



HAL
open science

Chapitre 1. Une production particulière

Jean-Luc Arnaud

► **To cite this version:**

Jean-Luc Arnaud. Chapitre 1. Une production particulière. Jean-Luc Arnaud. La carte de France – Histoire et techniques, Parenthèses, pp.13-22, 2022, 978-2-86364-330-3. halshs-03687772

HAL Id: halshs-03687772

<https://shs.hal.science/halshs-03687772v1>

Submitted on 24 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



Chapitre 1. Une production particulière

Jean-Luc Arnaud, « Une production particulière », chapitre 1 de
La carte de France, histoire et techniques, Marseille,
Parenthèses, 2022, p. 13-21.

Les livres et les cartes sont des objets très différents ; à ce titre, la production cartographique se distingue nettement des autres catégories de documents imprimés. Les difficultés que l'on rencontre pour établir une bibliographie cartographique témoignent des particularités de cette documentation. Il n'est cependant pas aisé d'établir les différences entre ces deux catégories au-delà de leur présentation matérielle. Suivant deux aspects, ce chapitre se propose de contribuer à identifier les particularités des documents cartographiques. Si elles ont évolué au cours des deux derniers siècles, elles n'ont pas pour autant disparu, au contraire.

« Lire » une carte

L'expression « lire une carte » est d'un usage courant et elle est suffisamment utilisée pour que, de manière générale, on n'estime pas nécessaire de la questionner. Il n'est pourtant pas inutile de se demander ce que cette expression signifie. Le verbe *lire* est employé dans des contextes assez divers mais de manière principale il concerne l'investigation des textes. Ces textes sont composés de mots, de phrases, de paragraphes et de chapitres, ils sont organisés de manière linéaire, suivant une seule dimension. Qu'il s'agisse d'une courte note, d'une nouvelle ou bien d'un roman, cette mise en forme conduit toujours le lecteur entre un début et une fin, entre l'extrémité gauche de la première ligne de la première page du premier chapitre et la dernière ligne...

Les cartes se présentent de manière sensiblement différente dans la mesure où leur mode de composition – en deux dimensions – n'indique pas comment en conduire l'investigation. Les éléments de texte sont dispersés sur l'ensemble du champ de la représentation et ils ne se composent ni en phrases, ni en propositions. Pour sa part, la figuration graphique, organisée suivant les deux dimensions de la feuille de papier est

panoptique, elle ne se livre pas à un examen linéaire¹. Ainsi, même si on peut lire un texte sans pour autant le suivre ligne à ligne, comme en témoignent les expressions « lire en diagonale » ou bien « lire entre les lignes », le mode d'investigation principal des textes n'est pas opératoire pour les cartes. La découverte peut commencer n'importe où et suivant n'importe quel niveau de détail, elle peut se poursuivre dans n'importe quelle direction, sans continuité ni de lieu ni de niveau². Dans ce contexte, comment prétendre à une lecture exhaustive ou encore comment prendre des notes ? Cette différence avec les livres est sanctionnée par deux impossibilités : celle de partager la découverte d'une carte à travers une « lecture » à haute voix, celle de l'apprendre par cœur.

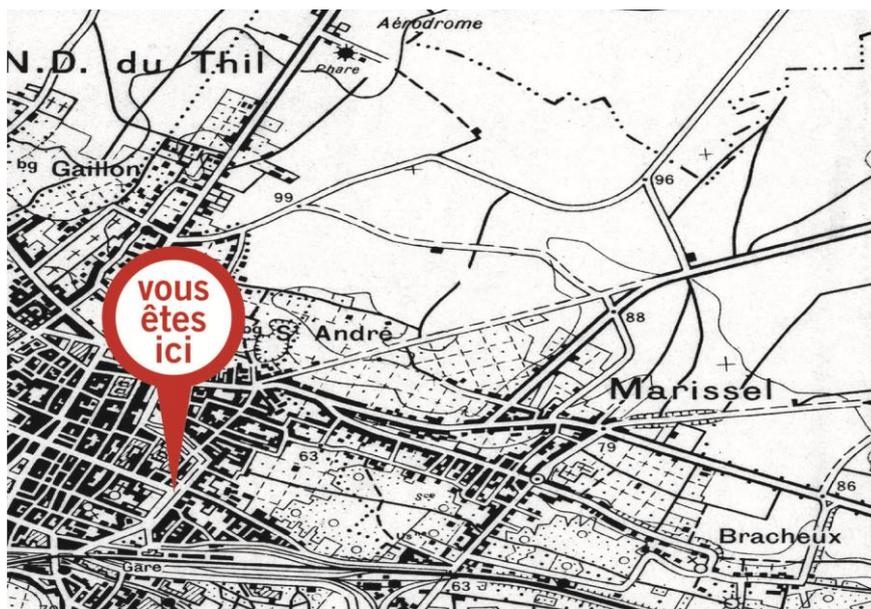
Par ailleurs, un texte se déchiffre suivant une seule focale déterminée par la taille des caractères et par la distance entre les yeux du lecteur et la page imprimée. Une variation de cette distance ne présente pas d'intérêt, elle ne donne pas lieu à des découvertes supplémentaires. En ce sens, la lecture est une opération plutôt statique. La carte se présente de manière très différente. Suivant plusieurs focales – en fait, autant d'échelles d'investigation –, elle livre des lots d'informations différents, en partie autonomes, mais aussi étroitement liés entre eux par un axe vertical. Ainsi, une carte imprimée sur une feuille de papier résolument plate comporte en fait des données organisées suivant trois dimensions : les deux de l'espace euclidien et la troisième qui correspond à la hiérarchie adoptée pour rendre compte de l'organisation de l'espace représenté. Cette hiérarchie nécessite parfois des explications. La légende de la carte joue ce rôle³. Elle indique par exemple que les routes nationales sont figurées par un trait plus large – ou bien de couleur plus vive – que les routes départementales. Cette différence témoigne d'une hiérarchie entre les objets représentés mais pas seulement. Sur la base de cette différence, le réseau des routes nationales apparaît à une focale supérieure à celui des routes de moindre importance. Ce réseau constitue une couche d'informations visuellement indépendante. Plus le lecteur se rapproche, plus le réseau routier local devient clair, mais plus il examine une petite portion de la carte, plus il perd de vue l'économie générale des grandes voies de communication. Ainsi, même si on peut effectivement commencer à lire une carte par un détail, on préférera le plus souvent débiter par un point de vue global de manière à saisir le contexte dans lequel s'inscrivent les informations des niveaux inférieurs. La hiérarchie généralement admise entre les éléments qui composent une carte résulte de l'habitude. Au moins depuis la première moitié du XIX^e siècle, les cartographes sont très attentifs au choix des codes graphiques pour rendre compte de cette hiérarchie. Cependant, et justement parce que certaines hiérarchies sont admises sans questionnement, il peut être heuristique de les bouleverser en modifiant le code graphique. Imaginons un plan de ville qui mettrait en exergue les impasses. Un tel document ferait apparaître une répartition et des structures tout à fait nouvelles.

Cette différence avec les livres impose au lecteur des positions différentes. Pour saisir une carte dans toutes ses dimensions, il est préférable d'être debout, la position assise ne permet pas de faire varier assez facilement et assez rapidement la focale et donc de passer du général au particulier – ou l'inverse – de manière à exploiter la troisième dimension des documents. Dans certaines bibliothèques, les tables sont légèrement inclinées,

¹ . Bertin, Jacques, *Sémiologie graphique, les diagrammes, les réseaux, les cartes* [1967], Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales, 2005, p. 7.

² . Marin, Louis, « La carte fait signe », in *Cartes et figures de la terre*, Paris, Centre Georges Pompidou, 1980, p. 47-54.

³ . Dainville, François de, *Le Langage des géographes*, Paris, Picard, 1964.



