



HAL
open science

Séries cartographiques et géoréférencement, nouveau contexte, nouveaux enjeux

Jean-Luc Arnaud

► **To cite this version:**

Jean-Luc Arnaud. Séries cartographiques et géoréférencement, nouveau contexte, nouveaux enjeux. e-Perimtron. International web journal on sciences and technologies affined to history of cartography and maps, 2015, 10 (4), pp.143-189. halshs-01790496

HAL Id: halshs-01790496

<https://shs.hal.science/halshs-01790496>

Submitted on 12 May 2018

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.



Séries cartographiques et géoréférencement, nouveau contexte, nouveaux enjeux

D'après Jean-Luc Arnaud, « Séries cartographiques et géoréférencement, nouveau contexte, nouveaux enjeux », e-*Perimétron*, 2015, 10-4, p. 143-189.

Résumé

Depuis une trentaine d'années, les responsables des carto-thèques du monde entier attendent le développement d'outils spécifiques pour prendre en charge les séries cartographiques et convertir les fichiers papier en données numériques. Ces outils existent depuis quelques années déjà et ils se développent rapidement. Par ailleurs, la mise en œuvre des FRBR contribue aussi à modifier le mode de traitement des documents. Suivant ces nouvelles conditions, le métier de carto-thécaire doit intégrer de nouveaux savoir-faire dans le domaine du géoréférencement et des tableaux d'assemblage.

A la suite d'une présentation de ce nouveau contexte et des enjeux qu'il sous-tend, cet article est composé de quatre parties. Étape par étape, elles suivent le processus de description des séries cartographiques. Après un examen des principes de découpage du territoire et des modes de désignation des feuilles, la troisième partie traite du caractère souvent lacunaire des informations disponibles pour procéder à la construction des tableaux d'assemblage. De manière plus prosaïque, la dernière partie est consacrée à la collecte des données. La conclusion traite de la nécessité de partager les ressources documentaires en matière de tableaux d'assemblage, quelle que soit leur forme.

Abstract

All over the world, for about thirty years, map curators are waiting for the development of specific tools to take in charge the cartographic series and to convert their card catalogs into digital format. Such tools exist for few years and they are growing rapidly. Otherwise, the development of the FRBR is also an important vector of transformation in the field of cataloguing the cartographic documents. In this new context, activities of the map curators must integrate new knowledge about georeferencing and sheet indexes.

After the presentation of the new context and its issues, this article is composed by four parts. Step by step, they follow the process involved in the description of the cartographic series. First of all it presents the different systems used to share a map into

sheets. The second part is dedicated to the multiple ways used for numbering these sheets. Then, the paper deals with the requested information – that is often incomplete - to build geereferenced sheet indexes. The last part is about the collection of information. Finally, the conclusion discusses the need to share documentation about sheet indexes.



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

This text, drawings from the author are under license creative common: [Attribution – ShareAlike 4.0 \(CC-BY-SA\)](#)

[Plus d'informations sur Jean-Luc Arnaud – More information about Jean-Luc Arnaud](#)

Séries cartographiques et géoréférencement, nouveau contexte, nouveaux enjeux

Dans la plupart des cartothèques, les cartes en séries ne sont pas cataloguées de manière informatique. De nombreux cartothécaires préfèrent encore utiliser des fiches en carton et des tableaux d'assemblage imprimés plutôt que d'intégrer les descriptions des documents considérés dans des bases de données qui ne correspondent pas à leurs besoins et ne permettent pas de répondre aux requêtes de leurs lecteurs. Le paysage est cependant en train de changer. Depuis quelques années, les systèmes d'informations géographiques – SIG – et la technique du *mashup* permettent de développer une nouvelle forme d'interface qui correspond aux attentes des uns et des autres. Il s'agit de systèmes graphiques permettant d'afficher sur un planisphère l'aire géographique représentée par chaque document à travers des tableaux d'assemblage interactifs d'une part, et d'effectuer des requêtes géographiques sur la base du même planisphère d'autre part. Malgré l'intérêt de ces nouveaux outils, il en existe peu d'exemples d'utilisation car ils mobilisent un savoir-faire étranger au monde de la bibliothéconomie : la géomatique. Par ailleurs, au sein même du monde des géomaticiens, les méthodes mobilisées pour rassembler les données et construire les tableaux d'assemblage numériques ne sont pas d'un usage courant.

Qui fait quoi ?

De manière générale, la production d'un tableau d'assemblage géoréférencé pour une série cartographique donnée s'organise en plusieurs temps : 1. Classement des documents, 2. Identification des principes d'organisation de la série, 3. Collecte des données. 4. Construction géomatique proprement dite. Au cours de ce processus, deux corps professionnels – les cartothécaires et les géomaticiens – interviennent successivement. S'il est évident que les aspects relatifs au classement des documents sont du ressort des premiers, s'il est tout aussi évident que la manipulation des logiciels de géomatique est l'apanage des spécialistes en la matière, les opérations à réaliser entre ces deux sections extrêmes de la chaîne de traitement peuvent être conduites par les uns ou par les autres.

Cette opération n'est pas une simple transcription. Elle est susceptible de prendre des formes assez différentes en fonction de la documentation disponible et du mode d'organisation des feuilles de chaque série. Dans ce contexte, les cartothécaires ne disposent pas toujours de l'expertise suffisante pour collecter les informations de la manière la plus pertinente et la plus efficace ; de leur côté, les géomaticiens ne sont pas très aguerris en matière de recherche documentaire. Ainsi, les uns ne sont pas mieux placés que les autres pour effectuer la collecte des données. Mais la relation entre les deux corps professionnels n'est pas symétrique. Tout d'abord, les commanditaires de tableaux d'assemblage géoréférencés sont les établissements qui conservent les documents sources. Par ailleurs, les plus grandes cartothèques seulement disposent – ou disposeront – des moyens nécessaires au recrutement d'un géomaticien, les autres procéderont par sous-traitance. Autrement dit, les géomaticiens seront le plus souvent extérieurs aux établissements de conservation et mobilisés de manière ponctuelle. On imagine mal dans ce contexte le développement d'un corps de géomaticiens spécialisés dans la production de tableaux d'assemblage. Pour leur part, les cartothécaires sont au contraire "attachés" aux

documents. Ce sont eux qui garantissent la continuité du travail et la cohérence de l'ensemble des données descriptives des catalogues.

Par ailleurs, un autre changement du monde des bibliothèques se profile à l'horizon des prochaines années avec la mise en œuvre du modèle descriptif FRBR – *Fonctionnalités requises des notices bibliographiques*. Ce modèle donne lieu à un élargissement du champ de description de chaque document. Pour répondre aux besoins des FRBR, il sera nécessaire de décrire le contexte de production de chaque document et ses relations généalogiques avec les autres. Autrement dit, pour les séries cartographiques en particulier, les cartothécaires devront rendre compte, de manière bien plus détaillée qu'ils ne le font actuellement, des spécificités de chaque série en ce qui concerne l'organisation de la grille d'assemblage, le mode de numérotation et/ou de désignation des feuilles, la présence de certaines mentions... Ces informations jusqu'alors négligées prennent tout leur sens pour la mise en œuvre des FRBR et plus particulièrement pour définir les notions les plus abstraites du modèle – *œuvre et expression*.

Une part importante du savoir-faire requis pour organiser ces informations est commune avec le rassemblement des données nécessaires aux opérations de géomatique. Ainsi, il semble que les cartothécaires sont les mieux placés pour effectuer cette collecte et préparer le travail des géomaticiens. Mais, je l'ai évoqué, cette opération nécessite une expertise peu partagée dans le monde des bibliothèques. Actuellement, il n'existe pas de formation de cartothécaire. Les responsables de cartothèques sont des bibliothécaires polyvalents qui, au gré de leurs affectations successives, sont conduits à traiter des cartes à un moment donné de leur carrière. S'ils savent parfaitement décrire des livres imprimés et enregistrer des données textuelles, ils n'ont pas appris à traiter l'information géographique. C'est sans aucun doute la raison principale pour laquelle les nouvelles technologies sont peu exploitées par les bibliothèques car leur usage engage une évolution du métier et des savoir-faire. Cette évolution semble inéluctable. S'il n'est pas envisageable de former tous les bibliothécaires, deux voies semblent se profiler à l'horizon.

Tout d'abord, on commence à développer des outils informatiques d'aide aux cartothécaires qui simplifient la production des données géographiques. C'est d'autant moins complexe que, compte tenu de l'usage de ces données, certaines approximations sont admissibles. Les exemples sont peu nombreux mais le programme *CartoMundi*, valorisation en ligne du patrimoine cartographique, propose ce genre d'outil¹. Ensuite, on peut envisager que les écoles de bibliothécaires vont mettre en place des formations spécifiques, elles auront pour effet de produire des spécialistes en matière de traitement des données géographiques dans les bibliothèques, pas seulement pour les documents cartographiques².

Dans ce nouveau contexte, cette contribution présente des méthodes et des outils qui permettent de comprendre et de classer les séries cartographiques. Les typologies proposées pour conduire cette organisation permettent de guider les cartothécaires dans la collecte des données de géoréférencement et de saisir les filiations éventuelles entre différentes séries. Elle est composée en deux parties qui suivent le déroulement du

¹. Cet outil est opératoire seulement pour les séries dont les limites entre les feuilles sont appuyées sur une grille de méridiens et de parallèles. <http://cartomundi.eu>.

². Au sein des bibliothèques, les catégories de publications susceptibles d'être décrites par un champ géographique pour améliorer les processus de recherche sont multiples. Au-delà des différentes formes de documents iconographiques, l'ajout de champs géographiques à la description des textes qui traitent d'un lieu particulier, permettrait sans aucun doute d'en améliorer le signalement et la valorisation.

processus décrit plus haut; depuis la description de l'organisation des documents jusqu'à la collecte des informations à fournir aux géomaticiens³.

Identifier les principes d'organisation des séries

L'identification des principes d'organisation de chaque série constitue un préliminaire à la collecte des données de géoréférencement. Il s'agit d'un aspect d'autant plus important qu'il est généralement négligé.

Au contraire d'une idée très ancrée en bibliothéconomie, la description particulière de l'ensemble des feuilles d'une série, quels que soient son niveau de détail et sa qualité, n'est pas suffisante pour décrire la série correspondante. Les règles qui président à son organisation ne sont pas appréhendables au niveau des composantes de base : les feuilles. Cette idée est d'autant plus forte que les catalogues ne comportent pas les champs qui seraient nécessaires à l'enregistrement de ces règles. Considérant – à tort selon moi – qu'il est possible de décrire une série à travers les mêmes descripteurs qu'une monographie, les rédacteurs de la norme de catalogage – Z 44-067 – n'ont pas jugé utile de créer une zone particulière pour prendre en charge leurs particularités. Pour mieux comprendre leur nature, on peut considérer qu'une série cartographique est composée de pièces différentes au même titre qu'un vélo. La description du pédalier, du guidon, des roues... est de toute évidence insuffisante pour décrire le vélo. Il manque une vue d'ensemble, un plan d'assemblage pour passer de la somme des composants à l'objet fini. Mais, si ce manque semble évident avec l'exemple du vélo, dont le pédalier et le guidon sont deux objets très différents, il l'est moins avec les séries cartographiques dont les multiples feuilles ont une forte tendance à se ressembler. Cette similitude donne lieu à une impression d'évidence quant à la composition des séries. Elle laisse penser que les modalités d'organisation entre les feuilles ne constituent pas un objet en soi, ou, pour le moins, qu'il ne s'agit pas d'un objet assez complexe, pas assez susceptible de prendre des formes diverses, pour justifier d'une description spécifique, avec des catégories descriptives et des concepts spécifiques, dans des champs tout aussi spécifiques. Cette décision des rédacteurs de la norme a eu des conséquences importantes sur la structure des catalogues. En vidant de ses particularités la description des séries, elle a facilité l'abandon du catalogage à niveaux qui devait à son tour faciliter les échanges entre les bibliothèques françaises et celles d'Amérique du nord (Bernard 1998).

Pour comprendre comment ces décisions ont été prises, il n'est pas inutile d'en rappeler le contexte. Tout d'abord, les bibliothécaires n'ont jamais effectué de fiches spécifiques qui décrivent l'organisation des séries car ils disposaient d'une manière graphique de produire cette description : le tableau d'assemblage. Dans la plupart des cartothèques, les tableaux d'assemblage jouent le rôle implicite de descripteur des principes d'organisation de chaque série. Qu'ils soient imprimés ou bien manuscrits, ils sont complémentaires des listes de feuilles conservées dans les "fichiers de suites" et constituent des outils efficaces pour enregistrer les collections ou pour renseigner les lecteurs.

Cependant, au moment de la préparation de la norme, les systèmes informatiques disponibles traitaient seulement les informations textuelles et il était difficilement envisageable de traduire les tableaux d'assemblage en texte. Les champs affectés aux coordonnées géographiques du périmètre de chaque feuille constituent une tentative dans

³ . Les aspects relatifs au classement des documents ne sont pas abordés dans cet article, on en trouve l'essentiel dans Arnaud 2015a.

ce sens mais elle est génératrice de trop d'erreurs pour avoir été exploitée par les interfaces de recherche (Arnaud 2014). Ainsi, les carto-thécaires ont le plus souvent conservé les tableaux d'assemblage sous forme de document papier. Mais, face à la montée de l'informatisation et aux grands chantiers de rétroconversion des fichiers manuels, les tableaux d'assemblage, qui sont parfois de simples croquis au crayon de couleur, sont rapidement apparus désuets jusqu'à devenir la maladie honteuse des carto-thécaires. La manière dont ces documents ont été placardisés pendant une quinzaine d'années au département des cartes et plans de la bibliothèque nationale de France témoigne en ce sens. De nombreux tableaux d'assemblage, d'origines très diverses et rassemblés dans des recueils factices, étaient directement accessibles dans la salle de lecture. Ils en ont été retirés au milieu des années 1990 sous prétexte de désuétude. Compte tenu de l'intérêt qu'ils présentent et de l'absence d'outils plus récents de substitution, ils ont été réintégrés parmi les usuels en 2012. Par ailleurs, dans un ouvrage collectif consacré au catalogage, l'article de P.-Y. Duchemin qui traite de la cartographie a été expurgé de sa partie dédiée aux séries cartographiques dans l'édition la plus récente⁴. Ainsi, cette nouvelle version indique que deux-tiers des documents appartiennent à des séries mais elle ne les évoque pas par ailleurs. Elle ne mentionne ni l'intérêt, ni même l'existence des tableaux d'assemblage et présente un monde numérique idéal – enfin délivré des contingences relatives aux outils analogiques – en décalage complet avec les pratiques effectives. Pour leur part, les fichiers de suites ont échappé aux campagnes de rétroconversion des dernières décennies du XXe siècle car les responsables des carto-thèques ont alors estimé que la structure des catalogues n'était pas adaptée aux particularités des cartes en séries.

Sur la base du rejet dont les tableaux d'assemblage ont été l'objet, les carto-thécaires formés au cours des vingt dernières années n'ont pas appris ni à en construire de nouveaux, ni à tenir à jour les plus anciens en fonction de l'évolution des collections. Autrement dit, au moins depuis la fin des années 1980, le catalogage des séries cartographiques est resté en friche dans la plus grande part des établissements.

Le nouveau contexte technique et conceptuel qui se développe depuis quelques années change la donne. La préparation des tableaux d'assemblage géoréférencés rend nécessaire le développement d'un niveau supérieur de description de l'organisation de chaque série. Il se décline suivant deux entrées : le mode de découpage du territoire et le mode de repérage des feuilles. Les deux sections qui suivent sont consacrées à ces deux aspects, la suivante traite du système international qui présente la particularité de combiner un mode de découpage avec un mode de repérage des feuilles.

Découpage du territoire

Chaque série cartographique résulte d'un partage du territoire en plusieurs parties, chaque partie correspond à une feuille de la série. Identifier le mode de découpage mis en œuvre constitue la première étape de la description d'une série dans la mesure où elle permet ensuite de définir de quelle manière il est envisageable de construire le tableau d'assemblage et de collecter les données nécessaires à cette construction. Chaque mode de découpage du territoire est qualifié par deux variables indépendantes : la superposition des feuilles et le principe de découpage.

⁴. Dans la première édition (Duchemin 1992), le chapitre qui traite de la cartographie comporte quelques pages consacrées aux séries dans lesquelles l'auteur déplore l'abandon du catalogage à niveaux et où il note l'importance des tableaux d'assemblage. Cette partie a purement et simplement été supprimée de l'édition la plus récente (Duchemin 2003) !

