000 et sont normalement appelées cartes de ville ou plans de ville. Toutes ces cartes sont très efficaces pour trouver son chemin. Le contexte d'utilisation peut être la randonnée, la récolte de baies, la recherche de champignons, ou le cheminement vers un musée. Dans beaucoup de pays, les cartes des zones rurales sont produites et mises en vente par les NMO et les plans de ville le sont par les municipalités.

Pour la navigation routière, des échelles plus petites telles le 1 : 25 000 sont utilisées. Les systèmes numériques de navigation routière ont besoin d'informations topographiques très détaillées. Nous en reparlerons par la suite.

Toutes les cartes présentes sur cette page peuvent être utilisées dans un cadre d'aménagement du territoire et comme support pour d'autres cartes. Cependant dans beaucoup de pays, les cartes topographiques entre le 1 : 25 000 et le 1 : 10 000 représentent aussi des éléments militaires et l'accès au grand public en a ainsi été restreint. Dans la plupart des pays, les éléments militaires sont ajoutés dans une version militaire spéciale à accès limité, et la carte topographique est accessible pour un usage public.

5.2 La collecte des données

La plupart des cartes étant à présent en format numérique, nous nous concentrerons sur les méthodes numériques de collecte de données et de production de cartes topographiques.

Le premier choix à effectuer lorsque l'on crée une carte concerne le système géodésique qui sera utilisé. Il existe des logiciels libres (voir le Chapitre 15). Les instituts cartographiques nationaux (NMO) disposent le plus souvent de logiciels payants qui reviennent cher pour des particuliers. Ils utilisent généralement des réseaux géodésiques en lien avec le réseau géodésique international WGS84 (cf. Chapitre 9).

L'étape suivante consiste à choisir l'échelle. Si l'échelle souhaitée est le 1 : 50 000 comme illustré en figure 5.1, des photos aériennes ou des images satellites devront être utilisées. Une photo aérienne prise à 13 000 mètres d'altitude correspond à une résolution au 1 : 10 000. Avant de pouvoir utiliser une photo aérienne pour la cartographie, celle-ci doit être transformée en une orthophoto (voir la fig. 5.4). Cette transformation est effectuée par les NMO ou par des entreprises spécialisées et elle donne à la photo la bonne échelle sur l'ensemble de la zone. Vous pouvez tenter d'obtenir une orthophoto de votre NMO mais cela n'est généralement pas gratuit. Vous pouvez également aller sur Google Maps où les cartes topographiques sont visualisables dans le monde entier.

À partir d'une orthophoto, les routes, les lacs, les rivières, les zones bâties et les différents types d'occupation du sol sont facilement identifiables. Comme toutes les informations sont aujourd'hui numériques, il est nécessaire de constituer une base de données géographiques pour ensuite cartographier. La construction d'une base de données est assez difficile mais de plus amples informations sont données dans les Chapitres 3 et 15.

Une manière de collecter des données est de scanner d'anciennes cartes et de numériser les éléments, par exemple les limites administratives présentes sur ces



Figure 5.1 : Une carte topographique à l'échelle initiale 1:50 000. La carte représente le village où habite l'auteur de ce chapitre
 © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001

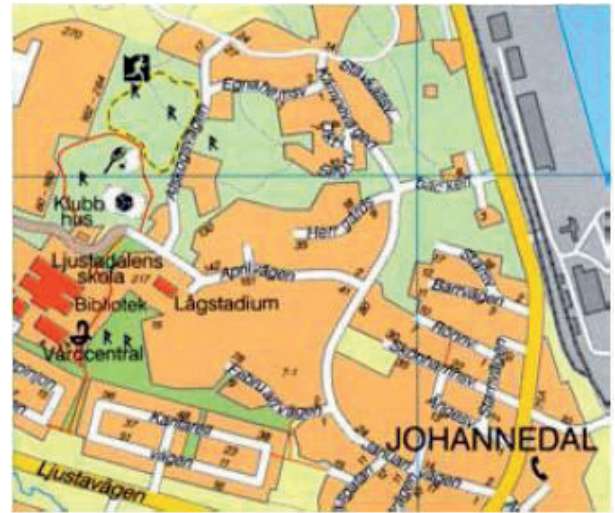


Figure 5.2 : Un plan de ville à l'échelle initiale 1 : 10 000 de Sundsvall, Suède. On remarque que la carte contient également des informations concernant un itinéraire de footing et des monuments anciens ainsi qu'un symbole indiquant une pharmacie
 © Stadsbyggnadskontoret, Sundsvall, Sweden.