Point de repère

La consultation d'un document cartographique s'appuie sur des points de repère. On cherche tout d'abord à reconnaître ce que l'on sait, puis, dans un second temps, on organise la découverte des autres informations. A partir de ce moment-là, on procède à un questionnement implicite des différences entre ce que l'on connaît, ou croit connaître, et la figuration proposée par la carte. – Composition de l'auteur à partir d'un extrait de la feuille *Beauvais* n° 4 : 20 000, Paris, IGN, 1943.

elles facilitent la consultation des documents de grand format. Par ailleurs, pour les mêmes raisons, les tables à dessin des architectes sont elles aussi en pente et ils sont nombreux à préférer travailler debout plutôt qu'assis.

Les écrans changent la donne ; il est souvent plus aisé de consulter un détail sur un écran plutôt qu'à plat ventre sur une table avec une loupe. Par contre, les écrans sont moins performants que le papier pour les examens d'ensemble. Ils sont trop petits et leur verticalité, qui interdit de tourner autour de la représentation, ne permet pas facilement de faire varier les angles d'examen. Or, cette variation est essentielle pour les investigations qui s'intéressent aux structures d'organisation de l'espace dans la mesure où elle permet de faire apparaître des ruptures, des continuités, des orientations ou encore des gradients⁴.

Lire / consulter

Face à une carte, le lecteur est en quelque sorte perdu. Plus précisément, il le serait s'il décidait de lire une carte *a priori*, pour passer le temps par exemple, comme on le fait dans une salle d'attente. Or, il n'y a pas de cartes parmi les lectures proposées dans les salles d'attente !

En effet, on fait appel à une carte lorsque l'on a une question à lui poser. En ce sens, on ne lit pas une carte, on la consulte. La consultation prend fin lorsque la réponse est obtenue. Chaque nouvelle question donne lieu à une nouvelle consultation. Par ailleurs, on ne questionne pas ce dont on ignore tout. Ainsi, formuler une question à propos d'une information cartographique suppose de disposer en amont d'une connaissance minimale. Cette connaissance peut être à la fois très ténue – au début d'un processus de recherche – et très diverse en terme de disciplines mais elle constitue la porte d'entrée nécessaire pour

⁴ . Arnaud, Jean-Luc, *Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine*, Marseille, Parenthèses, 2008.

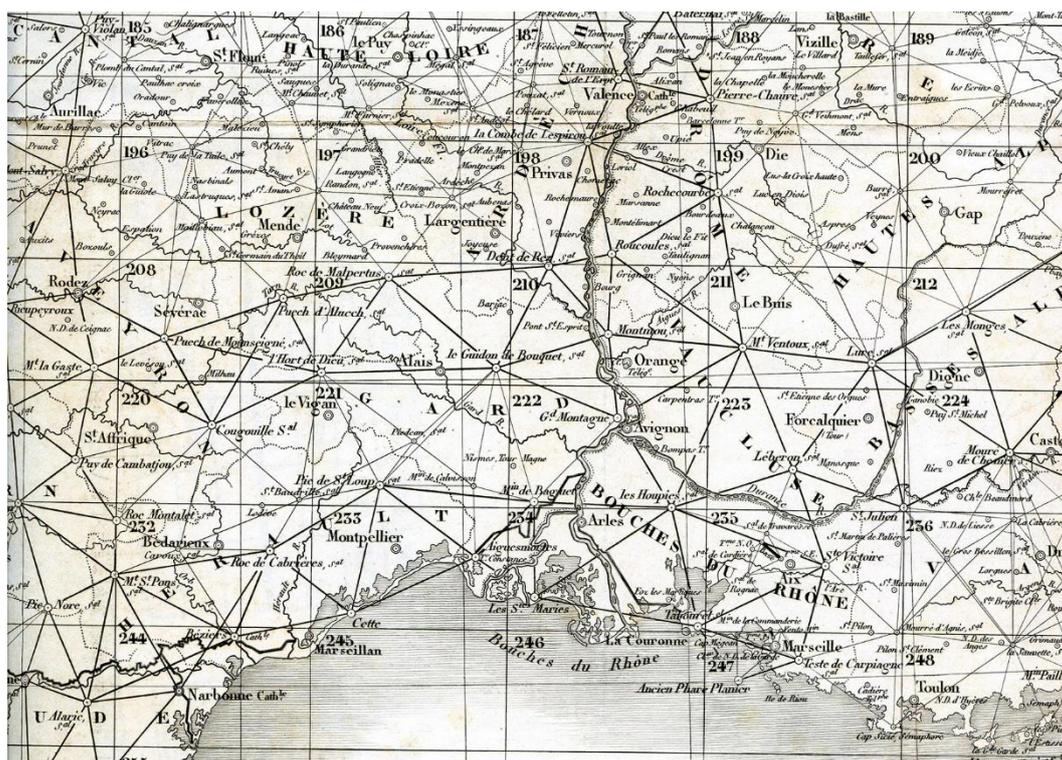
déclencher le questionnement et donc la consultation. Elle offre aussi un cadre d'organisation pour le nouveau savoir acquis pendant la consultation. C'est ce processus cognitif qui est à l'œuvre lorsque – à l'occasion d'une présentation publique par exemple – on propose à des visiteurs de consulter des cartes. Au-delà de la dimension purement esthétique des documents, ils demandent toujours à voir des représentations de lieux qu'ils connaissent. Ils cherchent tout d'abord à reconnaître ce qu'ils savent, puis, c'est seulement lorsque qu'ils sont parvenus à identifier des points de repère, qu'ils organisent la découverte des autres informations figurées par le document. A partir de ce moment-là, même s'ils n'ont pas de questions explicites, ils procèdent à un questionnement implicite des différences entre ce qu'ils connaissent, ou croient connaître, et la figuration proposée par la carte. La plus grande part du savoir qu'ils acquièrent alors est construite par déduction de ces différences et/ou des similitudes car, pour l'investigation historique en particulier, les similitudes sont tout autant porteuses d'informations que les différences.

Ainsi, ce n'est pas un hasard si les cartes détaillées sont souvent plus appréciées par le public que les autres. Le processus de reconnaissance trouve d'autant plus facilement des points de repère que la figuration est moins simplifiée, moins généralisée suivant le vocabulaire des cartographes, et moins abstraite.

Cette manière d'utiliser les cartes a une forte incidence sur l'exploitation des collections cartographiques en bibliothèque. Qu'il s'agisse de vérifier l'orthographe d'un toponyme, l'existence d'une route ou encore d'un édifice, de nombreuses questions posées aux documents appellent des consultations très courtes. Mais, qui prend le temps d'effectuer une consultation en bibliothèque pour ce genre de question ? C'est d'autant plus difficile que de nouvelles interrogations peuvent émerger fréquemment. Autrement dit, faute de disposer d'un accès rapide aux documents, de très nombreuses questions restent sans réponse. Ainsi, quels que soient les efforts réalisés par les bibliothécaires pour faciliter la consultation de documents, les cartes restent des objets fragiles dont la manipulation prend du temps. Au département des cartes et plans de la bibliothèque nationale de France, la communication d'une carte prend entre 30 et 45 minutes. Dans ce contexte, les reproductions numériques constituent une solution très intéressante. Elle satisfait à la fois les conservateurs qui y voient un moyen de protéger les originaux et les lecteurs qui accèdent plus facilement à l'information. Mais les enjeux relatifs à la numérisation des documents cartographiques dépassent le fait de satisfaire les conservateurs et les lecteurs. En fluidifiant l'accès à l'information, les reproductions numériques et leur exposition en ligne permettent de multiplier les consultations sans contrainte. Ainsi, il devient possible de répondre aux questions qui restaient auparavant sans réponse à cause de la lourdeur inhérente à la manipulation des originaux. En ce sens, la dématérialisation des collections cartographiques ne constitue pas seulement un vecteur de promotion des usages, il est probable qu'elle donne lieu à de nouvelles utilisations, à de nouvelles formes d'exploitation dans des domaines qu'il est encore trop tôt pour envisager ; cela, de manière bien plus sensible que pour les textes.