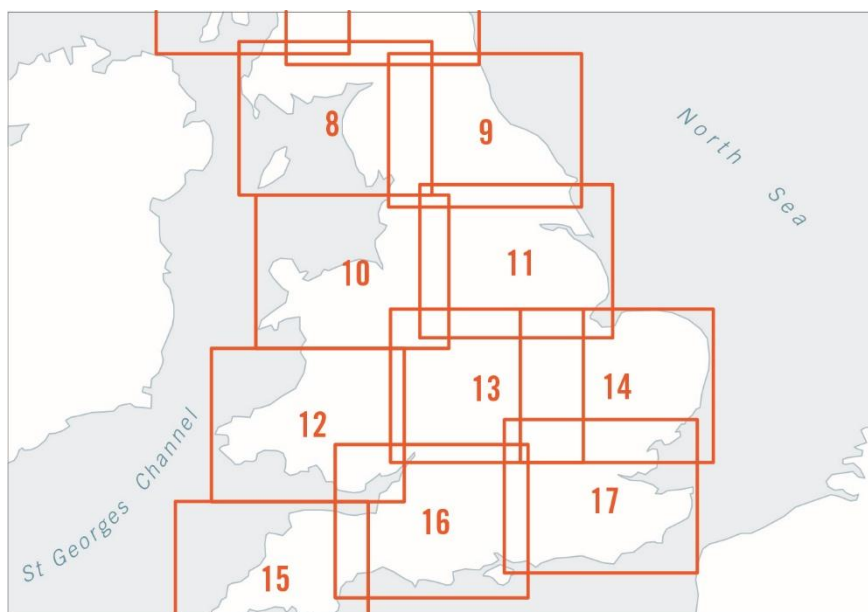


Figure 1. Feuilles superposées. Lorsque les feuilles d'une série présentent des superpositions irrégulières et des formats différents, le tableau d'assemblage est construit feuille à feuille. Extrait du tableau d'assemblage de la carte topographique de Grande Bretagne, 1:250 000, édition anglaise, 1957-1978, 18 feuilles. Dessin de l'auteur.

Découpage du territoire

Chaque série cartographique résulte d'un partage du territoire en plusieurs parties, chaque partie correspond à une feuille de la série. Identifier le mode de découpage mis en œuvre constitue la première étape de la description d'une série dans la mesure où elle permet ensuite de définir de quelle manière il est envisageable de construire le tableau d'assemblage et de collecter les données nécessaires à cette construction. Chaque mode de découpage du territoire est qualifié par deux variables indépendantes : la superposition des feuilles et le principe de découpage.

Superposition des feuilles

Cette variable peut prendre deux valeurs : les feuilles s'assemblent bord à bord ou bien elles se superposent. Cette distinction revêt une importance particulière pour la construction des tableaux d'assemblage dans la mesure où avec les feuilles assemblées bord à bord, chaque limite constitue un segment de périmètre de deux feuilles contigües. Le travail à faire est donc bien moindre pour les feuilles bord à bord que pour celles qui se superposent. On distingue deux catégories principales de superposition. Soit les feuilles se recouvrent de manière aléatoire et il n'est pas envisageable de modéliser ce recouvrement. Dans ce cas – la carte de Grande Bretagne à l'échelle 1:250 000 par exemple (fig. 1) –, le périmètre de chaque feuille doit être décrit de manière indépendante, comme on le ferait pour une monographie. Soit le recouvrement est régulier – on peut le mesurer. Dans ce cas – la carte d'Asie orientale à l'échelle 1:500 000 par exemple (fig. 2) – le tableau d'assemblage est construit sur la base d'une grille complexe (une sorte de maillage écossais) mais régulière.

Les séries dont les feuilles se superposent sont bien moins nombreuses que celles dont les feuilles s'assemblent bord à bord. Au moins deux raisons sont à l'origine de cette différence. Non seulement les séries en feuilles superposées nécessitent plus de papier que

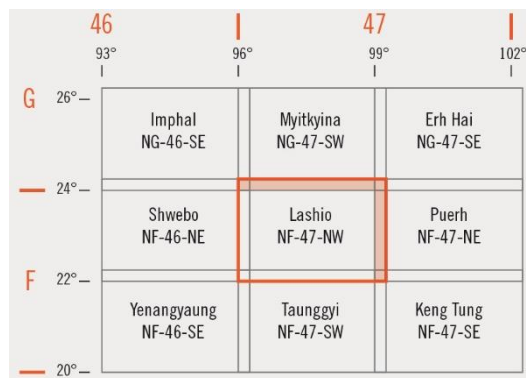


Figure 2. Superpositions régulières. Chaque feuille correspond à un format standard de 2° x 3° (suivant les règles du système international) auquel on a ajouté 15 minutes vers l'est et autant au nord. Extrait du tableau d'assemblage de la série *Asia 1,500,000*, Delhi, Survey of India, 1944-1945. Dessin de l'auteur.

les autres et leur production est donc plus coûteuse mais encore, chaque portion de territoire situé dans l'angle d'une feuille est aussi représenté dans les angles de trois autres feuilles. Compte tenu des décalages dans le temps entre les mises à jour de chaque feuille, le même lieu peut être figuré de quatre manières différentes. Si une telle incohérence est admissible pour une carte routière, elle n'est pas envisageable pour les usages militaires, administratifs ou juridiques.

Principe de découpage

L'identification du principe de découpage d'une série est l'opération fondamentale de la description de son principe d'organisation. On distingue deux grands principes. Les feuilles sont découpées sur la base d'une grille régulière ou bien, elles sont de forme polygonale.

Feuilles découpées sur la base d'une grille régulière

Les séries dont les feuilles sont découpées sur la base d'une grille régulière sont les plus nombreuses, elles sont aisées à identifier à partir de la forme du périmètre utile de chaque feuille – un rectangle ou bien un trapèze – et de la régularité de leur format. Les lignes de partage entre les feuilles peuvent être déterminées suivant deux règles différentes. Soit elles s'appuient sur les lignes de découpage de la sphère terrestre (méridiens et parallèles), dans ce cas, elles préexistent à la carte proprement dite. Soit elles s'appuient sur une grille tracée *a posteriori* sur la surface plane de la carte. Ces deux règles donnent lieu à des résultats très différents mais, de manière générale, toutes les feuilles d'une série suivent la même règle⁵. Un rappel de géodésie élémentaire permet de comprendre cette différence. Elle tient au fait que, d'une part, la surface terrestre est à peu près sphérique – donc en trois dimensions – et que, d'autre part, les feuilles de papier sur lesquelles on la représente sont planes – en deux

⁵ . Ce n'est cependant pas toujours le cas. Par exemple, dans la série Annam au 1:25 000, publiée par le service géographique de l'Indochine entre 1906 et 1945, les limites de certains groupes de feuilles sont appuyées sur une grille plane tandis que d'autres groupes de feuilles, non contigus, suivent une grille de méridiens et de parallèles. Heureusement, ce cas de figure est assez rare, il peut aussi témoigner d'une série constituée par le regroupement sous le même titre de plusieurs petites séries composées de manière indépendante dans un premier temps. On en trouve quelques exemples dans la production française à grande échelle en Afrique de l'Ouest en particulier.

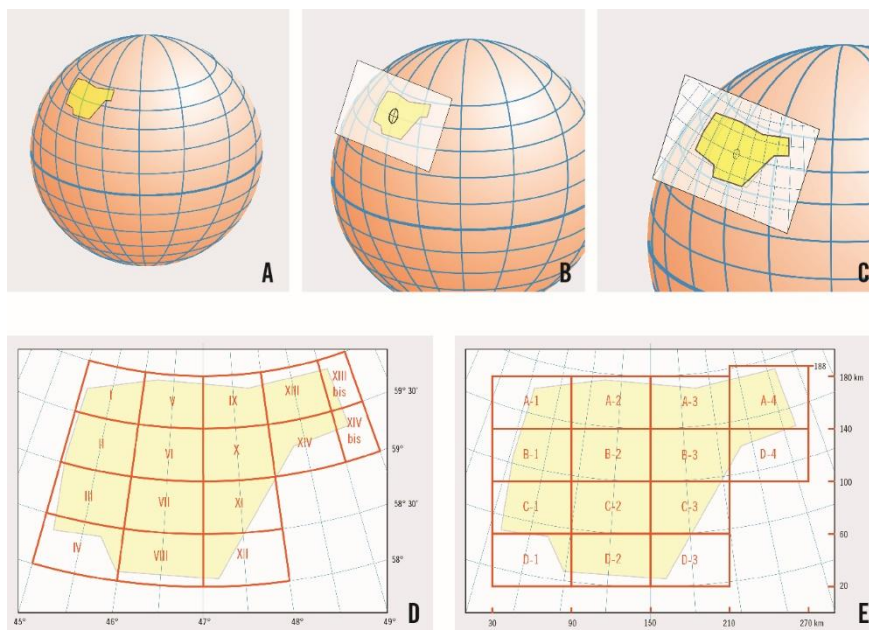


Figure 3. De la surface terrestre à la série cartographique (dessin de l'auteur)

A. La surface terrestre est partagée par une grille de méridiens et de parallèles. La zone à cartographier est figurée en jaune.

B. Au centre (ou à peu près) de la zone à cartographier, on détermine le centre de la projection. Ce centre sert de point d'appui à la surface – ici un plan* – sur laquelle on opère la projection.

C. La zone à cartographier et la grille des méridiens et parallèles sont projetées sur le plan.

Le plan de projection, ou plan cartographique, est ensuite partagé en cases qui correspondent aux feuilles de la carte. Deux règles de découpage sont envisageables.

D. Règle 1. Le plan cartographique est découpé suivant une grille de méridiens et de parallèles, c'est-à-dire sur la base de lignes tracées sur la sphère terrestre de manière indépendante de la projection**

E. Règle 2. Le plan cartographique est découpé suivant une grille plane déterminée après projection**

* La projection peut aussi être effectuée sur un volume développable tel qu'un cône (projection conique) ou bien un cylindre (projection cylindrique, dite aussi de Mercator). Par ailleurs la surface de projection peut être tangente ou bien sécante à la surface terrestre. Ces différentes modalités ne changent rien aux principes de la démonstration.

** Les coordonnées géographiques et les coordonnées linéaires indiquées ne présentent aucune cohérence entre elles.

dimensions seulement. L'opération qui permet de passer de la géométrie terrestre à celle de la carte est désignée *projection*. Quand le mode de découpage est déterminé avant la projection, il est basé sur une grille géographique ; quand le découpage est déterminé après la projection, il est basé sur une grille plane (fig. 3).

Sur les documents, on distingue ces deux règles par l'examen des coordonnées des bords des feuilles et par la confrontation du graticule qui représente les méridiens et les parallèles avec les limites de la figuration cartographique. Lorsque le découpage des feuilles suit une grille de méridiens et de parallèles, leurs limites suivent le graticule qui figure cette grille et les coordonnées de ces limites sont exprimées en valeurs angulaires – grades ou degrés. Il s'agit alors de coordonnées géographiques (fig. 4 et 5). Lorsque le découpage suit une grille plane, le graticule des méridiens et des parallèles est placé en biais par rapport aux limites entre les feuilles ; les coordonnées de ces limites sont exprimées en valeurs linéaires – kilomètres, miles, verstes.... Il s'agit alors de coordonnées rectangulaires, désignées aussi coordonnées linéaires (fig. 6 et 7).

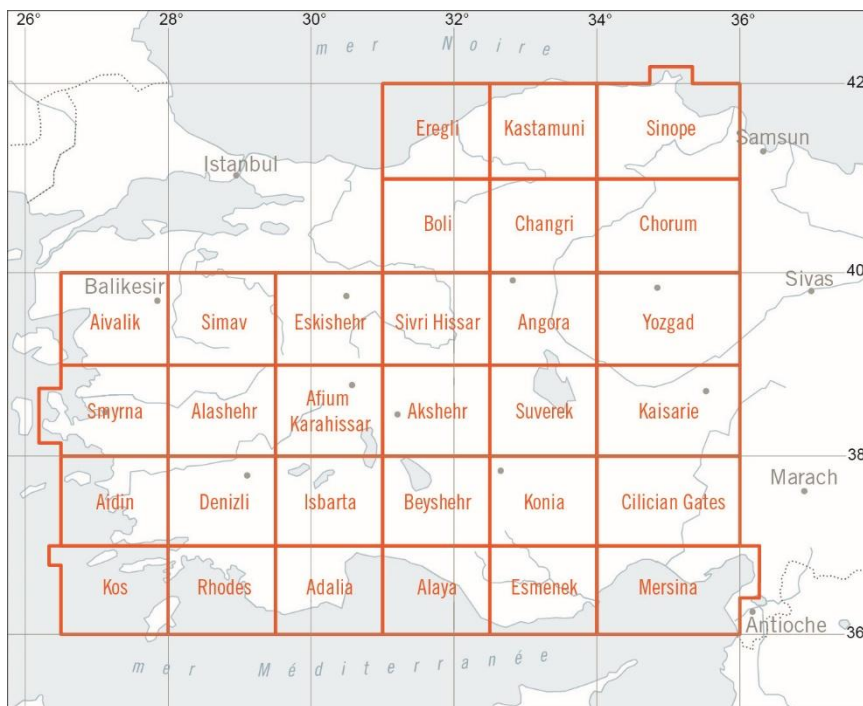


Figure 4. Découpage basé sur une grille de géographique. Tableau d'assemblage de la carte de Turquie orientale, 1:250 000, édition anglaise, 1915-1920. Dessin de l'auteur.



Figure 5. Coordonnées géographiques. Les coordonnées géographiques sont exprimées en valeurs angulaires, degrés dans ce cas. Série : *Chile 1:500 000* ; extrait de la feuille *Serena-Coquimbo-Ovalle*, 1:500 000, Santiago, Instituto geografico militar, 1945. Document IGN.

Le principe est simple et il est assez aisé de distinguer les valeurs angulaires d'une part et les valeurs linéaires d'autre part. La mise en œuvre de cette distinction n'est cependant pas aussi facile qu'elle le paraît car les grilles de coordonnées imprimées sur les cartes ne sont pas seulement utilisées pour les découper en feuilles. Elles ont de multiples fonctions – civiles et/ou militaires – et, dans la mesure où une même carte est susceptible d'être consultée par plusieurs utilisateurs, pour des usages différents, elle porte autant de grilles de coordonnées que nécessaire.

La multiplication des grilles sur une même feuille peut prendre des formes très variables. Ainsi, certaines cartes portent des coordonnées géographiques exprimées depuis des méridiens d'origine différents, suivant des unités de mesures différentes. On trouve de multiples exemples de feuilles portant un jeu de coordonnées basé sur le méridien de Paris et exprimé en grades (système français) et un jeu basé sur le méridien de Greenwich et exprimé en degrés (système international). Mais, si on compte un grand nombre de méridiens



Figure 6. Découpage basé sur une grille plane. Le graticule des méridiens et des parallèles (coordonnées exprimées en grades en haut et à droite) est placé en biais par rapport à la grille de découpage des feuilles. Extrait du tableau d'assemblage de la carte de Tunisie, 1:50 000, édition française, 1881-1946. Dessin de l'auteur.

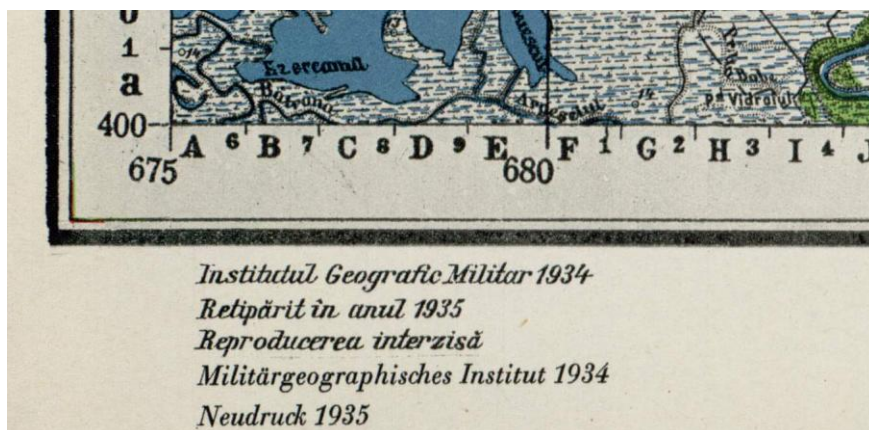


Figure 7. Coordonnées linéaires. Les coordonnées linéaires (ou bien rectangulaires) sont exprimées en valeurs linéaires, kilomètres dans ce cas. Série : *Rumänien 1:100 000* ; extrait de la feuille *Calarasi*, 1:100 000, Vienne, Militärgeographisches Institut, 1935. Document Université de Paris 8.

d'origine, tous les producteurs de cartes sont d'accord sur la position des pôles et celle de l'équateur. Ainsi, les valeurs des latitudes ne sont-elles pas affectées par le changement de méridien de référence. Au contraire, les grilles planes sont toujours locales, on en trouve plusieurs pour chaque région du monde, voire plusieurs pour un même pays – quatre pour la France actuellement – et pour chaque période. Sur cette base, une même carte peut être quadrillée par plusieurs grilles et donc comporter autant de jeux de coordonnées – géographiques et surtout linéaires. Ainsi par exemple, les feuilles de la carte du Liban, dressées par le Service géographique des forces françaises libres au début des années 1940⁶, portent chacune deux quadrillages – le quadrillage *Levant* utilisé par l'armée française et le

⁶. Carte topographique de Syrie et du Liban, 1:50 000, édition française, 1926-1966, 95 feuilles.