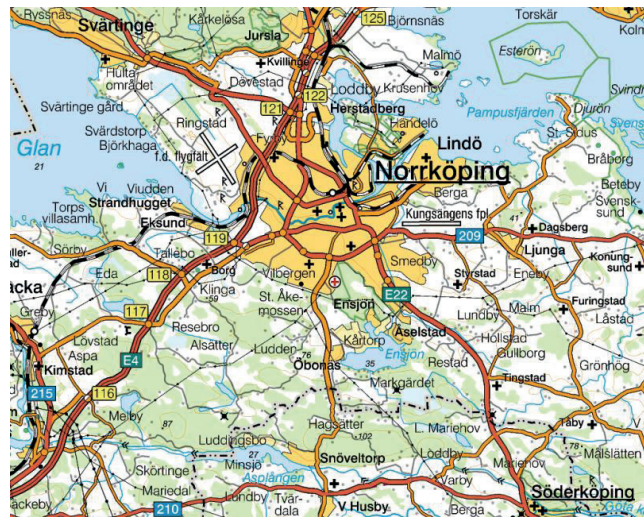


Figure 5.3 : Un atlas routier de la Suède à l'échelle initiale 1 : 250 000
 © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001



Figure 5.4 : Une orthophoto du centre de Stockholm, Suède, en 2009
 © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001

cartes, mais la plupart des informations peuvent être numérisées à partir des orthophotos. Il est de plus essentiel de classer l'information. Les routes sont de différentes importances, du niveau le plus élevé correspondant à la classe des autoroutes à celui le plus faible correspondant aux chemins pédestres. Comme les cartes topographiques étaient utilisées par l'armée, les catégories de routes ont été définies selon des objectifs militaires. Une route étroite était une route sur laquelle il n'était pas possible de tourner avec un cheval et un chariot. Un cours d'eau qui pouvait être aisément traversé par un soldat d'infanterie était représenté par un trait simple, alors qu'un cours d'eau nécessitant un pont était symbolisé par des doubles traits bleus qui indiquaient l'eau circulant entre les deux traits.

5.3 La légende

Toutes les cartes, dont les cartes topographiques, ont besoin d'une légende (une explication des signes et des symboles présents sur la carte). Les légendes débutent habituellement par la description des thèmes des routes, des voies ferrées et des lignes aériennes, puis des lignes électriques et des canalisations de gaz. Le thème suivant peut concerner des objets ponctuels comme des emplacements de baignade et de camping, et la localisation de bâtiments tels des châteaux, des fermes, des serres, des habitations, des bâtiments religieux ou autres. En zone urbanisée, toutes les maisons ne peuvent pas être indiquées individuellement. On doit indiquer les îlots formés par des types de constructions différentes, principalement selon la hauteur des bâtiments, ainsi que les îlots fermés dans les centres-villes.

Les limites administratives et les lacs et cours d'eau constituent deux autres thèmes. Les limites sont indiquées selon leur fonction et les cours d'eau selon leur taille. Un grand thème de données délicat à cartographier est celui de l'occupation du sol et de son utilisation. Certaines occupations du sol comme la forêt possèdent une définition variant d'un pays à l'autre. Dans le nord de l'Europe, la densité d'arbres est moins grande que dans les forêts tropicales, ce qui implique que la densité d'une forêt doit être comparée en considérant le contexte de sa localisation. Des espaces ouverts en forêt peuvent être cartographiés pendant quelques années ainsi, avant d'être plus tard identifiés comme des espaces de jeunes peuplements. Les zones humides sont encore un autre type d'occupation du sol et peuvent être classifiées par des experts. L'utilisation du sol comme les terres arables change dans le temps. Il est pratiquement impossible de montrer les différentes cultures sur une carte, mais dans les zones d'agriculture moins intensive l'exploitation de certaines parcelles est discontinuée, amenant à des friches.