Un palimpseste intégrateur

L'introduction de la cartographie détaillée à l'échelle d'ensembles territoriaux aussi vastes que la France du milieu du XVIII^e siècle a pour effet d'inscrire la production dans des durées bien plus longues qu'auparavant. Chaque nouvelle carte détaillée engage alors ses promoteurs dans des temporalités qui les dépassent. Ainsi, la carte dite de Cassini, dont les



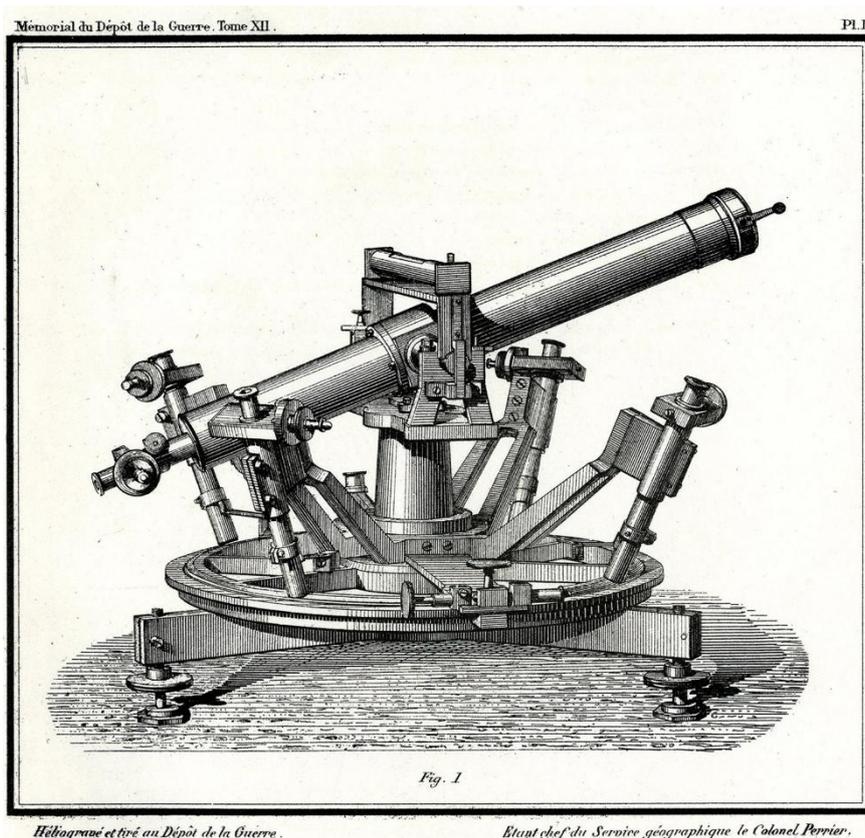
Triangulation générale de la France

La triangulation de premier ordre est organisée en longues chaînes (désignées méridiennes et parallèles) qui partagent le territoire en unités d'environ 200 kilomètres de côté. – Extrait de *Carte générale des triangles fondamentaux de la nouvelle carte topographique de la France...* Paris, Dépôt de la Guerre, 1833 [coll. particulière].

premiers travaux datent du milieu du XVIII^e siècle, est complétée une cinquantaine d'années plus tard seulement. Pour sa part, la carte d'état-major qui lui succède nécessite une période de travaux un peu plus longue ; la palme revient à la carte à l'échelle 1:50 000, dont l'établissement initial a duré pratiquement trois-quarts de siècle. Par ailleurs, ces entreprises mobilisent chacune une multitude d'opérateurs qui travaillent simultanément et/ou se succèdent à la faveur des différentes phases du processus de production. Autrement dit, les données nécessaires à l'établissement de chaque carte sont produites, vérifiées, complétées, mises en forme... et finalement imprimées par une longue liste d'intervenants dont les compétences et les décisions individuelles sont noyées dans l'abondance des étapes.

Au contraire des livres, dont la plus grande part résulte du travail d'un seul auteur et de textes originaux, les cartes sont toujours redevables de travaux antérieurs et de multiples contributeurs. Ainsi, lorsque son nom est indiqué, le cartographe auteur est le plus souvent un compilateur. Il ne s'agit pas de mettre en cause le mérite et les compétences des auteurs mais de montrer combien la même désignation peut correspondre à plusieurs réalités. Au moins depuis le milieu du XVIII^e siècle, chaque carte résulte d'une intégration – au sens de l'intégrale mathématique – d'informations de diverse nature. Elles sont produites en quatre étapes principales qui mettent en œuvre successivement des savoir-faire et des instruments différents et font intervenir des opérateurs tout aussi divers⁵.

⁵ . Alinhac, Georges, *Rédaction cartographique. Premier fascicule. Eléments de base et technique générale*, Paris, Ecole nationale des sciences géographiques, 1954, p. 1.



Cercle azimutal

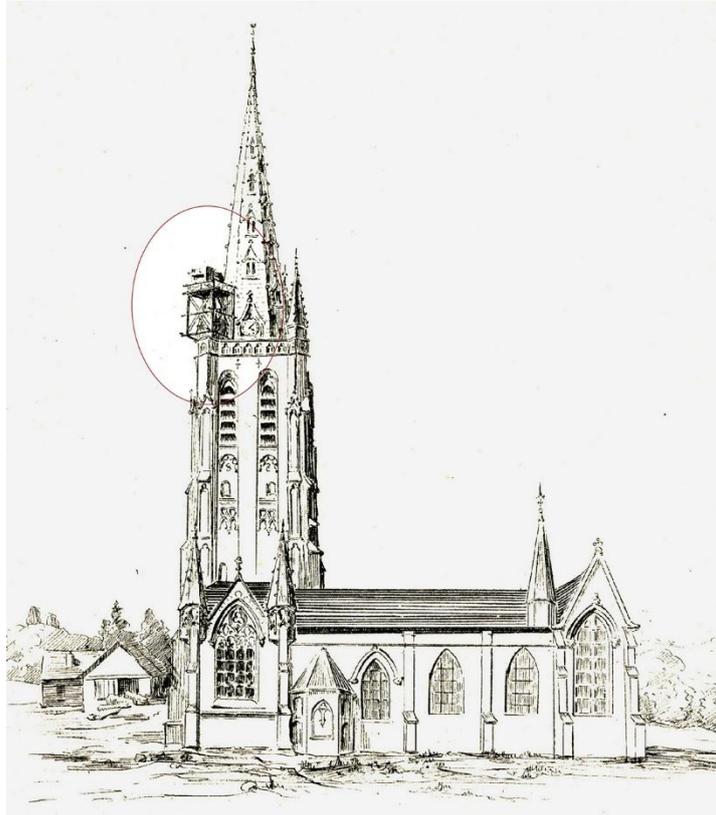
Cet appareil était utilisé pour effectuer les triangulations. La lunette est montée sur un axe qui permet de faire varier l'angle vertical de la visée mais pas de le mesurer. Cet ensemble est fixé sur un cercle mobile et tourne autour d'un axe vertical à l'intérieur d'un cercle fixé sur un trépied réglable en hauteur. La lecture de l'angle de visée est effectuée avec quatre petites lunettes placées au-dessus des verniers gravés sur les cercles. Depuis chaque sommet de chaque triangle, cet appareil permet de mesurer les angles qui séparent les autres sommets observés. – Extrait de *Mémorial* 12, première partie, 1885, planche I.