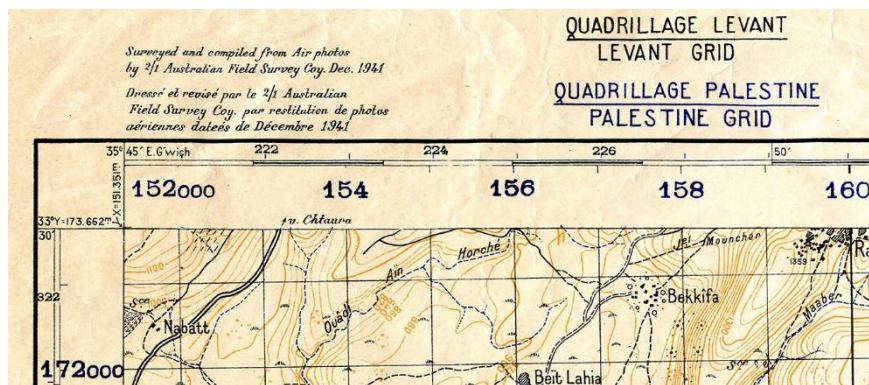


Figure 8. Multiplicité des grilles de coordonnées. Deux grilles de coordonnées sur une même carte pour servir deux armées différentes. Série : *Levant* - 1:50 000 ; extrait de la feuille *Hermont (Rachaiya-Sud)*, Beyrouth, Service géographique des Forces françaises au Levant, 1945, série *Levant* 1:50 000 . Collection particulière.

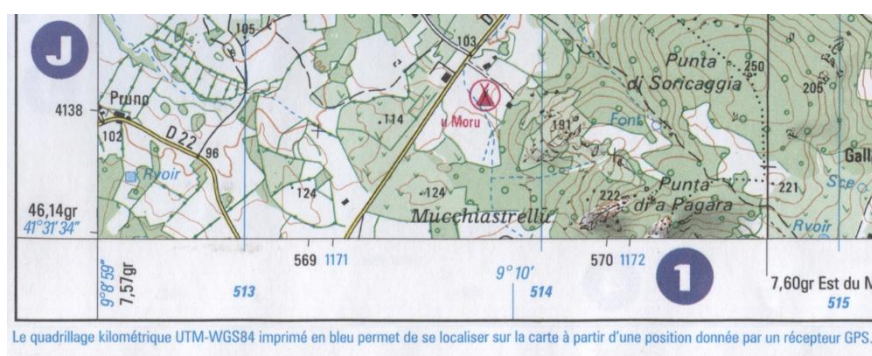


Figure 9. Cinq référentiels différents pour une même carte. 1. Coordonnées géographiques en grades, depuis le méridien de Paris, système géodésique français NTF (chiffres en noir, graticule en noir) ; 2. Coordonnées géographiques en degrés hexadécimaux suivant le système géodésique WGS 84 (chiffres en italique et en bleu sur des amorces de quadrillage en bleu) ; 3. Coordonnées kilométriques suivant le système Mercator transversal universel, (chiffres en italique, gras, bleu et graticule en bleu) ; 4. Coordonnées kilométriques Lambert IV (chiffres en bleu sur des amorces en noir le long du cadre intérieur) ; 5. Coordonnées kilométriques Lambert II étendu (chiffres en noir sur des amorces en noir le long du cadre intérieur). *Carte topographique - Top25*, 1:25 000, extrait de la feuille *Porto-Vecchio*, n° 4354ET, éd. 3, Paris, IGN, 2004.

quadrillage *Palestine Grid*, utilisé par l'armée anglaise – et les jeux de coordonnées correspondants (fig. 8). Ces feuilles, bilingues, pouvaient être utilisées par les deux armées alliées. Cette multiplication des référentiels ne constitue pas une particularité des périodes de conflit. Ainsi, chaque feuille de la carte de France à l'échelle 1:25 000 (série *Bleue* ou bien *Top25*) porte quatre ou cinq jeux de coordonnées, dont deux géographiques (fig. 9).

Dans cette abondance d'informations, il n'est pas toujours aisé d'identifier le jeu de coordonnées qui correspond à la grille de découpage des feuilles, c'est-à-dire les coordonnées des limites du champ de la représentation cartographique. Pour y parvenir, on examine les chiffres indiqués dans les angles des feuilles. On opère une première sélection en privilégiant ceux qui correspondent à des valeurs entières dans la mesure où les grilles de découpage s'appuient toujours sur des fractions simples des unités de mesure⁷. Ensuite, on

⁷ . Pour certaines séries récentes, les coordonnées géographiques qui correspondent au découpage ne sont pas exactement des valeurs entières, à quelques secondes près. Cette bizarrerie résulte de l'application d'un système de coordonnées récent – le WGS 84 le plus souvent –, à un découpage plus ancien, basé sur un autre système de coordonnées.

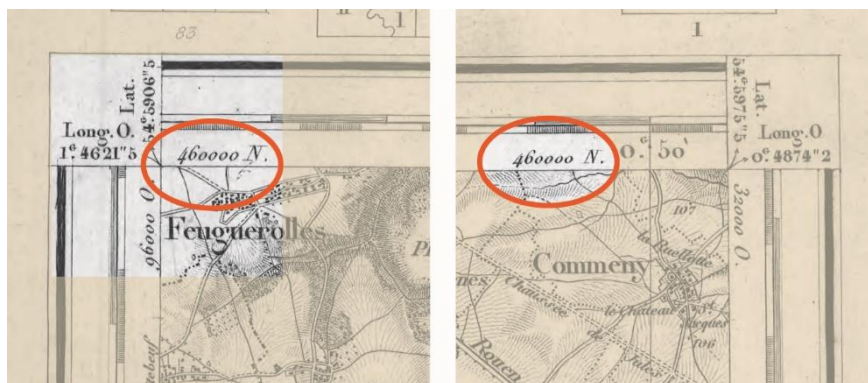


Figure 10. Identifier les coordonnées qui correspondent au découpage. La confrontation des coordonnées des deux extrémités du bord de la feuille permet de repérer le jeu qui correspond à la grille de découpage. Dans ce cas, il s'agit des coordonnées kilométriques. Série : Carte de France 1:80 000, extrait de la feuille *Evreux*, 47, Paris, Dépôt de la guerre, 1839. Document IGN.

confronte les deux valeurs extrêmes de chaque limite. Le jeu de coordonnées qui correspond au découpage d'une feuille est celui qui donne les mêmes valeurs à ses deux extrémités⁸ (fig. 10).

Au contraire, pour certaines cartes, ce n'est pas l'abondance d'informations qui pose problème mais son absence. Ainsi par exemple, pour de nombreuses séries publiées avant la Seconde Guerre mondiale, les angles des feuilles ne portent aucune coordonnée. C'est le cas par exemple avec une carte ottomane des environs d'Istanbul publiée vers 1910⁹ et qui comporte par ailleurs un graticule de méridiens et de parallèles. C'est aussi le cas avec la carte de reconnaissance du Maroc, publiée par l'armée française entre les deux Guerres et dont le mode de découpage est indépendant des deux jeux de coordonnées – kilométriques et géographiques – indiqués sur chaque feuille ; les graticules correspondants à ces deux jeux sont placés en biais par rapport aux bords des feuilles. De manière générale, les séries correspondantes sont découpées sur la base de grilles planes, pas toujours faciles à documenter.

Feuilles de forme trapézoïdale. Certaines feuilles ne sont pas tout à fait rectangulaires, leurs limites droite et gauche présentent une légère déclivité qui donne une forme trapézoïdale au périmètre de la figuration cartographique. Cette déclivité correspond à la représentation de la convergence des méridiens depuis l'équateur vers les pôles. Ainsi, les feuilles qui présentent cette caractéristique sont en général découpées sur la base d'une grille de méridiens et de parallèles. Dans ce cas, le parallélisme entre les méridiens et les bords de la figuration n'est pas respecté dans la mesure où ces lignes sont rayonnantes, vers un point situé loin vers le nord dans l'hémisphère nord et vers le sud dans l'autre hémisphère. Pour leur part, les parallèles présentent une légère courbure qui n'est pas toujours suivie par les bords horizontaux des feuilles. Lorsque ces bords sont rectilignes, les feuilles d'une même colonne présentent une légère superposition qui est en général négligée dans les tableaux d'assemblage.

⁸ . Pour certaines cartes, aucun des jeux de coordonnées qui qualifient les angles des feuilles ne correspond à la grille de découpage de la série. C'est le cas par exemple pour la carte du Portugal à l'échelle 1:50 000 publiée entre 1962 et 1993.

⁹ . Carte topographique des environs d'Istanbul, 1:25 000, édition ottomane, vers 1910, 46 feuilles.



Figure 11. Feuilles de forme polygonale. Dans la mesure où les plans parcellaires s'intéressent en premier lieu au périmètre des unités de propriété, les lignes de partage entre les feuilles sont tracées dans l'espace public des rues ou des routes. Le périmètre utile de chaque feuille est le plus souvent polygonal. Tableau d'assemblage du plan d'assurance d'Alexandrie, 1:600 et 1:1 440, Londres, Goad Ltd., 1898-1905, 23 feuilles. Restitution et dessin de l'auteur.

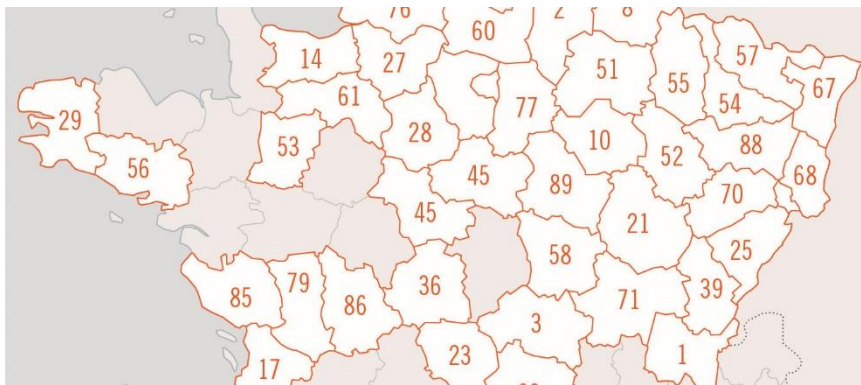


Figure 12. Le découpage administratif commande celui des feuilles de la série. Pour satisfaire aux besoins des collectivités territoriales, certaines cartes sont organisées suivant le découpage administratif (région, département, arrondissement...). Extrait du tableau d'assemblage de la carte de France par départements, 1:80 000, Paris, Dépôt de la guerre, 1839-1872, 50 feuilles. Dessin de l'auteur.

Grille mixte. Dans certains cas, une grille de découpage qui présente toutes les caractéristiques d'une grille plane comporte une ligne qui suit un – *et un seul* – méridien. Cette grille semble en quelque sorte mixte mais il s'agit d'une grille plane dont la position du centre de projection fait coïncider une ligne de cette grille avec un méridien. La figure 3 donne un exemple de cette coïncidence. La ligne rouge de la grille plane qui sépare les colonnes 2 et 3 correspond aussi à la ligne méridienne tracée en bleu qui passe par le point d'origine de la projection. Dans les tableaux composés suivant ce principe, la ligne commune entre la grille des méridiens et la grille plane est aussi un axe de symétrie du

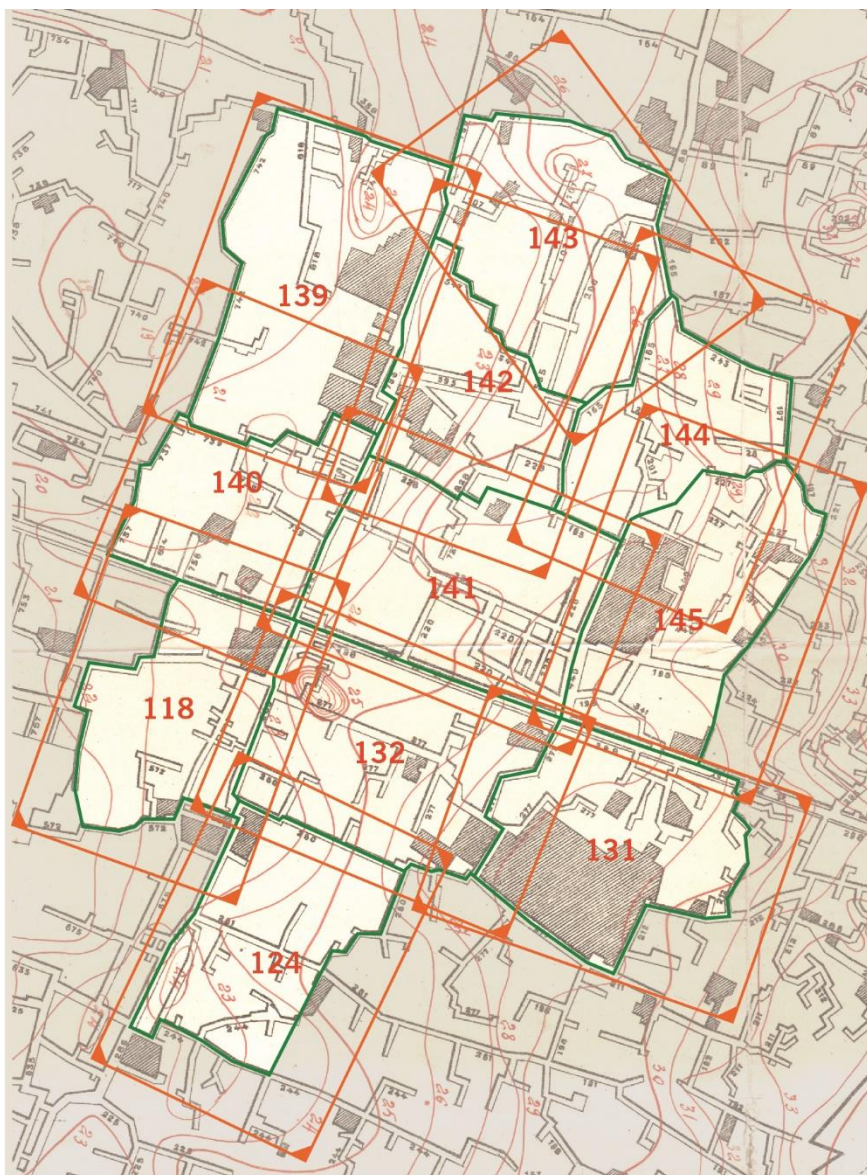


Figure 13. Des feuilles orientées en fonction de la zone à cartographier. Pour les plans parcellaires, les zones à cartographier sont le plus souvent orientées de manière à optimiser le format des feuilles. Extrait du tableau d'assemblage d'un plan manuscrit des propriétés du Caire, 1:200, Le Caire, Ministère des Travaux-Publics, 1892. Restitution et dessin de l'auteur.

tableau d'assemblage. Lorsque la grille de découpage est mal documentée, cette symétrie permet d'en restituer seulement la moitié pour la reporter ensuite sur l'autre moitié.

Feuilles de forme polygonale

Les feuilles qui figurent une zone géographique de forme polygonale résultent d'un découpage appuyé sur la topographie ou bien sur des limites administratives. Ce principe est utilisé de manière bien moins fréquente que le précédent. On l'emploie surtout pour les plans parcellaires et cadastraux dont les limites entre les feuilles suivent des rues ou des routes de manière à délimiter des îlots. Suivant ce principe, les unités de propriété – objet principal du cadastre – ne sont jamais partagées entre plusieurs feuilles (fig. 11). Dans une moindre mesure, on trouve aussi ce principe de découpage dans des cartes administratives (quartiers d'une ville, départements...) (fig. 12). Il est assez aisé d'identifier ce mode de découpage car il donne lieu à des feuilles de périmètres irréguliers et de formats différents.