Les changements concernant les terres arables, les forêts et les types de routes doivent être vérifiés sur

le terrain avant l'impression de la carte. Il existe une démarche standard pour les cartes topographiques qui consiste à produire au bureau le plus tôt possible une minute de terrain avant d'aller vérifier sur place. Le travail de bureau est moins onéreux que l'envoi de personnes pour des travaux de terrain.

5.4 La représentation du relief

Le relief est le plus souvent représenté par des courbes de niveau indiquant l'altitude. Les caméras laser (Lidar) aériennes actuelles peuvent aussi enregistrer l'altitude et permettent de calculer les courbes de niveau et d'autres détails du paysage comme les constructions et les fossés. Même les sentiers sous un couvert arboré peuvent être détectés. Les données laser sont enregistrées par nuages de points qui offrent la possibilité de calculer très précisément l'altitude. Les données laser de haute résolution ont de nombreuses applications, notamment liées au climat dans la détection des zones à risque d'inondation et de glissements de terrain. La figure 5.5 montre un exemple de scannage laser aéroporté.

Pour représenter l'altitude, une technique particulière est l'estompage du relief qui est habituellement éclairé par le nord-ouest et a son ombre portée vers le sud-ouest (plutôt sud-est) (cf. fig. 5.6).

5.5 La généralisation cartographique

La généralisation automatique (se référer également au Chapitre 4, section 3.7) est assez difficile, toutefois beaucoup de NMO commencent leur cartes topographiques à l'échelle du 1 : 25 000 ou du 1 : 50 000 et créent ensuite successivement des échelles plus petites. L'US Geological Survey aux États-Unis maintient ce type de démarche en coopération avec des experts de plusieurs universités (http://cegis.usgs.gov/multiscale_representation.html).

On peut noter que 1 mm sur une carte au 1 : 50 000 correspond à 50 mètres dans la réalité, ce qui signifie que l'on doit penser à la généralisation.

5.6 Les cartes de navigation

Les cartes illustrées en figures 5.1–3 peuvent toutes être utilisées pour la navigation ou la circulation en voiture. Le Chapitre 12 présente des cartes pour l'orientation et le géocaching. Cependant, les téléphones portables et les voitures peuvent inclure des récepteurs GPS et des systèmes d'information pour la navigation. Il existe également des systèmes pour suivre les chiens dont les chasseurs peuvent suivre la localisation.

De nombreux opérateurs proposent des systèmes de navigation pour les voitures. Chaque opérateur doit

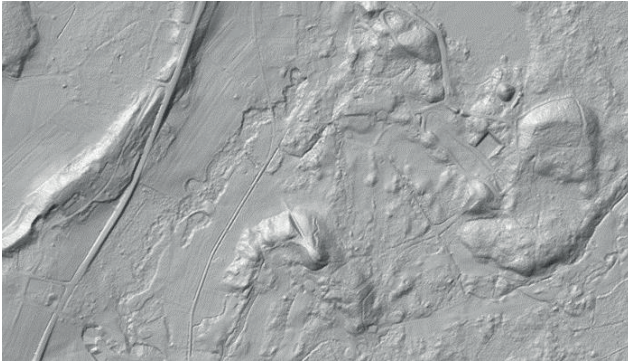


Figure 5.5 : Illustration de données laser sur une grille de 2 mètres de résolution, enregistrées par Lantmäteriet (l'Institut cartographique national de Suède) à partir desquelles sera établi un nouveau modèle d'élévation national, de précision inférieure à 0,5 mètres
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001