Canevas géodésique et nivellement

A partir du ^{ve} siècle avant notre ère, les travaux d'Aristote puis ceux de Strabon ont montré que la terre est sphérique. Plus précisément, la force centrifuge provoquée par sa rotation donne lieu à un léger aplatissement au niveau des pôles, ainsi, le profil de la terre a la forme d'une ellipse⁶. Depuis l'antiquité grecque, les cartographes doivent réaliser un tour de force : celui de représenter la surface sphérique de la terre sur un support plat. Après avoir été en partie résolue par Ptolémée au second siècle de notre ère puis oubliée, cette question est rouverte au ^{xv} siècle et réglée au milieu du siècle suivant avec les travaux de G. Mercator qui a donné son nom à un mode de projection toujours en usage⁷. A partir de ce moment-là, la sphéricité de la terre est rapportée à la surface du papier de la carte par une

⁶. Ce phénomène a été théorisé pour la première fois par Newton dans ses *Principia* parus en 1687. Il a été vérifié une cinquantaine d'années plus tard à la suite de la mesure de plusieurs méridiennes situées à des latitudes différentes. Levallois, Jean-Jacques, *Mesurer la terre. 300 ans de géodésie française. De la toise du Châtelet au satellite*, Paris, Association française de topographie, Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, 1988, p. 31-40.

⁷. Reignier, François, *Les systèmes de projection et leurs applications*, Paris, Institut géographique national, 1957 ; Cuenin, René, *Cartographie générale*, Paris, Eyrolles, 1972, vol. 1, p. 44 sq.

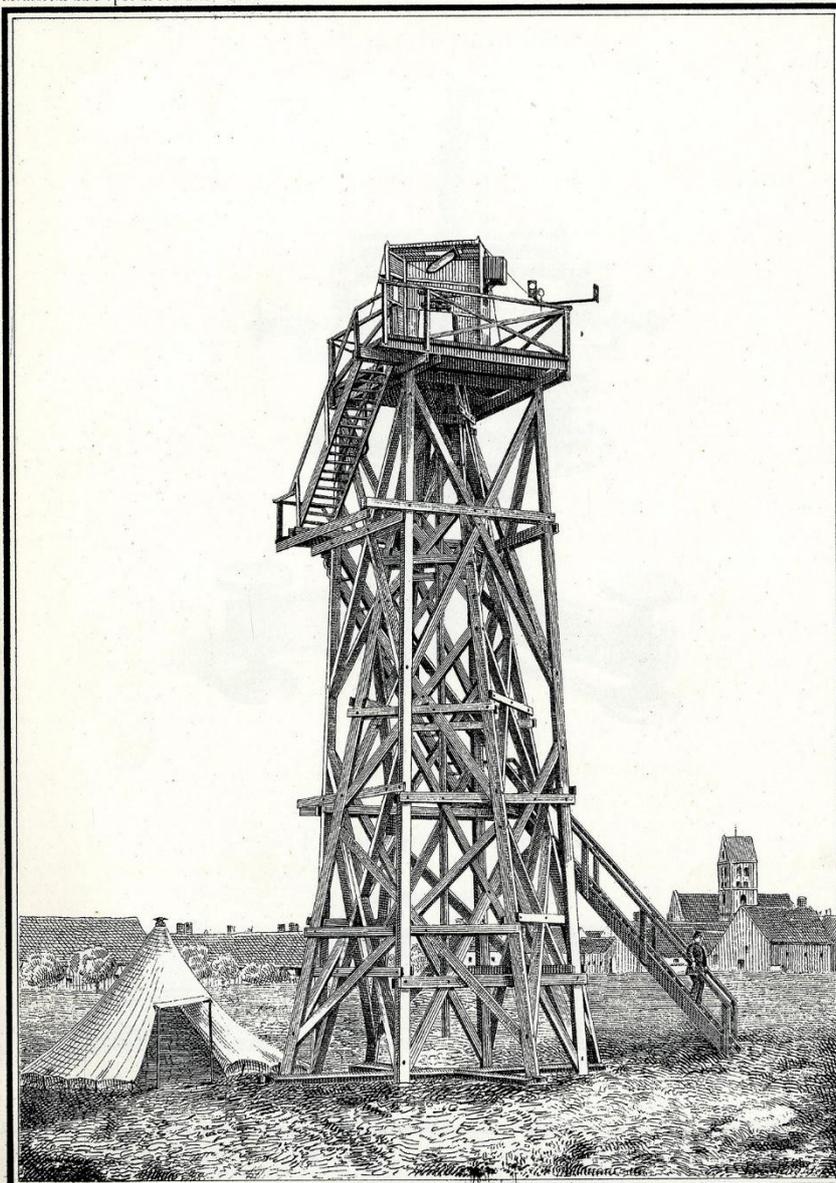


Aménagement d'une station géodésique, vers 1880

Pour les opérations de géodésie, les visées à grande distance nécessitent des points d'observation élevés. Les clochers des églises constituent à cet égard des opportunités mais s'il est facile de les viser de loin, il n'est pas aussi aisé d'y installer des appareils en station. Il est souvent nécessaire de construire des ouvrages en maçonnerie et/ou en charpente pour installer le poste d'observation. – *Eglise de Hondshoote*, planche XX du *Mémorial* 12, seconde partie, 1902.

opération géométrique désignée projection. Il en existe plusieurs modes et chaque mode de projection est doté de propriétés particulières quant à sa capacité à conserver sur la carte les angles, les longueurs, ou bien les surfaces de la réalité terrestre. Cette opération est l'apanage des géodésiens, elle donne lieu à des calculs souvent complexes. Les projections sont tout d'abord utilisées pour les représentations de l'ensemble de la sphère terrestre. Pour les cartes locales, on considère que, compte tenu de leur faible développement, la terre est plate.

A partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle, la demande croissante de précision donne lieu à l'ajout d'une nouvelle tâche dans le processus de production des documents cartographiques : l'établissement préliminaire d'un canevas géodésique. Il s'agit de définir l'armature de la représentation cartographique par la détermination d'un réseau de points de repère organisé de manière à rendre compte de la sphéricité de la terre. Ainsi, un *canevas* n'est pas tant un tracé cartographique qu'une liste de points documentée par les coordonnées correspondantes. Cette liste résulte du travail des ingénieurs géographes jusqu'au milieu du XIX^e siècle puis de celui des géodésiens. Ils procèdent à la fois à des mesures astronomiques de coordonnées et à la triangulation de l'ensemble du territoire à cartographier à partir de



Héliogravé et tiré au Dépôt de la Guerre.

Fig. 10. Bâtiment chef du Service géographique le Colonel Perrier.

Signal à double charpente

Pour le relevé de la nouvelle méridienne de base vers 1880, les clochers qui étaient jusqu'alors utilisés comme points de repère sont délaissés car ils ne permettent pas d'établir les instruments de manière assez précise. Ils sont remplacés par des constructions en charpente qui permettent à la fois de placer une mire visible depuis les autres points d'observation et un appareil de visée. L'exemple figuré sur cette planche présente la particularité d'être composé de deux charpentes distinctes, emboîtées l'une dans l'autre mais indépendantes. La première porte l'appareil et la seconde l'opérateur. Cette séparation évite à l'appareil de subir les mouvements provoqués sur la plateforme par le déplacement de l'opérateur. – *Signal à charpente double*, planche VII du *Mémorial* 12, première partie.

bases mesurées avec le plus grand soin⁸. Les valeurs d'angles puis de distances obtenues par ces opérations permettent de calculer les coordonnées de chaque point et sa position sur la carte en fonction du mode de projection retenu. Cette opération est organisée par

⁸. *Le service géographique de l'Armée. Son histoire, son organisation, ses travaux*, Paris, Ministère de la Défense nationale et de la Guerre, 1938, p. 129-130.