Dans certains cas, pour optimiser l'utilisation de chaque feuille, chaque portion de territoire représenté est orientée de manière à coïncider au mieux avec le format du papier. Dans ce cas, les feuilles portent l'indication du nord de manière à en faciliter la consultation (fig. 13).

Découpage régulier et feuilles polygonales

Les feuilles découpées suivant une grille régulière présentent, par rapport à celle de format polygonal, l'avantage d'être facile à repérer, à classer et à manipuler. Par contre, les lignes de partage entre les feuilles traversent de manière aléatoire des unités territoriales ou foncières et n'en facilitent pas l'examen. Cet inconvénient est moindre lorsque les feuilles sont de plus grand format mais il constitue cependant un handicap important pour certains usages. Pour leur part, les feuilles de format polygonal, dont les limites s'appuient justement sur celles des unités territoriales ou foncières, ne présentent pas cet inconvénient mais les difficultés relatives à leur manipulation et leur classement en a cantonné la production à quelques catégories de documents seulement.

On l'a examiné, la superposition des feuilles présente d'autres difficultés. Dans ce contexte, les cartographes ont mis au point des formules hybrides qui ne facilitent pas toujours la préparation des tableaux d'assemblage. Tout d'abord, les rédacteurs exploitent souvent la technique du *crevé*. Les éléments du paysage situés sur une ligne de partage entre deux feuilles et dont la compréhension de la structure nécessite une vue d'ensemble, sont dessinés en entier en débordant dans la marge de la feuille à travers un arrachement – un *crevé* – du cadre. Les lieux traités de cette manière sont souvent des villages ou des petites villes comme c'est le cas de Baalbek dans la figure 14. En fonction des échelles, ces lieux peuvent être assez divers. Ainsi par exemple, le plan cadastral des environs de la ville d'Alexandrie, à l'échelle 1:1000, publié au cours des années 1940, est découpé en feuilles rectangulaires suivant une grille plane mais chaque unité de propriété située à cheval entre deux feuilles est représentée en entier dans la marge de la feuille qui en contient la plus grande part. La technique du *crevé* est aussi utilisée en bord de mer ou bien le long des frontières¹⁰ pour figurer des territoires marginaux qui, autrement, donnerait lieu à une feuille supplémentaire alors que l'espace à représenter occupe une surface dérisoire (fig. 15). La pratique du *crevé* est facile à mettre en œuvre et largement utilisée. D'autres méthodes sont moins fréquentes. Ainsi par exemple, le découpage des feuilles de la carte de France à l'échelle 1:50 000, publiée au début du XXe siècle, est organisé suivant un assemblage bord à bord. Mais des marges destinées à recevoir d'éventuelles extensions de la représentation cartographique sont laissées en blanc entre la ligne d'assemblage des feuilles et leur cadre. Ces marges, de quelques millimètres au nord et au sud et de quelques centimètres à l'est et à l'ouest permettaient de prolonger les principales voies de circulation, les grandes unités foncières, les villages...¹¹ En fonction de la topographie des lieux, ces marges sont plus ou moins occupées (fig. 16). Dans la mesure où ces marges étaient portées sur toutes les feuilles, de manière indépendante de leur contenu, les feuilles étaient de format d'autant plus grand. Ce luxe a été mis en œuvre pour une vingtaine de feuilles seulement, il a été abandonné à partir de 1912. Dans ce cas – peu fréquent – on distingue

¹⁰. Ce plan a été dressé et publié au début des années 1930 par le Survey of Egypt, il compte 175 feuilles (Arnaud 1989 : 62).

¹¹. Ces marges ont pour principales fonctions d'uniformiser le format du cadre des feuilles car, compte tenu du mode de projection utilisé pour cette carte – polyédrique – la largeur de la représentation cartographique varie de quelques centimètres entre le nord et le sud de la France. Carte topographique de la France, 1:50 000, type 1900, Paris, Service géographique de l'armée, 1900-1925, 58 feuilles.

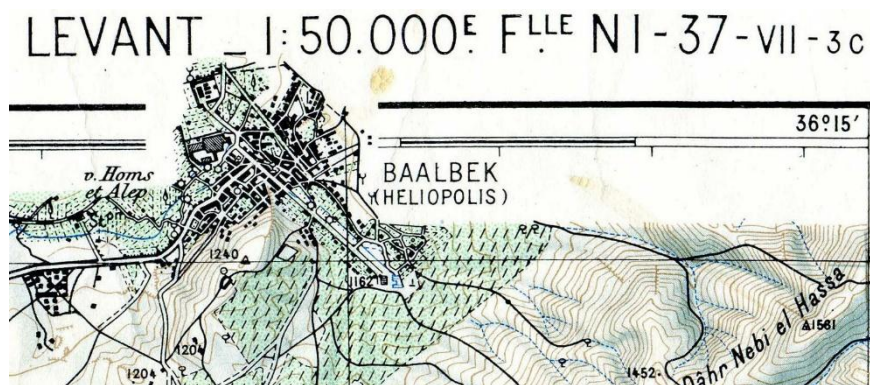


Figure 14. Crevé du cadre. Le crevé du cadre permet ici de représenter la petite ville de Baalbek, centre régional important, alors qu'elle est située à la limite du cadre de la feuille. Série : *Levant 1:50.000^e* ; extrait de la feuille *Rayak, NI-37-VII-3c*, Paris, IGN, 1960. Document IGN.

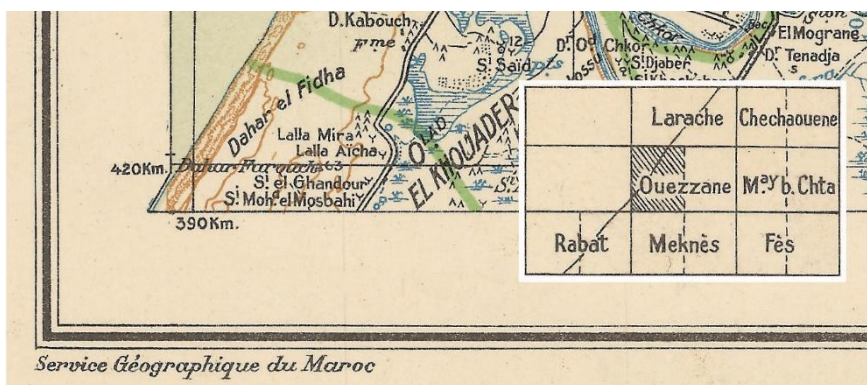


Figure 15. Crevé du cadre. Les marges des feuilles peuvent être utilisées de manière ponctuelle pour figurer des zones de faible étendue situées en dehors de leur périmètre régulier. Dans ce cas, le crevé permet de faire l'économie d'une feuille dont la plus grande part aurait représenté la mer. Série : *Maroc, tribus, 1:200 000* ; extrait de la feuille *Ouezzane, VIII (Ouest)*, Rabat, Service géographique du Maroc, 1931. Document IGN.

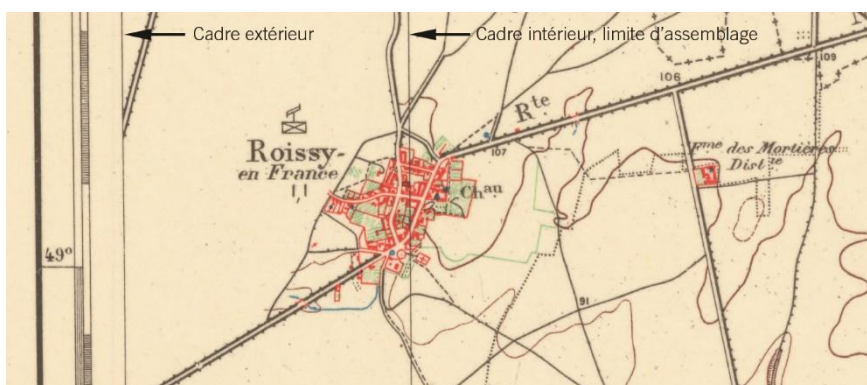


Figure 16. Marges additionnelles. Certaines cartes comportent une marge intérieure qui permet de représenter les éléments structurants de la topographie au-delà de la ligne d'assemblage entre les feuilles. Cette solution combine les avantages d'un découpage bord à bord avec ceux des feuilles superposées mais elle a été peu utilisée à cause de son coût et des difficultés de tenue à jour des feuilles. Série : *France, 1:50 000, type 1900* ; extrait de la feuille *Dammartin-en-Goëlle, XXIV-13*, Paris, SGA, 1909. Document IGN.

la zone géographique effectivement représentée par chaque feuille mais incomplète, de la zone délimitée par les lignes d'assemblage qui correspondent au tableau du même nom.

Emboîtement des tableaux d'assemblage

On l'a examiné, le tableau d'assemblage des feuilles d'une série est basé sur une grille de coordonnées. Pour éviter de multiplier les systèmes de référence, il est fréquent qu'un même producteur de documents cartographiques utilise la même grille de base pour construire les tableaux d'assemblage de plusieurs séries à des échelles différentes. Ce faisant, il exploite une propriété simple mais extrêmement efficace de la représentation cartographique et selon laquelle une feuille à une échelle donnée est de même format qu'une autre feuille qui figure un quart du même territoire à une échelle double. Plus concrètement, une feuille à l'échelle au 1:100 000 couvre le même territoire que l'assemblage de quatre feuilles du même format à l'échelle 1:50 000. Or chaque pays produit des cartes à des échelles différentes et qui, le plus souvent dans ceux qui ont adopté le système métrique, croissent du simple au double. Ainsi, en France : 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 ... L'organisation d'une telle production suivant une même grille de base, présente plusieurs avantages. Les feuilles sont toutes du même format – ce qui est loin d'être anecdotique lorsque l'on gère des milliers de documents –, les tableaux d'assemblage des différentes séries s'emboîtent les uns dans les autres et les modes de numérotation des feuilles présentent des correspondances qui facilitent la navigation entre les séries lorsqu'il s'agit par exemple de confronter la figuration d'un même lieu à différentes échelles. Les Français ont peu exploité ce principe, par contre, dès la fin du XIXe siècle, pour organiser la production du Survey of Egypt, l'administration anglaise adopte un système d'emboîtement des tableaux d'assemblage qui se décline depuis la carte topographique à l'échelle 1:100 000 jusqu'aux plans des villes à l'échelle 1:1000, en passant par une série d'échelles intermédiaires : 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000, 1:5000 et 1:2500. Les séries correspondantes ne couvrent pas toutes l'ensemble de la vallée du Nil, au contraire, elles ont été développées de manière partielle en fonction des nécessités, mais le principe de découpage de base – désigné *quadrant* – a été déterminé en amont. Pendant plus d'un quart de siècle, il encadre la production suivant son rythme et ses besoins¹² (fig. 17).

Cet exemple est sans doute un des plus accomplis que l'on puisse envisager¹³. Les Anglais en Egypte étaient alors en situation coloniale. Pour mettre en place le système *quadrant*, ils ont tout d'abord bénéficié de leur expérience indienne où l'histoire de la cartographie contemporaine débute plus tôt mais suivant des principes plus hésitants. Par ailleurs, l'Egypte est alors un pays vierge de toute production cartographique d'ensemble dont l'héritage aurait pu peser sur la nouvelle organisation. On assiste au même phénomène avec la production française en Afrique un demi-siècle plus tard (fig. 18) alors qu'il n'a jamais été possible de le faire en métropole, à cause, justement, du poids des productions antérieures. Ainsi, de multiples exemples d'emboîtements sont moins réguliers et parfois plus complexes que celui adopté en Egypte. Le mode d'emboîtement le plus simple et le plus efficace est basé sur un rapport de un à quatre pour le nombre des feuilles et de un à deux pour les échelles.

On trouve aussi d'autres rapports, par exemple :

- entre une et neuf feuilles, pour les cartes d'Algérie au 1:200 000 et au 1:50 000,
- entre une et huit feuilles, pour les cartes d'Autriche au 1:200 000 et au 1:75 000.

¹². Ce système de découpage, basé sur un partage de l'Egypte en quatre parties, est désigné *quadrant*.

¹³. La production roumaine de l'*Institutul Geografic al Armatei* des années 1920-1940 est aussi particulièrement bien organisée, elle permet de regrouper sur un même tableau d'assemblage les séries aux échelles 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000 et 1:20 000.

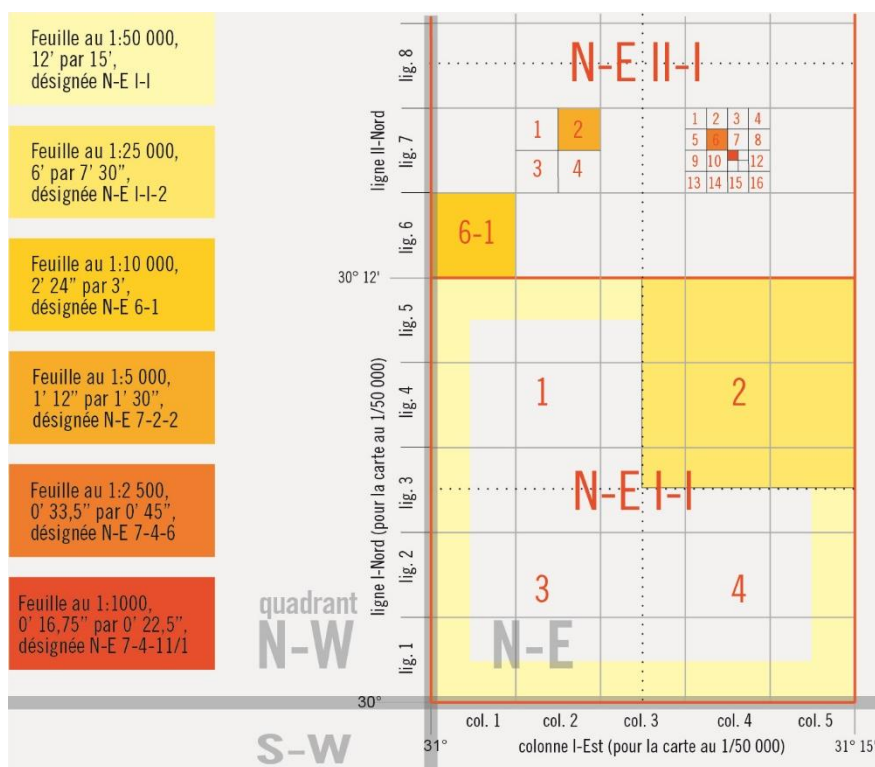


Figure 17. Emboîtement des tableaux d'assemblage. A la fin du XIX^e siècle, le Survey of Egypt, développe une grille de coordonnées – *quadrant* – qui permet de découper les feuilles de la plus grande part des cartes du pays, depuis le 1:100 000 jusqu'au 1:1000. Les séries correspondantes ne couvrent pas toutes l'ensemble du pays, au contraire, elles ont été développées de manière partielle en fonction des nécessités. Dessin de l'auteur.

Malgré le fait que ces emboîtements ne donnent pas lieu à des feuilles de même format, malgré leur caractère souvent ponctuel – ils établissent une relation entre deux séries seulement et peuvent être assez indépendants du reste de la production – leur repérage constitue toujours une source d'économie documentaire pour dresser les tableaux d'assemblage des séries correspondantes. Par ailleurs, dans le cadre des FRBR, les emboîtements constituent des relations particulières entre les séries. Enfin, en ce qui concerne la production, il n'est pas rare que ces liens témoignent aussi d'un héritage des contenus – dans un sens ou dans l'autre – entre les séries correspondantes.

Découpages déterminés par les possibilités d'impression

Les découpages déterminés par les possibilités d'impressions semblent être une spécialité française dont il est heureux qu'elle n'ait pas été beaucoup pratiquée. On en trouve des exemples sur une série qui représente la France puis, au Maroc et en Indochine en contexte colonial. Ces découpages résultent d'une anticipation erronée entre le moment où on décide du format des feuilles d'une série et le moment où elle est effectivement imprimée. Il se passe souvent plusieurs années entre ces deux étapes. Dans le premier cas, le plus ancien, les quinze feuilles originales de la carte de France à l'échelle 1:500 000 publiée à partir de 1873 sont finalement découpées en quatre parties chacune¹⁴. Cette carte est un des premiers exemples de production cartographique en couleurs par procédé lithographique. Les feuilles ont chacune un format utile de 55 par 71 centimètres. A l'issue du tirage des premières

¹⁴. Il s'agit de la carte dite du Lieutenant-colonel Ferdinand Prudent, publiée à partir de 1873 par le Dépôt de la guerre.