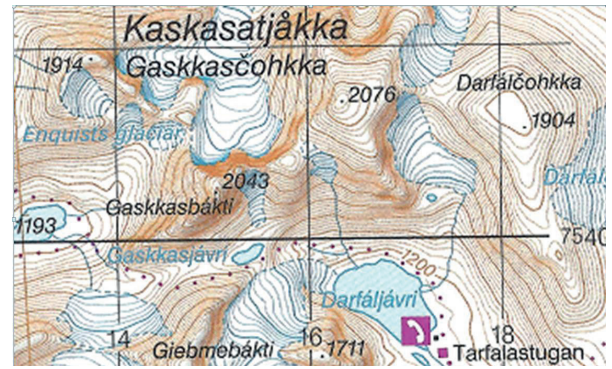


Figure 5.6 : Exemple d'estompage du relief sur une carte de montagne suédoise
© Lantmäteriet Dnr R50160927_130001

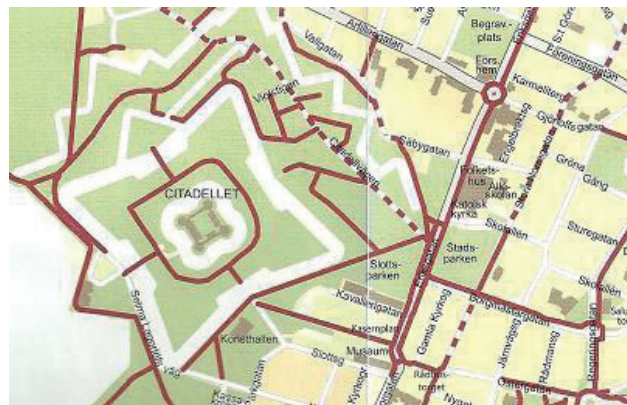


Figure 5.7 : Une carte pour le cyclisme. Les lignes rouges indiquent les pistes cyclables et les lignes rouges en pointillé sont des propositions d'itinéraires de vélo au milieu d'autres types de circulation.
Échelle initiale : 1 : 50 000
© Ville de Landskrona, Suède



Figure 5.8 : Plan de ville de Kaboul—zone “City of Light Development” et plan d'aménagement. La vieille ville est en bleu, les zones d'habitations en jaune et la zone commerciale en rouge. Le fond est une orthophoto. Source: Wikipedia (section aménagement).

disposer d'une carte topographique qui inclut aussi les adresses, les noms et la localisation des restaurants, des hôtels, des magasins et autres. Maintenir à jour une telle base de données demande beaucoup de travail.

La plupart des opérateurs de téléphonie mobile ont inclus un GPS et des cartes dans le but d'augmenter leurs recettes publicitaires venant de magasins qui sont ainsi plus faciles à trouver même situés dans des centres commerciaux. La localisation par GPS à l'intérieur des bâtiments n'est toutefois pas possible, mais il y a d'autres solutions avec des capteurs qui peuvent remplacer les satellites.

5.7 Les cartes topographiques comme fonds cartographiques

Toutes les cartes thématiques nécessitent des cartes topographiques comme fond. L'exemple le plus courant est la carte météo diffusée tous les jours par la presse écrite ou à la télévision. Pour un usage privé, il est possible de trouver des cartes pour le cyclisme (voir la fig. 5.7) ou pour le canoë.

La base de données géographique correspondant à la carte topographique est organisée par couches comme décrit dans le Chapitre 3. Les couches de données doivent être organisées de manière à ce qu'il soit possible de produire une carte topographique pour le fond d'un plan de ville. La figure 5.8 illustre un plan de ville avec une orthophoto en fond. Beaucoup de municipalités publient à présent sur Internet leur plan de ville pour consultation.