niveaux hiérarchiques successifs. La première triangulation – dite *de premier ordre* – détermine des grands triangles, la précision des mesures est fixée à son plus haut niveau⁹. Dans un second temps, à partir des sommets des plus grands triangles, on procède à la triangulation de second ordre puis, suivant la même méthode, à celle de troisième ordre. A chaque étape la précision requise est moins élevée et le matériel utilisé moins performant mais plus rapide à mettre en œuvre. *In fine*, la triangulation de dernier ordre n'est pas toujours effectuée par les géodésiens, elle peut être confiée aux topographes aussi chargés des relevés de terrain. Ces multiples mesures donnent lieu à d'interminables calculs, elles présentent la particularité de ne pas directement apparaître sur la version finale de la carte, sinon sous la forme de symboles qui figurent les points de repère. Pour sa part, la sphéricité de la surface terrestre est indiquée par des données à lire : les coordonnées géographiques du graticule et/ou des angles des feuilles. Suivant certains modes de projection, l'organisation du graticule des méridiens et des parallèles indique que la carte résulte du développement d'un volume mais encore faut-il savoir interpréter cette organisation¹⁰. Ainsi, les géodésiens sont-ils rarement cités comme auteurs des cartes alors que leur contribution est, au sens propre, fondamentale. La géodésie d'un espace donné n'est pas construite pour une carte particulière, au contraire, elle est utilisée pour l'ensemble de la production cartographique, quelle que soit son échelle de réduction, quels que soient ses objectifs. Si toutefois une carte doit être dressée suivant un système de projection et/ou de coordonnées particulier, les calculs des positions relatives des points de repère doivent être repris mais les relevés ne sont pas mis en cause et ils ne nécessitent pas de complément. Lorsque la géodésie d'un pays est établie, c'est en théorie pour l'éternité. Ainsi par exemple la feuille *Montauban n° 4 sud* de la carte à l'échelle 1:10 000 [F1910], dressée, dessinée et publiée en 1949, est appuyée sur le canevas géodésique des ingénieurs géographes établi un siècle plus tôt¹¹.

Nivellement

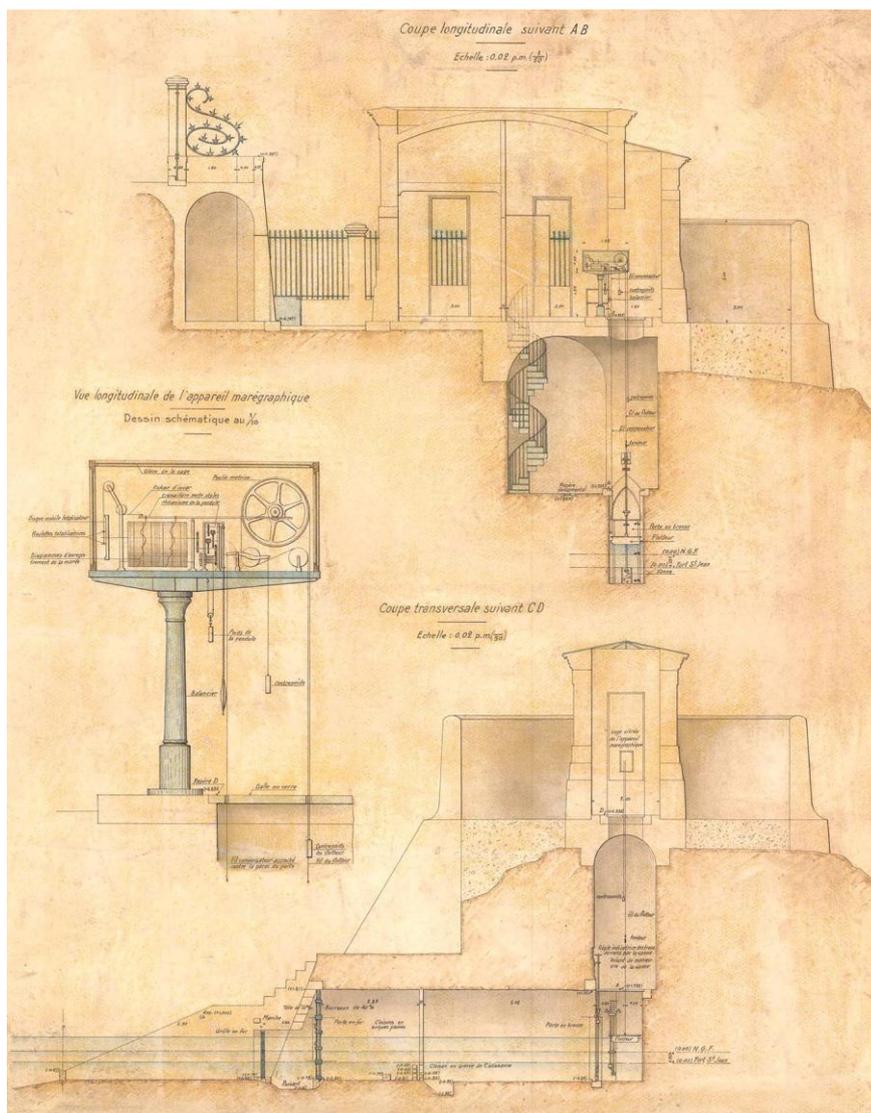
Les travaux de géodésie déterminent la position de chaque point du canevas dans un système de coordonnées. Ils ne s'intéressent pas à la mesure de la troisième dimension de ces points : leur altitude. Cependant, c'est justement aux ingénieurs géographes, chargés de la préparation géodésique de la carte d'état-major, que le Dépôt de la guerre confie les premières opérations de nivellement de la France en 1817. Ils utilisent les mêmes instruments que pour la triangulation et ils déduisent les altitudes à partir de la mesure des angles verticaux entre chaque sommet des triangles. Ce nivellement, qualifié de géodésique, ne présente pas toutes les garanties de précision. Il est repris suivant une nouvelle méthode – mesure sur de courtes distances à l'aide d'une lunette parfaitement horizontale¹² – à partir de 1856 sous la direction de Paul-Adrien Boudalouë. Celui-ci tire alors sa notoriété d'une opération récente de nivellement de l'isthme de Suez à l'issue de

⁹ . La taille moyenne des côtés des triangles varie dans le temps avec les progrès du matériel utilisé.

¹⁰ . A la fin du XIX^e siècle, à cause de cette difficulté à interpréter les documents à plat, le géographe Elisée Reclus n'est pas favorable à leur usage à des fins pédagogiques. Il suggère d'utiliser un globe. Reclus, Elisée, *L'enseignement de la géographie, globes, disques globulaires et reliefs*, Bruxelles, Vve F. Larcier, 1902 ; Reclus, Elisée, *Ecrits cartographiques*, Genève, Héros-Limite, 2016.

¹¹ . Cette feuille porte la mention « Triangulation des Ingénieurs Géographes transportée théoriquement sur l'ellipsoïde de Clarke avec les éléments de départ de la nouvelle triangulation ».

¹² . *Le Service géographique de l'armée...*, *op. cit.*, p. 131.



Marseille, origine du nivellement général de la France

Le marégraphe, construit à Marseille en 1884, enregistre les variations du niveau de la mer depuis cette date. L'altitude zéro du nivellement général de la France a été déterminée après douze années d'observation. Son origine est matérialisée par un repère scellé dans le sol de la salle inférieure du bâtiment à l'altitude 166,1 centimètres. – Extrait de *Nivellement général de la France. Marégraphe de Marseille. Dispositions générales*, planche manuscrite sans date ni mention de responsabilité.

laquelle il a montré que la mer Rouge et la Méditerranée ont la même altitude¹³. Les résultats obtenus sont très supérieurs aux précédents à la fois par leur précision et par le nombre des repères mesurés mais, quelques années plus tard, ils sont aussi mis en cause quant aux méthodes de calcul et parce que le point de départ choisi à l'échelle du fort Saint-Jean à Marseille est fixée sur une formation géologique sensible aux variations d'humidité¹⁴. Ces critiques justifient la mise en place d'une nouvelle organisation à la fin

¹³ . Ce résultat corrige celui des topographes de l'expédition d'Égypte au tout début du XIX^e siècle qui avaient alors conclu à un important dénivellé. Coulomb, Alain, *Le marégraphe de Marseille. De la détermination de l'origine des altitudes au suivi des changements climatiques : 130 ans d'observation du niveau de la mer*, Paris, Presses des Ponts, 2014, p. 23.