Coupures adoptées pour les Cartes d'A.O.F. et d'A.E.F.

Exemple appliqué à la F^{lle} BOBO-DIOULASSO, NC 30, de la Carte d'A.O.F. au 1.000.000

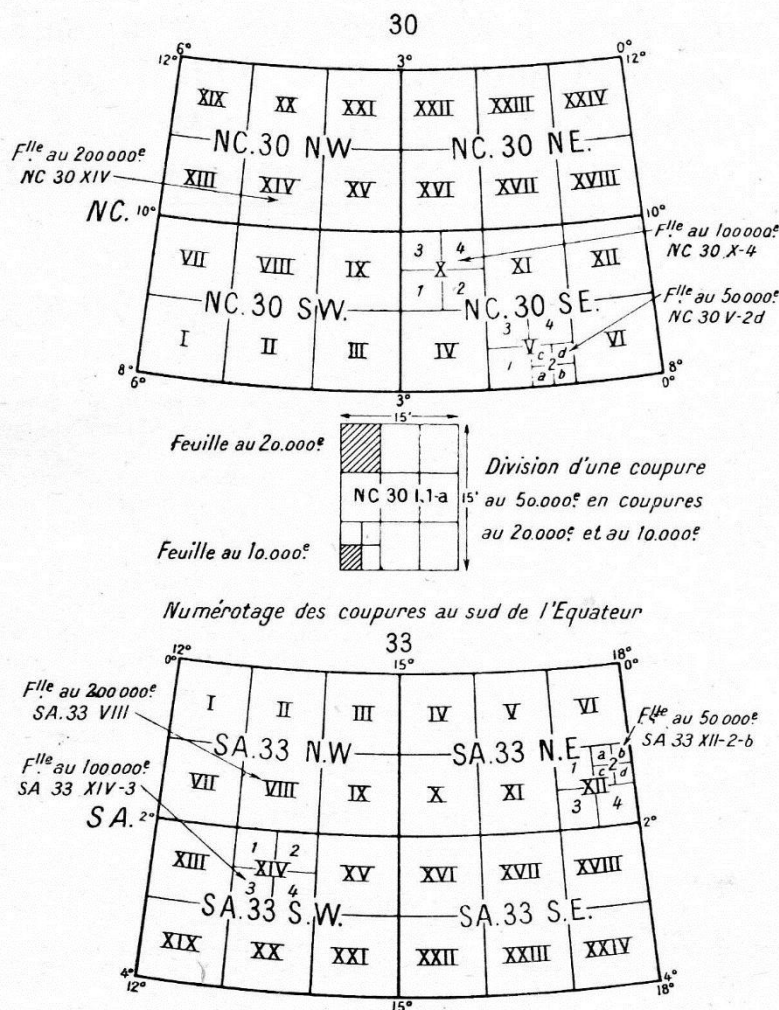


Figure 18. Emboîtement des tableaux d'assemblage, version française. En 1945, l'IGN met en place les bases de la cartographie des colonies françaises en Afrique. L'héritage en la matière est assez peu important pour permettre de développer un système d'emboîtement des grilles d'assemblage basé sur le découpage de la carte internationale du monde (voir fig. 26 à 29). *Rapport pour 1945*, p. 85.

feuilles, on se rend compte que les déformations du papier – humidifié avant l'impression – donnent lieu à des décalages entre les couleurs qui ne sont pas acceptables. Pour réduire ces décalages, on décide de partager chaque feuille en quatre parties imprimées séparément. Les exemples marocains et indochinois sont plus récents, ils trouvent leur origine dans une anticipation trop optimiste du format des presses disponibles. Ainsi chaque feuille a été partagée en deux parties pour l'impression.

Dans tous les cas, ces pratiques donnent lieu à des unités de productions (les feuilles imprimées) qui ne constituent pas des unités bibliographiques à part entière (fig. 19). Les mentions ne sont pas répétées mais partagées entre les coupures de chaque feuille ce qui ne facilite pas la construction des tableaux d'assemblage correspondants. Dans le cas de la carte du Tonkin au 1:25 000, les coupures imprimées devaient être assemblées par paires¹⁵.

¹⁵. Carte topographique du Tonkin, 1:25 000, Hanoï, Service géographique de l'Indochine, 1901-1944, 157 demi-feuilles.

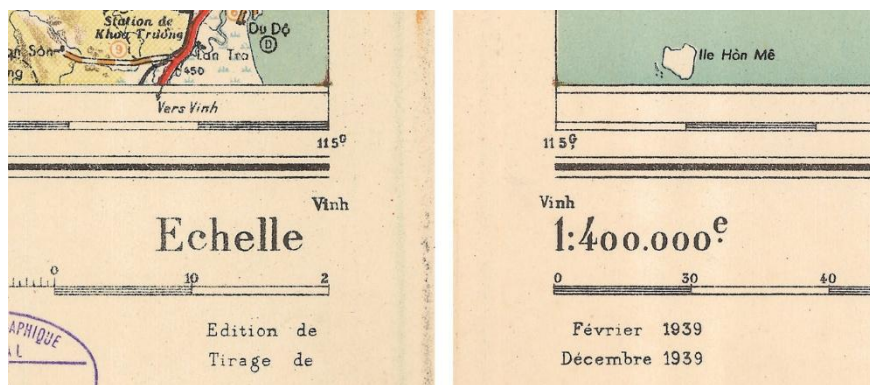


Figure 19. Unité documentaire / unité bibliographique. Les coupures qui résultent du découpage de chaque feuille en deux parties ne constituent pas des unités bibliographiques à part entière. La difficulté principale est d'apparier les coupures d'éditions différentes mais dont seulement les moitiés Est sont datées. Série : Indochine, 1:400 000 ; extrait des feuilles *Hanoï Ouest* et *Hanoï Est*, 1939, Hanoï, Service géographique de l'Indochine. Documents IGN.

Dans la mesure où certaines collections conservent des coupures qui n'ont pas été assemblées, la description de cette série nécessite deux tableaux d'assemblage : un pour les feuilles complètes qui résultent d'un assemblage post-impression et un autre pour les demi-feuilles directement sorties de l'imprimerie. Suivant ce partage, les feuilles de rive imprimées en demi-format – en bord de mer ou bien le long de la frontière – constituent des unités bibliographiques complètes, elles peuvent être classées avec les feuilles assemblées ou les autres.

Ces quelques exemples représentent une faible part de la production cartographique et ils appartiennent plutôt à une période révolue. Cependant, au-delà de leur caractère anecdotique, ils montrent que ces documents présentent une forte tendance à réserver des surprises. Ces exemples témoignent aussi de la pertinence de la formule mise en exergue au début de cet article et selon laquelle la somme des descriptions individuelles des feuilles d'une série n'est pas suffisante pour en saisir les règles d'organisation.

Mode de repérage des feuilles

Dans les bases de données géoréférencées, chaque polygone qui figure le périmètre d'une feuille est repéré par un numéro particulier, unique au sein d'une même série. Ce principe permet de lier chaque polygone aux descriptions des multiples éditions de la feuille correspondante. Le mode de construction de ces identifiants n'est pas normalisé mais il est souhaitable qu'il ne soit pas sans lien avec le mode de numérotation des feuilles de la série. Par ailleurs, il est toujours utile de comprendre les principes qui organisent la numérotation d'une série. Ils permettent de restituer les parties ou les feuilles manquantes, voire de se rendre compte d'erreurs dans la numérotation portée sur les feuilles. Enfin, on a tout intérêt à indiquer le principe de numérotation des feuilles d'une série dans sa description. Non seulement c'est parfois indispensable pour naviguer entre les feuilles – surtout si on ne dispose pas d'interface graphique – mais encore, un changement de mode de numérotation peut témoigner de la mise en place d'une nouvelle série. Par exemple, l'édition française de la carte de la Nouvelle Calédonie à l'échelle 1:50 000 se partage entre deux séries dont les feuilles sont découpées suivant la même grille et portent des titres propres semblables. Dans la première, publiée entre 1959 et 1974, les feuilles suivent le mode de numérotation international ; pour la seconde, publiée entre 1986 et 1997, la numérotation est continue.

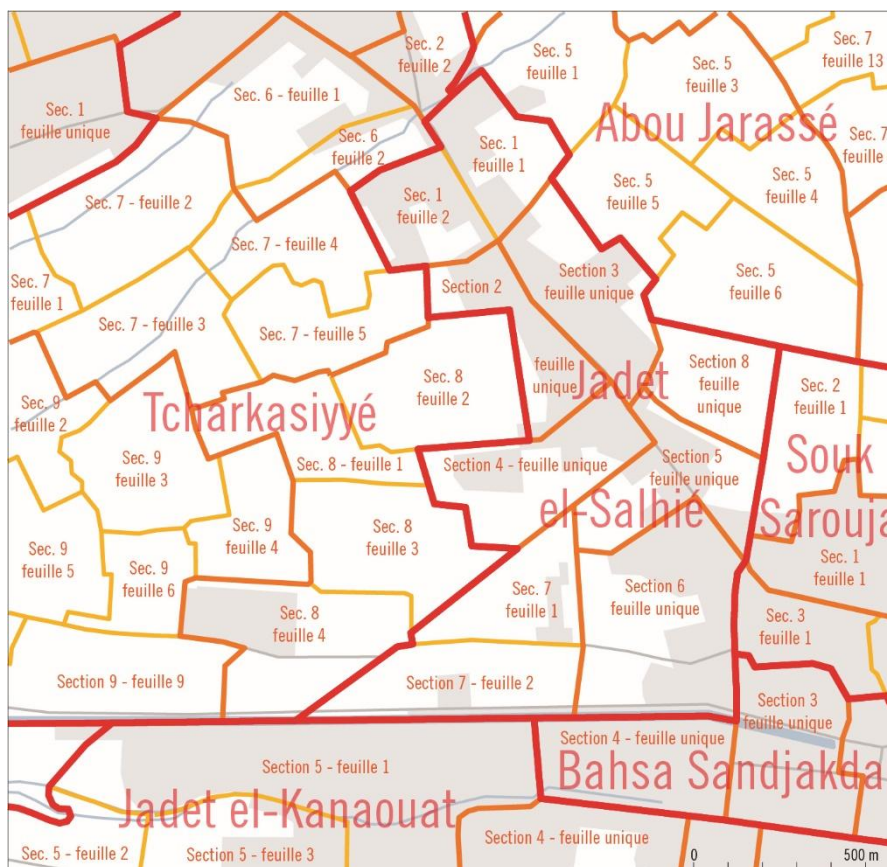


Figure 20. Numérotations emboîtées. Le mode de numérotation des feuilles des plans cadastraux de tradition française correspond le plus souvent à un emboîtement d'unités spatiales hiérarchisées. Pour le plan cadastral de Damas, la ville est découpée en quartiers, chaque quartier en sections et chaque section en feuilles mais certaines sections sont l'objet d'une seule feuille alors que d'autres en comptent une dizaine. Extrait du tableau d'assemblage du plan cadastral de Damas, 1:500, Damas, Régie du cadastre, 1924-1943. Restitution et dessin de l'auteur.

Dans ce cas, le changement de numérotation correspond à une interruption de douze ans dans la production mais ce n'est pas toujours aussi simple. La compréhension du mode de numérotation des feuilles d'une série permet aussi de classer ces feuilles en connaissance de cause. Dans de nombreuses cartothèques le classement des feuilles par ordre alphabétique de leur titre est encore très pratiqué même s'il est moins propice à une navigation de proche en proche qu'un classement par numéro. Les principes de numérotation adoptés par les organismes producteurs ne sont pas toujours aussi simples qu'on pourrait le croire. Ils sont basés sur quatre fondamentaux et des combinaisons.

Numérotation continue

La numérotation continue est très répandue. Les numéros des feuilles – en chiffres arabes ou en chiffres romains – sont incrémentés d'une unité de proche en proche. Leur développement peut être organisé ligne à ligne ou bien colonne par colonne, de droite à gauche ou l'inverse, de bas en haut ou l'inverse.

Ce principe présente l'avantage d'être simple, il peut aussi être organisé en plusieurs niveaux comme c'est le cas avec les plans cadastraux français qui partagent chaque territoire municipal en sections et chaque section en feuilles (fig. 20). La numérotation continue présente l'inconvénient d'être un système fermé qui admet mal les ajouts *a posteriori*. Ainsi par exemple, pour la carte de France à l'échelle 1:80 000, dont les feuilles

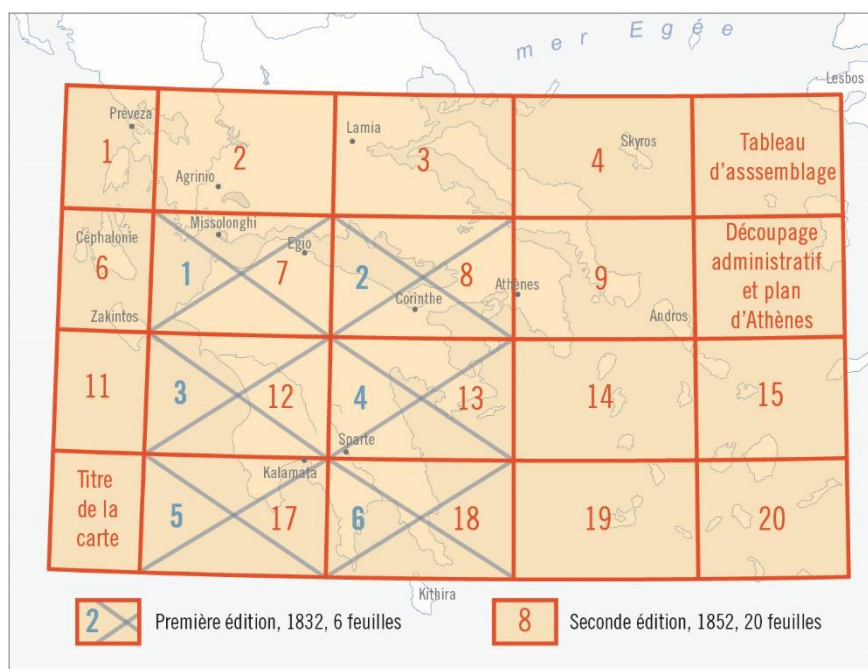


Figure 21. Limite de la numérotation continue. Les numéros des feuilles de la première édition de cette carte, en six feuilles, ont été entièrement redistribués pour la seconde édition, en 20 feuilles. Ainsi, les numéros 1 à 6 sont susceptibles de correspondre chacun à deux feuilles différentes. Tableau d'assemblage de la carte topographique de la Grèce, 1:200 000, Paris, Dépôt de la guerre, 1832 puis 1852, 6 puis 20 feuilles. Dessin de l'auteur.

sont numérotées de manière continue, l'annexion du comté de Nice et du duché de Savoie en 1860 a donné lieu à l'ajout de sept nouvelles feuilles qui portent des numéros *bis* et *ter*.

Lorsque les feuilles ajoutées sont trop nombreuses, il devient nécessaire de numéroté à nouveau l'ensemble de la série comme c'est le cas avec la carte de Grèce publiée tout d'abord en six feuilles en 1832 puis en 20 feuilles en 1852 (fig. 21). Dans ce cas, les feuilles qui portent une double numérotation constituent une source d'erreurs. Enfin, cette forme de numérotation ne permet pas de déduire les numéros des feuilles voisines depuis celui d'une feuille donnée. Au contraire, cette fermeture de la numérotation continue présente parfois l'intérêt de conserver les traces de l'histoire d'une série. Ainsi par exemple, E. Liebenberg (2014) exploite les discontinuités de la numérotation d'une série pour réfléchir à l'avancement de l'armée anglaise dans le Transvaal au tout début du XXe siècle.