Les plans cadastraux peuvent aussi avoir en fond la topographie des limites de propriétés et les limites administratives. Les motivations de l'établissement d'un cadastre sont de connaître non seulement la localisation des propriétés mais aussi leur valeur fiscale. En Suède, l'établissement du cadastre a commencé en 1628 par une ordonnance du roi de Suède. Une personne en a eu la responsabilité et a commencé par former des arpenteurs-géomètres aux relevés et à la cartographie. Puis des règles de cartographie se sont développées. Ces cartes s'appelaient des cartes géométriques et elles étaient produites à l'échelle du 1 : 5 000. Les cartes ont été utilisées lorsque la répartition des terres arables fut réformée afin d'être plus adaptée aux nouvelles techniques agricoles. La précision géométrique de ces cartes est très bonne et celles-ci sont encore valables lors de contentieux de propriété. Le processus a été le même dans la plupart des pays. Pour davantage d'informations, vous pouvez contacter la NMO de votre pays.

5.8 Cartes géologiques

Les cartes géologiques sont des cartes thématiques, illustrées dans le Chapitre 6. La création des cartes

géologiques et celle des cartes topographiques sont étroitement liées puisque les cartes géologiques doivent s'appuyer sur une topographie exacte.

L'information géologique peut aussi être présentée sous forme d'atlas. L'*Atlas physique de Chine* (Ke Liao, 1999) en est un exemple. Il contient des cartes géologiques et géophysiques, des cartes géomorphologiques, des cartes climatiques, des cartes hydrographiques, des cartes pédologiques, des cartes biologiques, des cartes de ressources et de catastrophes naturelles, et enfin des cartes d'exploitation de la nature et de protection de l'environnement avec l'utilisation du sol. Les cartes géologiques indiquant les roches et les cartes pédologiques sont d'intérêt public. Les cartes montrant la topographie et les roches représentent de bons outils pour localiser des minéraux, mais des études approfondies sont nécessaires avant de pouvoir les exploiter. Les cartes pédologiques fournissent aux agriculteurs ou aux acheteurs de terrains agricoles des indications sur ce qui peut y être cultivé et sur la manière de fertiliser les sols.

5.9 Les informations nécessaires pour réaliser les cartes

Toutes les cartes doivent inclure les informations suivantes :

- Le titre est le nom de la carte. Les autres informations nécessaires sont la localisation de la carte, son sujet et la date de son contenu.
- La légende indique la signification des symboles sur la carte et des relations avec la base de données.
- L'échelle est donc l'échelle de la carte, soit présentée sous forme de texte soit par un schéma représentant sa longueur (par ex. d'un kilomètre).
- Le réseau géodésique montre la position d'un point sur la carte. Le réseau doit être dessiné si la carte est destinée à la navigation.
- La projection indique comment la longitude et la latitude des points sont projetées dans un système de coordonnées planes (cf. Chapitre 9).
- Les noms de l'auteur, de l'éditeur et des sources permettent de savoir qui a créé la carte, qui l'a édité, quelles sources ont été utilisées et à quelle date la carte correspond. Il faut noter si certaines données possèdent un copyright.

5.10 Les cartes topographiques historiques

La première carte connue a été trouvée gravée sur des tablettes de terre cuite à Babylone ; néanmoins le support le plus courant a longtemps été le papier jusqu'à



Figure 5.9 : Carte de la ville de Malmö en Suède
 Source : www.openstreetmap.org consulté le 27 avril 2014



Figure 5.10 : Une orthophoto prise en 1985. Une nouvelle zone industrielle a été créée et le port s'est développé. Source : Institut cartographique national suédois
 © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001