¹⁴ . *Ibid.*, p. 53-68.

des années 1870. Placée sous l'égide du ministère des Travaux publics, elle est chargée de produire un nivellement assez détaillé pour tracer des courbes de niveau équidistantes de vingt mètres sur la nouvelle carte à l'échelle 1:100 000 que le ministère vient de mettre en chantier [F1879]¹⁵.

Pour la géodésie comme pour le nivellement, la précision des résultats obtenus tient à la fois au matériel et aux méthodes mises en œuvre. Or, le temps d'achever un nouveau relevé général est suffisant pour que les améliorations apportées à ces deux domaines pendant la période considérée en rendent rapidement les résultats caducs. Ils s'améliorent ainsi de manière régulière à la faveur de nouvelles campagnes de relevés qui utilisent du matériel et des méthodes toujours plus performants¹⁶.

Topographie

Lorsque le canevas géodésique et le nivellement sont établis, l'étape suivante est confiée aux topographes. Equipé d'instruments plus légers que ceux des géodésiens et du dessin des points de repère du canevas, le topographe a pour mission de compléter ce dessin en y indiquant le tracé de l'hydrographie et des voies de communication, le modelé du terrain, les limites des établissements humains, des circonscriptions administratives et la toponymie. Il est aussi chargé de délimiter les masses d'occupation générale du sol : bois, marais, vignoble...

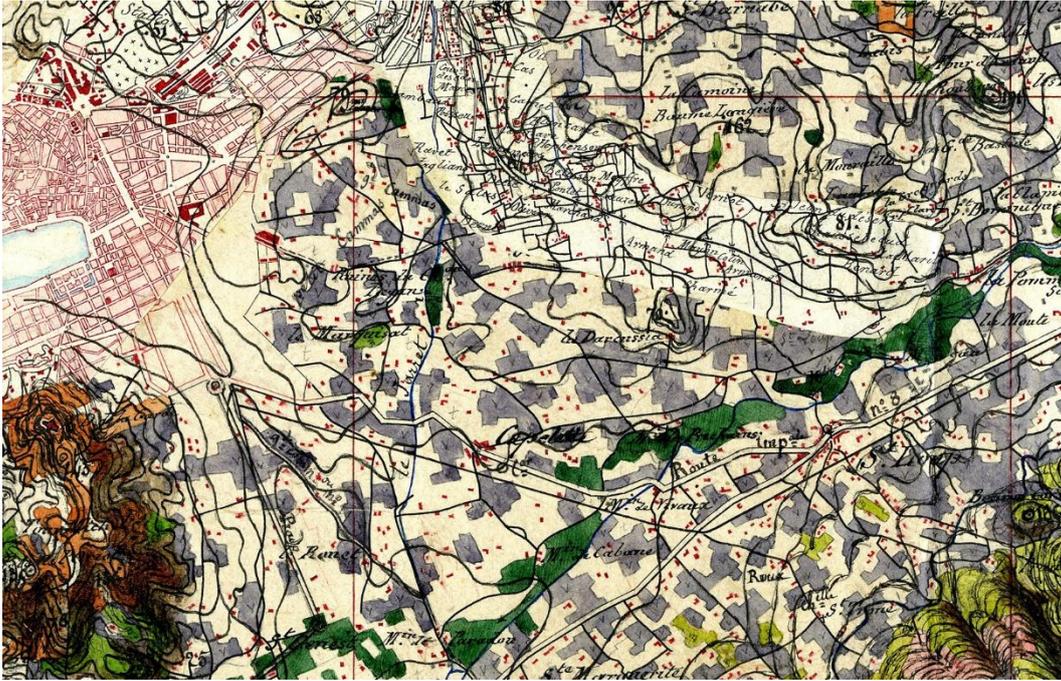
Il procède tout d'abord à une reconnaissance de l'ensemble de la zone dont il est chargé. Etape qui lui permet de comprendre les principales formes du terrain et d'en saisir les particularités, il détermine alors son programme de relevés, les grandes lignes du terrain, la position des points et/ou des cheminements à suivre. Il produit en quelque sorte un canevas affiné de points et de lignes remarquables qui sert de base aux relevés proprement dits, effectués dans un second temps. En fonction des périodes, des moyens disponibles et des objectifs assignés au document final, le niveau de détail de ce relevé est assez variable mais, jusqu'à une période récente, une part importante était effectuée à l'aide d'instruments assez rudimentaires tels que la planchette, l'alidade et le déclinatoire¹⁷. Autrement dit, la qualité des relevés topographiques tenait beaucoup au savoir faire des opérateurs et à leurs capacités à comprendre et décrire les mouvements d'un terrain. Ce n'est pas un hasard si les relevés des régions montagneuses étaient confiés aux agents les plus aguerris. A partir du milieu des années trente, ces méthodes et ces instruments sont supplantés en quelques années seulement par l'exploitation des photographies aériennes¹⁸. Alors que les photos sont jusqu'alors utilisées comme des documents complémentaires qui facilitent les relevés de terrain, l'introduction de la photogrammétrie constitue une rupture dans l'organisation de la production en ce sens qu'elle inverse l'ordre des interventions et donc la hiérarchie entre les documents et les intervenants. A partir du milieu des années trente, les minutes sont tout d'abord tracées en atelier par les photorestituteurs. Elles sont ensuite confiées aux

¹⁵ . *Ibid.*, p. 75.

¹⁶ . Ainsi, en 1962, l'IGN reprend à nouveau le nivellement des points de premier ordre, l'opération doit durer sept ans. L'année suivante, les premiers résultats obtenus sont jugés bien supérieurs à ceux de la campagne précédente ; on estime alors l'erreur accidentelle probable à 1,51 mm par kilomètre. *Rapport pour 1962*, p. 1 ; *Rapport pour 1963*, p. 4.

¹⁷ . En 1938, ces instruments constituent encore l'équipement de base des topographes. *Le Service géographique de l'armée...*, *op. cit.*, p. 142-146.

¹⁸ . Au début des années quarante, les relevés à la planchette ne sont plus du tout pratiqués pour dresser les minutes de la carte de base. On les utilise seulement dans un but pédagogique pour la formation des élèves de l'école de l'IGN. *Rapport pour 1940-1942*, p. 51.



Relevé de terrain manuscrit

Équipé d'instruments légers et du dessin des points du canevas géodésique, le topographe a pour mission de compléter ce dessin en y indiquant le tracé de l'hydrographie et des voies de communication, le modelé du terrain, les limites des établissements humains, des circonscriptions administratives et la toponymie. Il est aussi chargé de délimiter les masses d'occupation générale du sol : bois, marais, vignoble... – Extrait de la feuille *Marseille*, du relevé à l'échelle 1:40 000 de la carte d'état-major, F. Lanier, 1861.

topographes chargés de vérifier sur le terrain les zones qui ont échappé à la photographie – sous des nuages par exemple – et celles que la photo ne permet pas de distinguer avec certitude. Pour les régions rurales, les minutes portent de multiples points pour lesquels l'opérateur de la restitution n'a pas été en mesure de distinguer si l'image correspond à des meules de foin ou bien à des constructions. Les compétences requises pour effectuer ces vérifications sont sans commune mesure avec celles qui présidaient aux relevés topographiques directs de la période antérieure. En multipliant les opérateurs, cette transformation a aussi pour effet d'anonymiser les travaux de relevés. Sur une grande part des cartes de base produites par le Dépôt de la guerre puis par le Service géographique de l'armée avant le milieu des années trente, un schéma imprimé sur chaque feuille indique le nom de l'auteur du relevé topographique de chaque zone. Il ne s'agit pas tant de leur rendre hommage que de faciliter le retour aux minutes pour les vérifications et les mises à jour éventuelles. Avec la photogrammétrie, le Service géographique de l'armée codifie le travail des opérateurs pour qu'ils soient interchangeables et donc anonymes. En tout état de cause, leurs noms ne sont jamais indiqués sur les versions imprimées des documents. Ils sont parfois « remplacés » par les numéros et les dates des missions de prises de vues aériennes, voire, par l'indication du type d'appareil de restitution utilisé.