Tableau croisé

La plus grande part des tableaux d'assemblage ont la forme d'une grille composée de lignes et de colonnes. Le principe de la bataille navale est bien connu, chaque ligne et chaque colonne porte un identifiant particulier et chaque case est désignée par la concaténation des identifiants de la ligne et de la colonne où elle se trouve. Les identifiants peuvent être des lettres ou bien des chiffres, arabes ou romains. Ce principe présente l'avantage d'être extensible et il permet de déduire les numéros des feuilles qui manquent éventuellement dans une collection. Lorsque les feuilles ne portent pas de coordonnées, ce mode de repérage permet aussi de les positionner dans la grille d'assemblage. Les inconvénients sont mineurs. Il est plus aisé d'étendre la série sur les deux côtés qui correspondent au sens croissant des identifiants plutôt que sur les deux autres côtés. Les chiffres romains peuvent devenir un peu longs comme c'est le cas avec la numérotation des colonnes de la carte de France à l'échelle 1:50 000 et dont le tableau d'assemblage compte XXXVIII colonnes. Enfin, il arrive

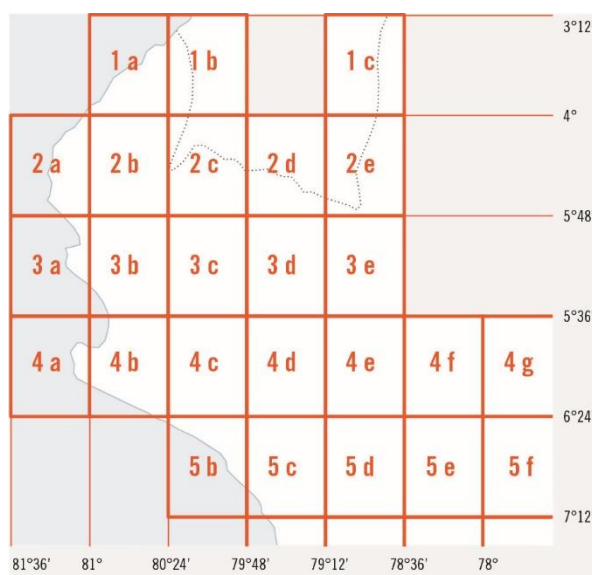


Figure 22. Numérotation hybride 1. Le numéro de chaque feuille est composé par un chiffre qui correspond à la bande où elle se trouve et par une lettre qui indique sa position par rapport à la feuille située à l'extrémité Est de la bande. Ce principe n'est pas extensible vers l'est mais une telle extension – sur la mer – n'est pas envisagée. Extrait du tableau d'assemblage de la carte topographique du Pérou, 1:200 000, Lima, Servicio Geográfico del Ejército, 1925-1974, plus de 150 feuilles, dessin de l'auteur.

que le nombre des lettres de l'alphabet se révèle insuffisant lorsque la série connaît une extension importante. Ces inconvénients sont facilement contournés par l'ajout de signes complémentaires ou de lettres empruntées à d'autres alphabets mais cette solution n'a jamais pour effet de faciliter la restitution des tableaux d'assemblage.

Entre la numérotation continue et la bataille navale, on trouve parfois des combinaisons comme c'est le cas par exemple pour la désignation des feuilles de la série à l'échelle 1:200 000 qui représente le Pérou. Les bandes du tableau d'assemblage sont repérées par des numéros et, au sein de chaque bande, les feuilles successives portent chacune une lettre de l'alphabet dont la liste commence par la première feuille de chaque bande, quelle que soit la colonne considérée (fig. 22).

Coordonnées d'un point remarquable

Les exemples de numérotation sur la base des coordonnées d'un point remarquable de chaque feuille ne sont pas très nombreux. Ce mode de numérotation est applicable pour les séries découpées suivant une grille régulière ; les coordonnées peuvent être linéaires ou bien géographiques. Le point remarquable est un angle ou bien le centre de la feuille. L'intérêt principal de ce système est son ouverture, il est extensible dans les quatre directions de la grille pour peu que son origine soit placée à l'extérieur de la zone représentée. Deux exemples illustrent ce mode de numérotation. La carte d'Europe centrale produite par l'Autriche à l'échelle 1:200 000 à la fin du XIXe siècle et dont chaque feuille porte un numéro correspondant à la coordonnée géographique de son centre. Dans la mesure où chaque feuille de cette série couvre une étendue d'un degré de côté et que les limites entre les feuilles suivent les méridiens et les parallèles intermédiaires – 30 minutes – entre les valeurs entières, ce système se révèle particulièrement facile à utiliser et efficace (fig. 23).

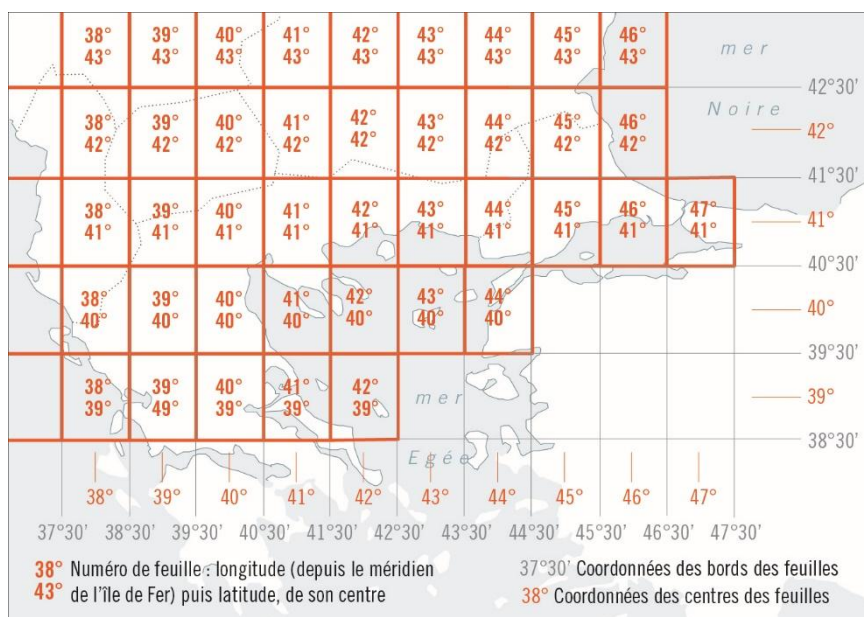


Figure 23. Numérotation hybride 2. Le numéro de chaque feuille est composé par les coordonnées – longitude puis latitude – de son centre. Elles sont exprimées en degrés, depuis le méridien de l'île de Fer pour les longitudes. Ce principe présente l'avantage d'être extensible à l'ensemble de la planète. Carte d'Europe centrale et des Balkans, 1:200 000, Vienne, König und Kaiser Militärgeographisches Institut, 1889-1919, 265 feuilles. Dessin de l'auteur.

Pour sa part, le Survey of Egypt adopte au début des années 1920 un principe de numérotation des feuilles basé sur les coordonnées d'un point remarquable. Chaque feuille est désignée par les coordonnées – linéaires – de son angle inférieur-gauche. En fonction de l'échelle de la série, les valeurs sont plus ou moins développées de telle manière qu'un même point est désigné de manière différente en fonction de l'échelle. Ainsi, les coordonnées sont exprimées en dizaine de kilomètres pour les feuilles au 1:100 000, en kilomètres entiers au 1:50 000 et en fractions de kilomètres pour les échelles plus grandes. Suivant ce principe et avec un peu d'habitude, on peut identifier l'échelle d'une feuille sur la base de son numéro (fig. 24).

On trouve aussi des formules plus complexes. Ainsi par exemple, pour la carte du Chili à l'échelle 1:250 000¹⁶ le numéro de chaque feuille est composé de deux parties de deux chiffres chacune. La première correspond à la latitude de la limite Nord de la feuille et la seconde à la coordonnée du méridien de longitude entière qui est compris dans la feuille. Dans la mesure où certaines feuilles qui couvrent le sud du pays sont assez étendues pour être traversées par deux méridiens de valeur entière, on trouve des exemples de feuilles de périmètres semblables dont les éditions de périodes différentes portent des numéros différents, correspondant à l'un ou à l'autre méridien !

Numérotation par niveaux successifs

Le mode de numérotation par niveaux est étroitement lié au découpage des tableaux d'assemblage par emboîtement. Suivant ce principe, les numéros des feuilles à petite échelle sont utilisés comme préfixe des numéros des feuilles à grande échelle qu'elles englobent dans leur périmètre. Ainsi, le numéro de chaque feuille est composé par une liste d'identifiants où se succèdent, de droite à gauche, le numéro particulier de la feuille considérée, et, dans l'ordre, les numéros successifs des feuilles de niveau supérieur. Par

¹⁶. Carte topographique du Chili, 1:250 000, Santiago, Instituto Geográfico Militar, 1950-1967, 104 feuilles.

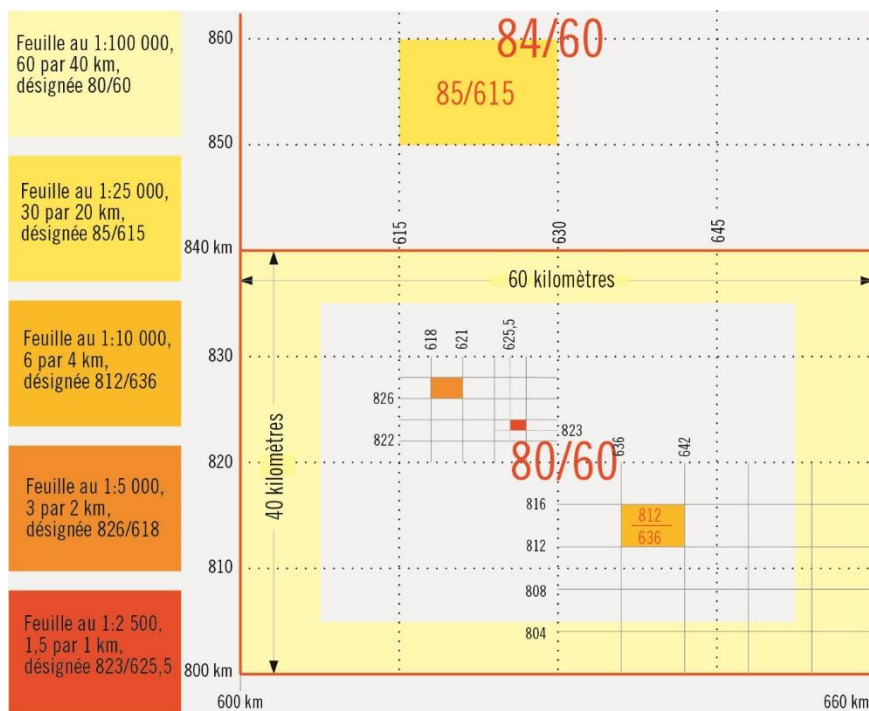


Figure 24. Un système intégré – découpage et numérotation des feuilles. Le numéro de chaque feuille correspond aux coordonnées kilométriques de son angle inférieur-gauche. Une variation sur la valeur des unités – en km ou en dizaines de km – permet de faire correspondre un mode de composition des numéros à chaque échelle de réduction. Ce principe, adopté en 1922, est encore en service pour la plus grande partie de la cartographie égyptienne. Arnaud, 1989, p. 31. Dessin de l'auteur.

exemple, pour la carte de Belgique au 1:20 000¹⁷ dont chaque feuille correspond au seizième d'une feuille de la carte au 1:100 000, le numéro 3-14 correspond à l'unité 14 (numéro particulier) de l'unité 3 (numéro de la feuille de niveau supérieur). En fonction du producteur, les identifiants peuvent être des chiffres arabes, des chiffres romains ou bien des lettres. L'exemple belge compte seulement deux niveaux, d'autres en comptent 4 ou 5 comme c'est le cas du système *quadrant* utilisé en Egypte au début du XXe siècle (fig. 17). Une telle démultiplication donne parfois lieu à des numéros assez longs et assez difficiles à transcrire. Plus rarement, mais suivant le même principe, les numéros des feuilles à grande échelle peuvent être utilisés pour composer les numéros de celles à plus petite échelle. C'est le cas par exemple avec la carte d'Algérie au 1:200 000¹⁸ dont le numéro de chaque feuille résulte de l'addition de ceux des 4 feuilles au 1:100 000 qui correspondent au même périmètre (fig. 25).

Pour sa part, le découpage de la carte de France à l'échelle 1:20 000¹⁹ est basé sur un partage en huit sections de chaque feuille de la carte au 1:50 000. Mais, la carte au 1:20 000 a été publiée en deux formats différents qui correspondent soit à une seule section soit à deux sections du découpage de base. Les feuilles de petit format sont désignées par le numéro de la feuille au 1:50 000 correspondante suivi par un chiffre – de 1 à 8 – qui indique le huitième considéré. Les feuilles de format double sont désignées par le numéro de la

¹⁷. Carte topographique de Belgique, 1:20 000, Bruxelles, Institut cartographique militaire, vers 1920, 224 feuilles.

¹⁸. Carte topographique de l'Algérie, 1:200 000, Paris, Institut géographique national, 1961-1973, 26 feuilles.

¹⁹. Carte topographique de France, 1:20 000, Paris, Service géographique de l'armée – IGN, 1905-1964, 8326 feuilles.

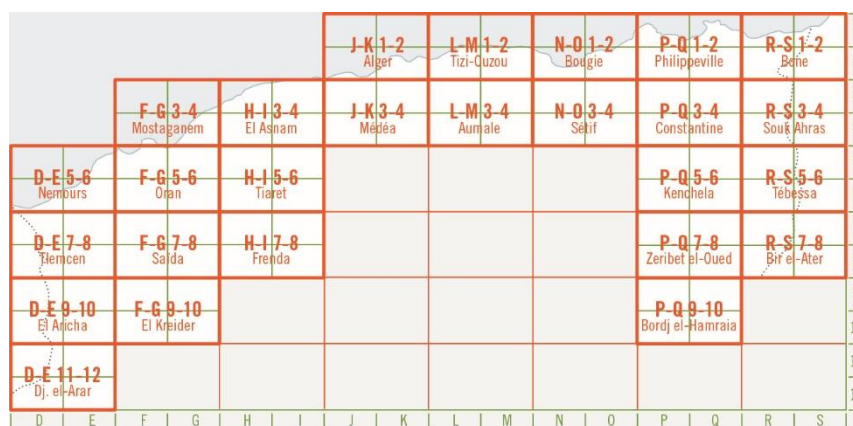


Figure 25. De la grande échelle vers la plus petite. Les numéros des feuilles à l'échelle 1:200 000, indiqués en rouge, héritent de ceux des feuilles au 1:100 000, en vert. Carte topographique de l'Algérie, 1:200 000, Paris, IGN, 1961-1973, 26 feuilles. Dessin de l'auteur.

feuille au 1:50 000 suivi par les deux chiffres des huitièmes correspondants. Ainsi, la numérotation par niveaux successifs n'est-elle pas toujours facile à manipuler. Elle trouve son développement le plus complet avec le système international.

Système international

Le système international a été développé dans le cadre des travaux de la commission internationale de cartographie qui, après avoir établi les spécifications de la carte internationale du monde à l'échelle un millionième au début du XXe siècle, a défini des règles de découpage et de numérotation des cartes à plus grande échelle. Ces règles ont rarement été appliquées dans les pays qui en ont été les promoteurs – France, Grande-Bretagne, Allemagne, Autriche-Hongrie, Italie... – car ils disposaient alors d'une cartographie trop avancée. Au contraire, dans les pays où la cartographie est plus récente, le système international est le plus fréquemment utilisé.

Il s'agit à la fois d'un mode de découpage et d'un mode de numérotation. Ils sont organisés à partir des tableaux d'assemblage emboîtés dont l'unité de base correspond à une feuille de la carte internationale du monde, soit 4° de latitude par 6° de longitude. Le méridien d'origine est celui de Greenwich et l'équateur est le point de départ des latitudes. Chaque feuille est désignée par un code composé de 3 parties :

- L'indication de l'hémisphère par une lettre : N ou S.
- L'indication de la bande parallèle à l'équateur, par une lettre : de A à U, à partir de l'équateur.
- L'indication du fuseau méridien par un chiffre : de 1 à 60 (à partir du méridien 180° Est, en croissant vers l'Est. (fig. 26).

Ainsi la feuille NL31 correspond à la zone commune au fuseau 31 et à la bande L dans l'hémisphère nord (fig. 27). Les feuilles à plus grande échelle sont des sous-parties de cette unité de base. Ainsi, chaque feuille au 1:500 000 correspond à un partage en 4 ou bien en 6 sections ; chaque feuille au 1:250 000 à un partage en 12 ou bien en 16 (4 x 4) ; chaque feuille au 1:200 000 à un partage en 24 sections d'un degré de côté chacune (fig. 28). Ensuite, chaque feuille au 1:200 000 peut être partagée en 4 feuilles au 1:100 000, 16 feuilles (4 x 4) au 1:50 000 ou encore en 64 feuilles (4 x 4 x 4) au 1:25 000 (fig. 29). Le tableau suivant indique, pour chaque échelle, l'étendue de la zone couverte par une feuille. Ce principe présente l'avantage d'être applicable à l'ensemble de la planète (moyennant quelques aménagements pour les calottes polaires).