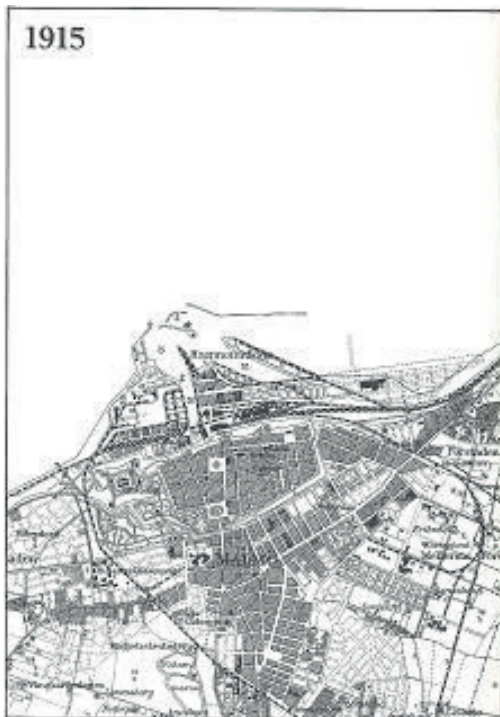


Figure 5.11 : Carte topographique de 1915 produite par le service des armées de Suède. La voie ferrée est à présent entourée de constructions et elle continue dans Malmö jusqu'à l'embarcadere des ferrys vers le Danemark. La zone au nord du centre s'est densifiée, ce qui correspond au port et à la voie ferrée
 © Lantmäteriet Dnr R50160927_130001



Figure 5.12 : La carte de Malmö en 1815. Il s'agit d'un extrait de carte de reconnaissance de la province, qui fut élaborée très rapidement afin de parer à une éventuelle offensive de Napoléon
 Source : Levan, 1985. L'exemplaire d'origine se trouve aux Archives militaires (Krigsarkivet) à Stockholm, en Suède

récemment, lorsque la cartographie numérique a pris le dessus. Il n'y a jamais eu autant de cartes originales éditées. Voir les plus amples informations sur les cartes historiques dans le Chapitre 1.

5.10.1 Le 19^e siècle

Les cartes topographiques ont toujours eu une grande importance militaire. Il a longtemps été difficile de mesurer la distance entre l'ouest et l'est. Entre le nord et le sud, il était possible de calculer les positions à partir des étoiles et du soleil, mais entre l'ouest et l'est, il est nécessaire de connaître l'heure pour obtenir une bonne localisation. De fait, les cartographes ont rencontré des difficultés pour dessiner des cartes justes. Une horloge précise était de la plus haute importance et les marins en avaient forcément besoin pour connaître leur longitude. Ceci signifie que de nombreuses cartes présentent des imprécisions dans la direction ouest-est.

Les cartes topographiques restaient cependant très importantes à des fins militaires ; les brigades militaires étaient formées à la géodésie et à la cartographie de la topographie et les cartes obtenues étaient classées comme confidentielles en dehors de l'armée. Beaucoup de pays ont aujourd'hui levé cette restriction même si certains l'ont conservée pour le grand public.

À notre connaissance, les cartes topographiques du 19^e siècle sont de grande qualité et elles sont parfaites pour étudier l'évolution de la société. On édite régulièrement de nouvelles versions des cartes topographiques. Afin d'étudier le développement de votre quartier, vous pouvez sélectionner différentes versions d'une carte dans votre bibliothèque. Cela constitue potentiellement un bon cas d'école.

La figure 5.9 illustre l'actuelle Malmö, troisième ville de Suède, éloignée de seulement quelques 15 kilomètres de l'est de Copenhague au Danemark. La ville s'étend au-dessus du Sound (l'Öresund en suédois). Le port et les zones industrielles sont à présent situés sur une décharge. De vieux bâtiments industriels de plusieurs étages, y sont construits, comme le Turning Torso haut de 72 étages à Västra Hamnen (dans le port ouest), un point remarquable qui peut être aperçu de loin, même de Copenhague.

Les figures 5.10–12 illustrent la ville de Malmö à ses débuts. Les cartes ont été scannées à partir d'atlas historiques produits par un géographe (Lewan, 1985) de l'Université de Lund et par un expert-géomètre de l'Institut cartographique national suédois.

Bibliographie

Lewan Nils, 1985, *Historisk Atlas, Berlings Grafiska AB*, Arlöv, Sweden.

Liao Ke, 1999, *The National Physical Atlas of China*, Beijing, China, China Cartographic Publishing House.