De manière générale, les relevés topographiques sont effectués à une échelle supérieure à celle de la publication de la carte. Ce rapport est assez variable mais il semble s'être réduit dans le temps. Ainsi, les relevés du comté de Nice effectués sous la direction de Pierre Bourcet pendant les années 1740 sont à l'échelle 1:14 400 pour une carte gravée

au 1:86 400, soit un rapport de six pour un¹⁹. Un siècle plus tard, pour la carte d'état-major, les relevés sont effectués au 1:40 000 – parfois au 1:20 000 dans les centres urbains – pour une gravure au 1:80 000. Le rapport est de deux (ou quatre) pour un. Enfin, après un siècle supplémentaire, les relevés photogrammétriques dressés pour la carte de base de la France sont à l'échelle 1:15 000 pour une publication au 1:20 000.

Cette réduction du rapport d'échelle entre les relevés et la carte imprimée est étroitement liée aux progrès des instruments de dessin et des supports. L'introduction de la plume métallique, à la place de la plume d'oie, pendant la première moitié du XIX^e siècle constitue sans doute la première étape de ce processus. Pour sa part, le papier calque remplace le papier huilé au cours de la seconde moitié du siècle... On assiste ensuite au perfectionnement des plumes, le *Graphos*, à plume interchangeable de largeur variable et réservoir d'encre est commercialisé à partir du milieu des années trente, les outils à plume tubulaire apparaissent une vingtaine d'années plus tard. Pour leur part, les supports tels que la glace blanchie puis les matières plastiques contribuent aussi à améliorer la qualité des dessins à partir du milieu des années quarante. Enfin, les progrès des outils de reproduction jouent un rôle important pour la réduction du rapport entre l'échelle des minutes et celle de la carte imprimée. A côté des pantographes et des micrographes, instruments encombrants, fragiles et couteux, la méthode de réduction aux petits carrés est longtemps utilisée comme en témoignent les quadrillages portés sur de nombreux documents²⁰. Cependant, les procédés de reproduction photographique sont introduits au Dépôt de la guerre dès la fin des années 1850 avec la création du premier atelier dédié à cette activité. Il ne cesse de s'agrandir et de prendre de l'importance au cours des années suivantes. A partir de 1890, l'introduction de la photo-zincographie au Service géographique de l'armée contribue encore à l'accroissement du rôle des processus photographiques. Cette méthode permet de reporter sur une plaque de zinc un dessin, exécuté (ou reproduit) sur support transparent, par insolation d'une couche de colle sensibilisée à la lumière. Elle supprime très rapidement la gravure manuelle²¹.

Rédaction cartographique

Ces opérations successives de recueils d'informations sont nécessaires pour établir la nouvelle cartographie de base d'un pays ou bien pour dresser la carte d'une terre inconnue ; c'était le cas pour certaines régions du monde jusque dans les années cinquante. Mais, dès que le territoire à cartographier a été l'objet de descriptions, les cartographes exploitent d'abord cette matière. Ainsi, pour toute nouvelle carte, on commence par rassembler la documentation existante et on intègre les données antérieures qui satisfont aux exigences de véracité et de précision de la nouvelle carte à produire. Ces données sont parfois mises à jour mais ce n'est pas systématique. Ainsi, par exemple, pour une carte routière d'Europe centrale à l'échelle 1:200 000 publiée en Autriche pendant les années soixante, la géodésie et la topographie sont reprises d'une carte à la même échelle publiée par l'armée austro-hongroise au tournant des XIX^e et XX^e siècles²². La mise à jour porte seulement sur la

¹⁹ . Ces échelles correspondent respectivement à 6 pouces pour 1 toise et à 1 ligne pour 100 toises. Pichard, Georges, « Représentation et compréhension du terrain chez les ingénieurs du Génie au XVIII^e siècle ». *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, 3e série (tome 12), 1998, p. 4.

²⁰ . Pour la description de ces instruments et méthodes, voir Puissant, Louis, *Traité de topographie...*, Paris, Courcier, 1807, p. 272-284.

²¹ . *Le Service géographique de l'armée...*, *op. cit.*, p. 177 et 181.

²² . Carte à l'échelle 1:200 000 publiée entre 1963 et 1973 par le bureau autrichien de métrologie – *Bundesamt für eich und vermessungswesen* – sous le titre générique *Generalkarte von Mitteleuropa*, elle compte 85 feuilles.

planimétrie des voies de circulation – objet principal de la carte – et la toponymie. Le canevas géodésique de la carte militaire, réalisé dans des conditions parfois difficiles et avec un équipement devenu désuet depuis longtemps, est loin d'être parfait. Il manquerait cruellement de précision pour être utilisé par des artilleurs mais il est amplement suffisant pour une carte routière. La toponymie est aussi l'objet de multiples réutilisations. Par exemple, à la fin des années cinquante, les cartes détaillées du sud de l'Algérie, publiées en urgence par les militaires français, reprennent sans contrôle les toponymes relevés au début des années trente pour une autre carte.

Dresser une carte, c'est tout d'abord exploiter ce qui existe. A ce titre, les matrices – celles qui ont été l'objet de relevés complets et nouveaux – ne sont pas très nombreuses. Pour la France, entre le milieu du XVIII^e et le début du XXI^e siècle, on compte seulement quatre matrices : celle de Cassini, celle de la carte d'état-major, celle de la carte au 1:50 000, dont les premiers travaux datent de la fin du XIX^e siècle et, depuis 2010, la base de données *Bd topo 2*. Mais les cartes ont la vie longue ; ainsi par exemple, la carte d'état-major, dont les premières feuilles ont été publiées en 1832, est restée en service jusqu'au milieu des années soixante-dix, c'est à dire lorsque l'ensemble des 1100 feuilles de la carte au 1:50 000 a été disponible. Actuellement, en attendant les quelques feuilles qui manquent encore à la carte géologique de la France au 1:50 000, plusieurs feuilles de l'édition antérieure, au 1:80 000, sont encore en service. Pour cette carte dont la publication a commencé en 1871 et s'est achevée en 1976, les données géologiques sont imprimées sur le fond topographique de la carte d'état-major. Cette carte, dont les relevés détaillés, engagés vers 1820, a été tenue à jour pendant plus d'un siècle, est basée sur une triangulation de la France dressée entre 1820 et 1840. Enfin, cette triangulation a pour origine la méridienne relevée entre Dunkerque et Barcelone par Delambre et Méchain entre 1792 et 1795, dans le cadre de la mesure d'un arc de la sphère terrestre en vue de définir la longueur du mètre. Autrement dit, une carte encore en service en 2022 est basée sur des données rassemblées par lots successifs depuis la fin du XVIII^e siècle.

Alors que les géodésiens et les topographes effectuent une part importante de leurs travaux sur le terrain, le cartographe travaille en atelier. Sa mission est de transformer les levés et les autres informations dont il dispose en documents destinés à la gravure puis, plus tard, à l'impression. Il commence pour chaque feuille par l'assemblage des multiples relevés produits par les topographes. Ces documents sont partagés en unité de travail de terrain et, à ce titre, leurs limites ne coïncident pas avec celles du découpage des feuilles de la version publiée de la carte. Pour en définir les positions, il utilise les points du canevas géodésique, opération d'autant plus délicate lorsque les minutes comportent des ambiguïtés, voire des incohérences internes. Par exemple, sur le relevé de Marseille dressé pour la carte d'état-major, les courbes de niveau sont incomplètes. Leur examen montre que les lacunes ont pour effet de dissimuler des incohérences de relevé interdisant les raccords entre les courbes²³.