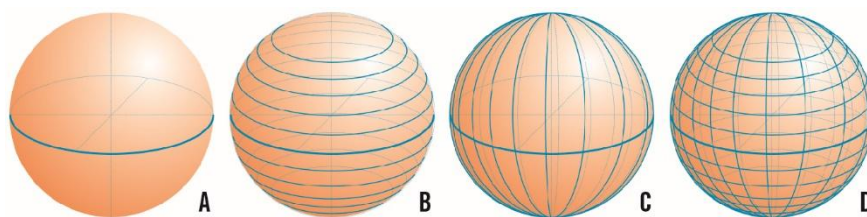


Figure 26. Découpage de la carte internationale du monde. A. L'équateur sépare le Nord du Sud. L'hémisphère nord est repéré par la lettre N ; l'hémisphère sud est repéré par la lettre S. B. Chaque hémisphère est découpé par un réseau de parallèles espacés de 4° à partir de l'équateur. Chaque tranche ainsi définie est repérée par une lettre à partir de l'équateur : A pour la tranche entre 0° à 4° de latitude, B pour la tranche entre 4° et 8°, etc. C. L'ensemble de la sphère est découpé par un réseau de méridiens espacés de 6°, à partir du méridien de Greenwich. Chaque fuseau est repéré par un chiffre, de 1 à 60, à partir du méridien 180°, d'ouest en est. D. Les deux réseaux de découpage définissent des zones de 4° x 6°, chacune correspond à une feuille de la carte internationale du monde à l'échelle du millionième. Au nord et au sud des 60^e parallèles, la longitude figurée par chaque feuille augmente d'autant plus que l'on se rapproche des pôles, chacune couvre alors 8°, 12° ou 16° de longitude.

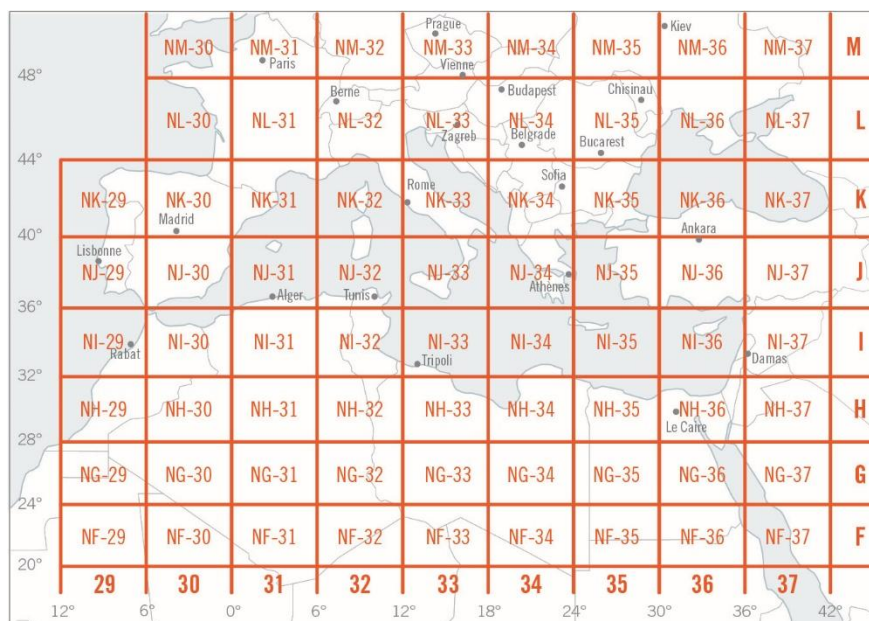


Figure 27. Découpage international. Chaque feuille, de 4° de latitude par 6° de longitude, porte un numéro qui indique l'hémisphère, la bande et la colonne où elle se trouve dans la grille d'assemblage. Dessin de l'auteur.

Echelle	Fraction de la feuille de base	Etendue en	
		Latitude	Longitude
Un millionième	1	4°	6°
1:500 000	4	2°	3°
1:500 000	6	2°	2°
1:250 000	12	1°	2°
1:250 000	16	1°	1°30'
1:200 000	24	1°	1°
1:200 000	1	1°	1°
1:100 000	4	0°30'	0°30'
1:50 000	16	0°15'	0°15'
1:25 000	64	0°7'30''	0°7'30''

Tableau 1. Découpage normalisé de la carte internationale du monde

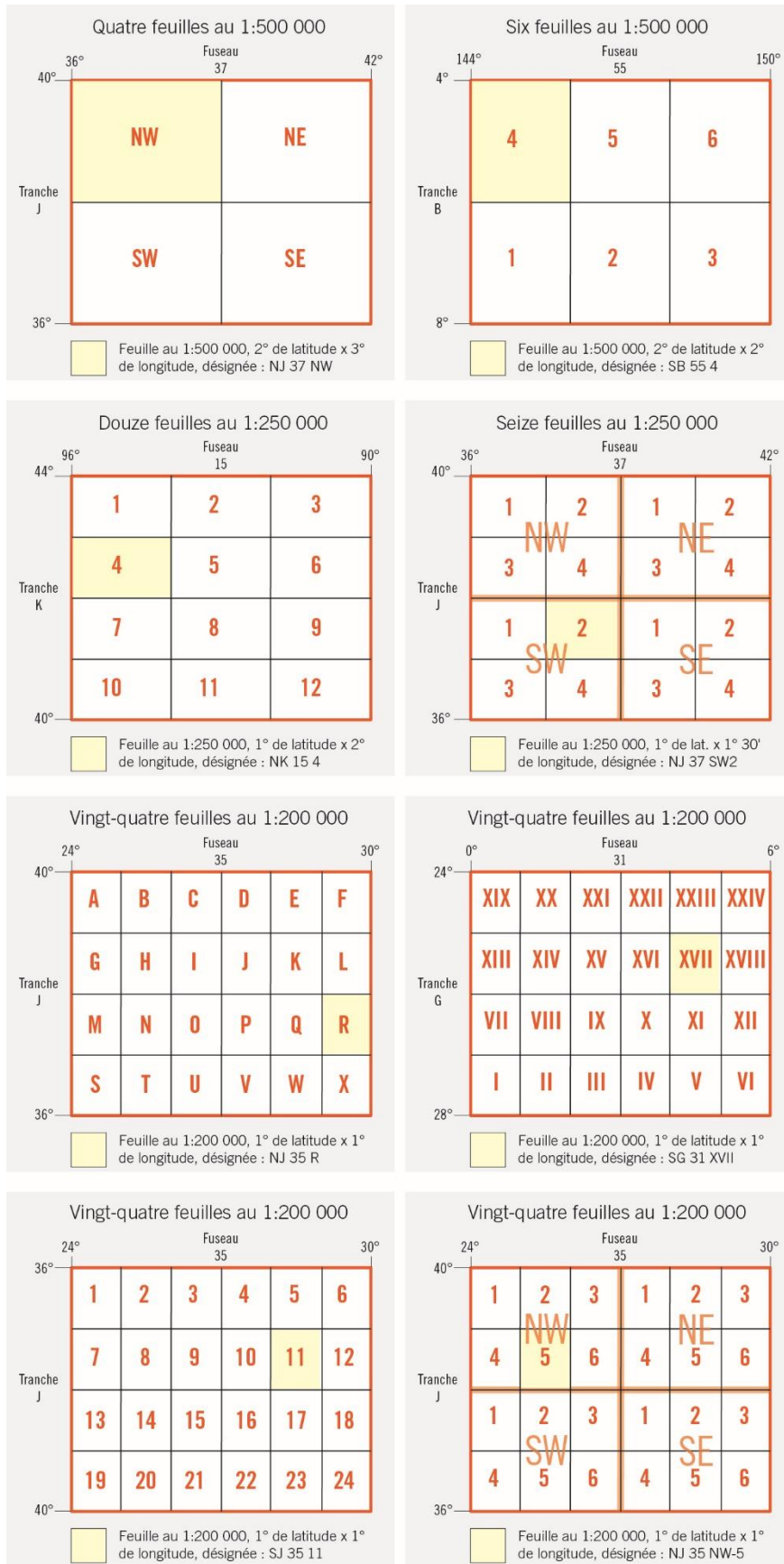


Figure 28. Modes de découpage d'une feuille de la carte internationale du monde à l'échelle un millionième. Dessin de l'auteur.

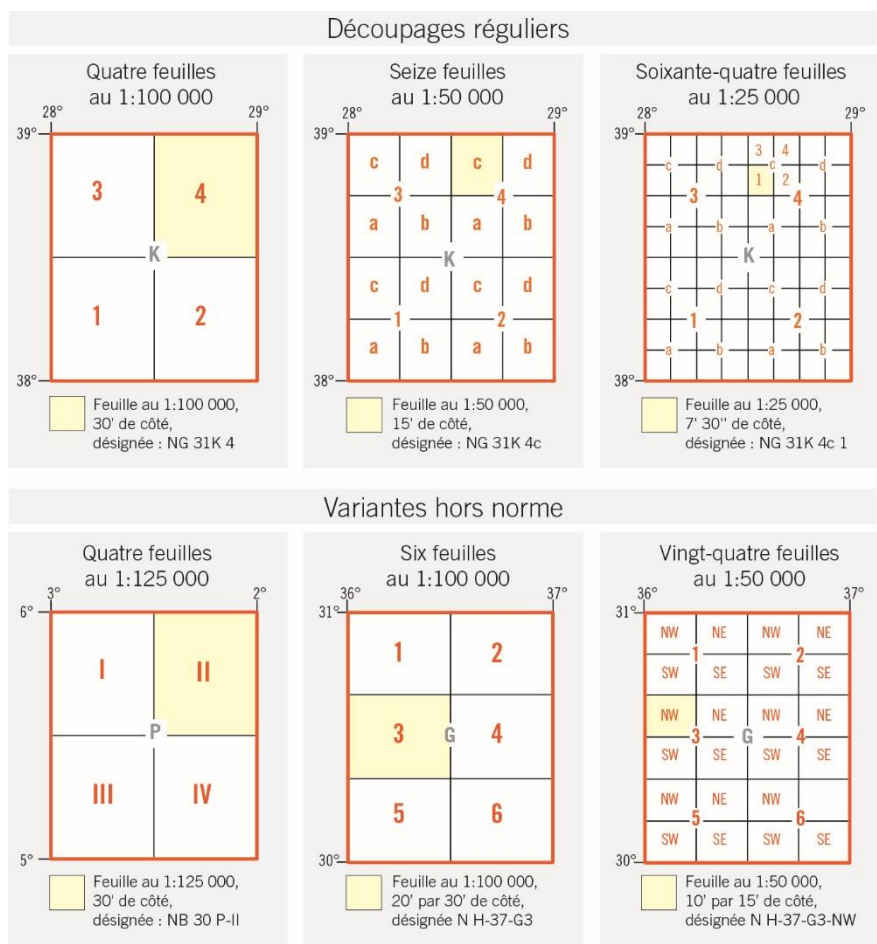


Figure 29. Modes de découpage d'une feuille de la carte internationale du monde au 1:200 000, d'un degré de côté. Dessin de l'auteur.

Ce principe présente aussi l'intérêt d'être aisé à identifier à partir de la composition des numéros des feuilles. Pour sa part, leur numérotation présenterait le même avantage si les établissements producteurs de cartes ne s'étaient pas ingéniés à se différencier en déclinant le principe fondamental chacun de leur côté. Pour désigner les entités, les uns utilisent des chiffres – arabes ou romains – les autres des lettres ; l'ordre de numérotation des cases de chaque entité est lui aussi sujet à toutes les solutions envisageables. Ces variations ont fait perdre une part importante de l'intérêt du système international. Par ailleurs, il a aussi tendance à donner lieu à des numéros de feuilles assez longs, pour les grandes échelles en particulier.

Combinaisons

Les établissements producteurs ont aussi multiplié les combinaisons entre les principes disponibles. Ainsi, par exemple, les numéros des feuilles de la carte de France à l'échelle 1:10 000 ou encore de celle de Syrie au 1:50 000, publiées par l'armée américaine, sont composés d'une première partie construite sous la forme de tableau croisé et complétés par un numéro tiré d'une liste continue²⁰. Pour leur part, les feuilles de la carte du Zimbabwe au 1:50 000 combinent une numérotation basée sur les coordonnées d'un point remarquable

²⁰. Par exemple, le numéro 3761-IV correspond au quart Nord-Ouest (n° IV) de la zone située à l'intersection de la colonne n° 37 avec la bande n° 61. La surface de cette zone correspond à quatre feuilles de la carte. Carte topographique de Syrie, 1:50 000, Washington, Army Map Service, 1960-1962, 303 feuilles.

avec deux numérotations continues successives qui correspondent à autant de découpages en quatre parties²¹.

On pourrait multiplier les exemples mais la liste resterait incomplète. Ces quelques lignes ont surtout pour objectif de suggérer aux cartothécaires que l'imagination des producteurs a été assez féconde pour envisager toutes les combinaisons. Elles sont d'autant plus difficiles à manipuler que, pour un même tableau d'assemblage, des producteurs différents peuvent adopter des modes de numérotation différents. Ainsi par exemple, pour la carte de Syrie au 1:50 000, la feuille NJ37-III-1a de l'édition française représente le même territoire que la feuille 50-U7 de l'édition anglaise (GSGS 8061) et que la feuille 3662-3 de l'édition américaine (K723) ! Ces différences ne simplifient pas le classement des feuilles, surtout dans les collections qui rassemblent des documents publiés par plusieurs éditeurs. Un tel mode de classement n'est pas très orthodoxe mais il est souvent pratiqué dans la mesure où il permet de regrouper les multiples représentations d'une même zone géographique.

La complexité de certaines séries peut aussi trouver son origine dans un double système de numérotation des feuilles. Les exemples sont assez nombreux et ils ne sont pas toujours faciles à identifier. Ils sont d'autant plus susceptibles de donner lieu à des confusions que leur mode de composition est proche, voire comporte des valeurs communes et/ou que la numérotation de certaines feuilles se réfère à l'un ou l'autre système en fonction de sa date d'édition. Enfin, certaines séries sont partagées entre plusieurs parties qui suivent chacune un mode de numérotation particulier comme c'est le cas par exemple avec la carte de la Manchourie au 1:500 000 publiée par l'armée américaine au milieu des années 1940²².

Collecter les données

Le chapitre précédent présente les modes de découpage et de désignation des feuilles. Il constitue en quelque sorte un préliminaire à celui-ci dans la mesure où le tableau d'assemblage géoréférencé d'une série est susceptible d'être construit suivant des procédés différents, avec des outils différents et à partir de données non moins différentes, en fonction de ces modes. Ainsi, avant de collecter les données nécessaires à la construction d'un tableau d'assemblage, l'examen et la compréhension de son principe de découpage et, accessoirement, de son mode de numérotation, sont des étapes obligées.

La liste des données à collecter est aussi déterminée par les informations disponibles. Or, la production cartographique est un monde mal documenté. Pour les cartes anciennes en particulier – avant 1950 –, les données sont souvent lacunaires. Les documents comportent rarement toutes les indications nécessaires, en particulier celles qui ressortissent au niveau de l'ensemble de la série. Par ailleurs, certains renseignements, considérés comme stratégiques, n'ont pas été diffusés par les producteurs. S'ils sont maintenant disponibles, ils sont le plus souvent noyés dans des masses archivistiques

²¹. Par exemple, le numéro 2130-B-3 correspond au quart Sud-Ouest (n° 3) du quart Nord-Est (n° B) de la zone d'un degré de côté limité à l'Est par le méridien 30° et au nord par le parallèle 21°. La surface de cette zone correspond à seize feuilles de la carte. Carte topographique du Zimbabwe, 1:50 000, Harare, Department of the Surveyor-General, 1960-1996, 571 feuilles.