Le dessin proprement dit commence par l'habillage de la feuille : cadre, graticule, coordonnées, titre, échelle, mentions de responsabilité, mentions de date, légende... Le cartographe reporte ensuite le tracé de la planimétrie, les signes conventionnels ponctuels et enfin les écritures disposées de manière à en faciliter la lecture sans nuire à celle de la topographie. Pour les feuilles imprimées en noir, le cartographe dresse une seule planche de dessin. La matrice d'impression est produite par réduction, au pantographe si elle doit être gravée ou bien par procédé photographique pour la lithographie et ses évolutions. Pour

²³ . Pré-minute de la feuille *Marseille*, Jean-Félix Lanier, 1861. Archives IGN.

les cartes à imprimer en couleurs deux procédés coexistent à partir de la fin des années 1880. Soit le cartographe produit une seule planche reproduite ensuite sur film en autant d'exemplaires qu'il faut produire de planches en couleurs. La sélection des éléments à imprimer dans chaque couleur est alors réalisée par grattage sur des films positifs ou bien par bouchage sur des négatifs. Cette méthode donne des résultats très précis et elle est assez facile à mettre en œuvre pour les cartes en deux ou trois couleurs seulement. Au-delà, la sélection devient un véritable casse-tête difficile à mettre en œuvre ; on préfère alors utiliser le second procédé. Il consiste à dessiner directement autant de planches que la carte doit comporter de couleurs. La difficulté est alors de produire des planches qui se superposent parfaitement et où les signes conventionnels qui doivent être imprimés en différentes couleurs ne se chevauchent pas. L'utilisation de papier calque facilite la rédaction par couleurs séparées mais ce support présente l'inconvénient d'être très sensible aux variations d'humidité. Il est remplacé au cours des années quarante par des matières plastiques plus stables²⁴. En fait, la plupart des cartes est rédigée suivant un procédé qui combine les deux méthodes comme c'est le cas par exemple pour la carte de France à l'échelle 1:200 000 [F1880] au milieu des années cinquante²⁵.

De la carte aux bases de données

Dans le domaine de la cartographie aussi, les progrès techniques contribuent à faciliter le travail. A partir du milieu des années quarante, les supports pour le dessin des cartes se multiplient. On utilise par exemple des plaques de verre recouvertes d'une couche d'enduit opaque. Le dessin est effectué par grattage avec des stylets dont la largeur correspond à celle des tracés à effectuer. Ensuite, le verre est remplacé par des matières plastiques, plus faciles à manipuler et moins fragiles²⁶. L'IGN, qui utilise alors du papier couché contrecollé sur une plaque de zinc pour réduire sa sensibilité aux variations d'humidité et de température, semble longtemps résister à ces nouveaux supports. Il adopte les couches à tracer en 1960 seulement. Les outils de traçage correspondants sont alors fabriqués par les ateliers de l'IGN. Ce support présente plusieurs avantages. Les traits sont plus réguliers que sur le papier, les corrections plus aisées et il est possible de combiner sur un même support des traits grattés dans la couche avec des traits dessinés à l'encre. Cette technique est exploitée pour la rédaction des cartes en deux couleurs. Les traits gravés sont reproduits par transparence et le dessin est reproduit par réflexion. L'écriture des toponymes bénéficie aussi à ce moment-là d'une longue liste de machines qui permettent de composer directement les planches ou encore de composer des bandes de texte sur des films trans-

²⁴ . Alinhac, Georges, *op. cit.*, p. 86-87.

²⁵ . Pour cette carte, la planimétrie à imprimer en noir, en rouge et en bleu est rédigée sur une même planche pour assurer la parfaite concordance des couleurs. Par contre, on utilise des planches particulières pour le noir des écritures, le bistre, l'estompage... Alinhac, Georges, *Cartographie ancienne et moderne. Deuxième fascicule. Cartographie française moderne*, Paris, Institut géographique national, 1956, p. 73-74.

²⁶ . L'IGN ne semble pas conduire d'expériences importantes quant à la qualité de ces nouveaux supports de dessin. Par contre, il exerce une veille scrupuleuse des travaux réalisés dans les autres établissements comme en témoignent les multiples articles traduits par l'IGN à ce sujet et diffusés sous la forme de fascicules imprimés. Par exemple. *Supports plastiques cartographiques, caractéristiques, grainage – nettoyage, coloration*, traduction par Stéphane de Brommer de trois articles publiés dans *Army Map Service, Bulletin* n° 6, mars 1944, n° 16, avril 1945, n° 25, janvier 1947, Paris, IGN, 1949 ; Barnette, D.-P., *Etablissement des cartes par tracé sur négatifs sur glaces*, traduction par Stéphane de Brommer d'un article publié dans *Special Publication of U.S. Coast and Geodetic Survey* en 1948, Paris, IGN, 1951 ; Engelbert, Werner, *Procédés de gravure pour l'établissement des cartes et plans*, traduction par Clos Arceduc d'un article publié dans *Zeitschrift für Vermessungswesen* n° 2-1956, Paris, IGN, 1956.



Les limites de l'automatisation

Dans quelques domaines, le discernement et la main de l'homme n'ont pas encore été remplacés par les machines. Ainsi, les feuilles les plus récentes de la carte à l'échelle 1:25 000 qui représentent des régions montagneuses, résultent de la superposition de planches rédigées par la machine à partir d'une base de données avec des planches de courbes de niveau, d'estompage et de rochers, dessinées à la main et pieusement conservées depuis plusieurs décennies. – Extrait de la feuille de la carte de France au 1:25 000 n° 3633 ET, *Névache Tignes Val d'Isère*, Paris, IGN, 2008, éd. 4.

parents autocollants. Enfin, pour les zones qui doivent recevoir des poncifs, le film de masquage présente de multiples avantages sur les aplats d'encre posés au pinceau. Les couches à tracer sont aussi utilisées pour dresser les minutes de photorestitution. Les courbes de niveau sont alors gravées directement et il n'est pas toujours nécessaire de les redessiner²⁷.

Ces mutations des méthodes de dessin sont contemporaines de l'introduction des ordinateurs à l'IGN. S'ils sont tout d'abord utilisés par le service de géodésie pour leurs capacités de calcul, quelques années plus tard – à partir du début des années soixante-dix – ils permettent de piloter une table de traçage qui prépare l'habillage des feuilles. Au cours des années suivantes, les outils numériques prennent une part sans cesse croissante dans le processus de production. Le travail sur couches perdure cependant jusqu'en 2003, soit une quarantaine d'années après l'introduction des premières tables traçantes. A partir de ce moment-là, les rédacteurs de l'IGN cessent de dessiner à la main à la faveur des nouveaux outils numériques. Grâce à la croissance des capacités de calcul et de stockage des ordinateurs, grâce au développement de multiples applications, les outils de rédaction automatique ont fait des progrès considérables au cours des 40 dernières années. Il reste cependant quelques domaines pour lesquels le discernement et la main de l'homme n'ont pas encore été remplacés par les machines. Il s'agit de la figuration du relief, du modelé des terrains et des zones de rochers. Ainsi, les cartes les plus récentes résultent de la superposition de planches rédigées par la machine, à partir de bases de données, avec des

²⁷ . *Rapport pour 1960*, p. 2-6.

planches de courbes de niveau (pour le relief) d'estompage (pour le modelé) et de rochers, dessinées à la main et pieusement conservées depuis plusieurs décennies. Ainsi, comme la production ancienne, la cartographie la plus récente qui mobilise les outils numériques les plus performants, résulte de la compilation d'informations rassemblées et mises en forme suivant des méthodes multiples depuis pratiquement un siècle.



Sommaire

Chapitre précédent

[Les séries cartographiques en question – Introduction](#)

Chapitre suivant

[Questions de temps](#)

[Annexes](#)

Les reproductions qui ne portent pas de mention d'origine particulière proviennent de l'Institut national de l'information géographique et forestière.

Ce texte et les dessins de l'auteur sont sous licence creative common : Attribution – ShareAlike 4.0. (CC-BY-SA).