²². Les feuilles de cette série sont partagées en deux groupes. Au sud du 48° parallèle chaque feuille figure une zone d'un degré de côté, au nord, elle représente 1° de latitude par 1° 30' de longitude. A chaque groupe correspond un mode de numérotation particulier. Carte topographique de la Mandchourie, 1:500 000, Washington, Army Map Service, 1943-1944, 32 feuilles.

considérables qui restent à exploiter. Enfin, pour les documents antérieurs aux années 1850, les auteurs ont souvent utilisé des méthodes approximatives plus bricolées que calculées. Suivant les règles de l'art, certaines lacunes documentaires nécessiteraient l'exploitation de méthodes complexes et coûteuses pour restituer le tableau d'assemblage des séries correspondantes. Mais pour les travaux en histoire ou pour localiser des documents dans un outil de recherche, certaines erreurs de précision n'ont aucune conséquence sur le résultat obtenu. Ainsi, on préférera les méthodes les plus simples, voire des solutions approximatives, dans la mesure où elles satisfont les besoins et où elles permettent de s'affranchir de recherches documentaires interminables sans garantie de résultat. Cette position est confirmée par l'expérience, elle montre que plus les documents sont anciens et résultent de bricolage, plus les modes de restitution qui ne suivent pas les règles de l'art s'avèrent opératoires (Arnaud 2013).

Ainsi, pour chaque série, deux déterminants – le mode de découpage et les renseignements disponibles – sont en jeu pour définir la méthode de restitution du tableau d'assemblage et établir la liste des données à collecter.

Dans la mesure où il existe une méthode de restitution applicable quelles que soient les informations disponibles²³, on peut se demander pourquoi il est nécessaire de définir un mode de restitution soumis aux caractéristiques de chaque série. La réponse est économique, dans la mesure où la méthode universelle est basée sur le traitement individuel de chaque feuille, elle est bien plus coûteuse que toutes les autres suivant un rapport d'au moins un à dix sachant que ce rapport augmente avec le nombre des feuilles de la série traitée.

Renseignements disponibles

La documentation dont on peut disposer pour construire le tableau d'assemblage géoréférencé d'une série se partage en cinq catégories.

Tableau d'assemblage

Un tableau d'assemblage est un document graphique qui figure les positions relatives des différentes feuilles d'une carte organisée en série. Il peut être dressé sur un fond blanc ou bien sur un fond de carte qui indique des points de repère tels que les lignes de côte, les frontières ou encore les principales agglomérations. Il peut être imprimé sur une feuille indépendante ou bien en marge de chaque feuille de la carte. Dans ce cas, il est parfois partiel et indique seulement les feuilles voisines de celle sur laquelle il est imprimé. Il s'agit alors d'un carré d'assemblage à neuf cases. Chaque case du tableau correspond à la surface représentée par une feuille. Pour de nombreuses séries, ces tableaux ont été imprimés par les éditeurs. Ils étaient exploités pour organiser les travaux, suivre leur avancement ou encore guider la clientèle. Les rapports d'activités des producteurs ou leurs catalogues comptent chacun de nombreux tableaux d'assemblage²⁴.

Ainsi, certaines séries sont documentées par plusieurs tableaux d'assemblage tandis que pour d'autres il n'en existe pas. Cependant, quelles que soient les ressources documentaires disponibles, le tableau d'assemblage constitue la base des informations à transmettre au géomaticien. Lorsqu'ils existent, ils doivent être contrôlés ; si on ne dispose pas de tableau d'assemblage pour une série, il est nécessaire de le restituer pour encadrer la

²³. Cette méthode exploite des reproductions numériques des documents, elle est décrite plus bas.

²⁴. Par exemple, les rapports annuels du Service géographique de l'armée, publiés entre 1888 et 1939, regroupent plus de 500 tableaux d'assemblage.

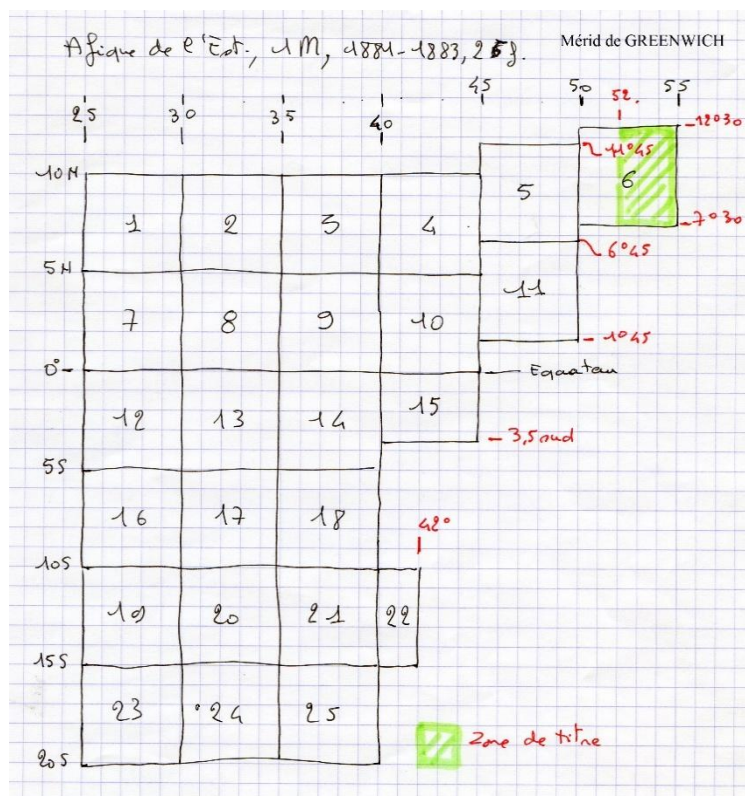


Figure 30. Une feuille de papier quadrillé et quelques stylos fins sont les outils les plus efficaces pour dresser un tableau d'assemblage à partir d'une collection de feuilles. E. G. Ravenstein, [Carte topographique de l'Afrique de l'Est], 1 millionième, Londres, Stanford, 1881-1883, 25 feuilles. Dessin de l'auteur.

collecte des données. Quand on ne dispose pas du tableau d'assemblage d'une série, la seule source qui permette de le restituer est une collection des feuilles. Cette première information peut ensuite être confrontée à une liste des feuilles publiées par ailleurs mais une simple liste (organisée en une seule dimension) ne permet pas de restituer un tableau d'assemblage qui, par nature, se développe en deux dimensions. Une feuille de papier quadrillé, sur laquelle on délimite des cases suivant une proportion approximative avec les feuilles de la série, constitue l'outil le plus simple et le plus efficace (fig. 30).

Lorsque les angles des feuilles comportent des coordonnées (quelles qu'en soient la nature et l'unité de mesure), on peut calculer la « largeur » et la « hauteur » d'une feuille de format normal et tracer une grille sur cette base. Elle permet de positionner les feuilles de manière relative. Cette grille de base se révèle souvent utile lorsque les feuilles de la collection ne sont pas classées ou bien lorsqu'elles le sont par ordre alphabétique de leurs titres par exemple. Le tableau d'assemblage s'inscrit dans cette grille mais il est rare que toutes les feuilles d'une série suivent la grille de découpage. En effet, le long des frontières ou bien des rivages, l'application systématique de la grille donnerait parfois lieu à des feuilles figurant seulement quelques centimètres carrés. Dans ce cas, le contenu de ces feuilles est le plus souvent intégré aux feuilles voisines dont le format est modifié. Or, le tableau d'assemblage restitué doit rendre compte de tous ces cas particuliers et de leurs variations dans le temps dont témoignent les différences entre des tableaux d'assemblage publiés à des moments différents pour une même série. Ainsi par exemple, pour la carte géologique de France à l'échelle 1:80 000, la feuille *Calais* (numéro 1), figure seulement quelques hectares de terres émergées dans son angle Sud-est, le reste de la feuille représente une partie de La Manche. Dans un premier temps (édition de 1878), cette feuille a été publiée

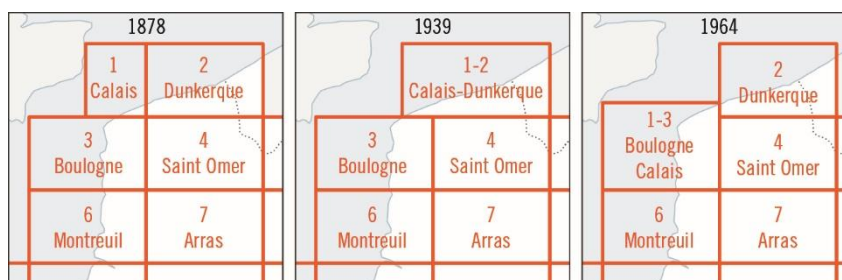


Figure 31. Trois périodes, trois traitements pour la région de Calais. En 1878, cette région donne lieu à une demi-feuille ; en 1939, elle est intégrée à la feuille voisine vers l'est – Dunkerque ; en 1964, elle est intégrée à la feuille voisine vers le sud – Boulogne. Sur le tableau d'assemblage, ces variations donnent lieu à cinq périmètres différents. *Carte géologique de la France*, 1:80 000, Paris, Service géologique des mines / BRGM, 1871-1976, 270 feuilles. Dessin de l'auteur.

en demi-format. Ensuite (édition de 1939), son contenu a été intégré à la feuille voisine vers l'est pour donner lieu à une feuille désignée *Calais-Dunkerque* et portant le numéro 1-2. Enfin (édition de 1964), la zone considérée a été intégrée à la feuille voisine vers le sud (Boulogne), elle est désignée *Boulogne-Calais* et porte le numéro 1-3. Ainsi, trois cases de la grille de découpage sont en jeu, elles ont donné lieu à des documents qui sont figurés par cinq polygones différents sur le tableau d'assemblage (fig. 31). En fonction de sa date de publication, chaque tableau d'assemblage figure une des trois situations. Or, cette série constitue un ensemble de feuilles indissociables dont le tableau d'assemblage complet compte autant de polygones qu'il existe de feuilles de formats différents, quel que soit leur date de publication. Les exemples similaires sont d'autant plus nombreux que la période de service de la série considérée a été plus longue.

Pour leur part, les recompositions politiques et/ou militaires survenues pendant la période de service d'une série peuvent aussi constituer des causes de variation de son périmètre dans le temps. Ainsi, un tableau d'assemblage publié à un moment donné ne garantit pas que toutes les feuilles figurées ont été publiées ni que les feuilles effectivement publiées ne dépassent pas les limites du tableau en question. Pour établir le périmètre d'une série et évaluer son nombre de feuilles, il est toujours fructueux de confronter les listes des feuilles conservées, dans un ou plusieurs établissements, et les tableaux d'assemblages publiés à des moments différents²⁵.

Les feuilles portent parfois des indications sur les titres des feuilles voisines, elles peuvent prendre deux formes différentes. Soit elles se présentent sous la forme de tableaux à neuf cases (fig. 32), soit les marges des feuilles portent les titres des voisines. Dans ce cas on peut restituer le tableau d'assemblage de la série par report de ces informations de proche en proche. Lorsqu'une marge ne comporte pas de titre, c'est souvent le signe que la série ne s'étend pas au-delà de la feuille considérée. Si on ne dispose pas d'autre information, ces indications constituent un bon point de départ. Cependant, dans la mesure où on note de fortes variations dans les titres des feuilles entre le moment où on envisage de les dresser et leur publication, il est toujours utile de vérifier la concordance entre les titres indiqués et ceux qui ont été effectivement attribués aux documents publiés. On notera aussi que, pour certaines cases, le titre attribué aux feuilles correspondantes est susceptible de varier dans le temps. Pour leur part, les numéros propres, moins soumis à variations, sont plus fiables.

²⁵. Pour les multiples cas de modifications du périmètre des séries dans le temps (Arnaud 2015b : « Entre les catalogues et les publications effectives »).

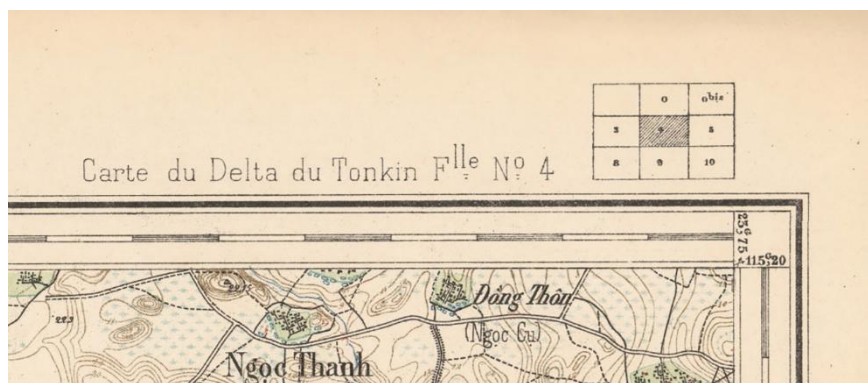


Figure 32. Carré d'assemblage à neuf cases. Ce type de tableau est imprimé directement sur chaque feuille, il indique les noms et/ou les numéros des feuilles voisines de la feuille considérée. Dans ce cas, il indique aussi que la zone correspondant à l'angle nord-ouest du carré n'est pas couverte par la série. Série : *Carte du delta du Tonkin*, 1:25 000 ; extrait de la feuille *Hiep-Hoa*, Hanoï, Service géographique de l'Indochine, 1902. Document IGN.

Enfin, si on ne dispose ni de coordonnées, ni d'indications sur les feuilles voisines – c'est souvent le cas avec les monographies découpées en plusieurs feuilles mais c'est assez rare avec les séries proprement dites –, on mobilise la figuration cartographique proprement dite et on restitue les raccords entre les feuilles sur cette base. Lorsque les feuilles ne comportent aucune mention particulière, on leur attribue une numérotation factice construite sur la base de leur assemblage. Pour les monographies découpées en plusieurs feuilles, on peut mobiliser la nature des bordures de chaque feuille lorsque celles qui constituent le cadre du tableau ont été l'objet d'enluminures, alors que celles qui séparent deux feuilles sont réduites à un simple trait de coupe (fig. 33).

Ainsi, le tableau d'assemblage transmis au géomaticien est une sorte de monstre chronologique en ce sens qu'il rassemble des états qui se sont succédé dans le temps. Ce tableau est un simple schéma. S'il est préférable de respecter de manière approximative la proportion des feuilles, il ne s'agit pas du tout d'un dessin technique suivant une échelle donnée. Autrement dit, il n'est pas nécessaire de disposer de savoir-faire particulier – sinon de savoir jouer à la bataille navale – pour restituer un tableau d'assemblage.

Collection

On l'a évoqué plus haut, il est toujours utile de confronter les tableaux d'assemblage aux collections des feuilles correspondantes. Plus la collection est complète, plus le risque d'omettre le périmètre d'une feuille de format particulier est faible. Cette confrontation permet de transformer une grille de découpage – un quadrillage théorique – en un véritable tableau d'assemblage qui rend compte des feuilles de format particulier. Cependant, pour peu qu'une série ait été en service pendant quelques décennies, les collections sont le plus souvent incomplètes. L'expérience de *CartoMundi* montre que la plus grande part des collections présente des manques. Cela, dans les cartothonèques des établissements producteurs comme dans les bibliothèques nationales qui bénéficient d'une procédure de dépôt légal. Dans ce contexte, il est fréquent que l'on ne dispose pas de feuilles pour certaines cases du tableau d'assemblage d'une série mais que ces feuilles soient attestées par des informations complémentaires telles qu'une mention marginale ou bien par le fait que les séries ne comportent en général pas de "trous" (sauf si la zone correspond à un espace maritime ou lacustre). Dans cette situation, on évite de produire un tableau d'assemblage partiel et on le complète dans la mesure du possible avec les polygones correspondant aux

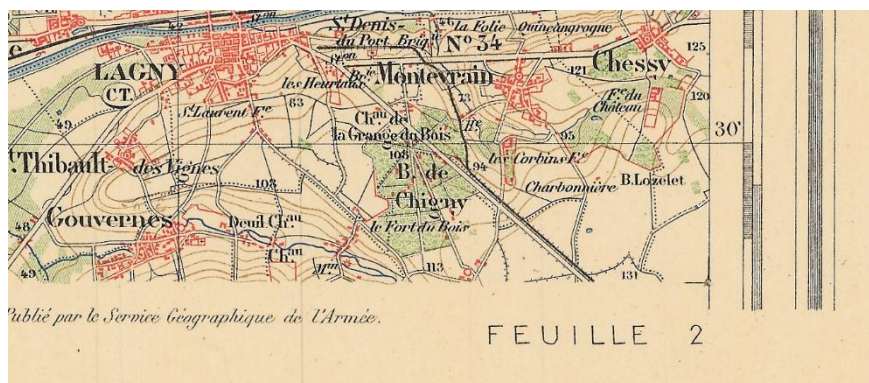


Figure 33. Lorsque la carte est composée comme une monographie en plusieurs feuilles, la nature des bordures – cadre plus ou moins enluminé / simple trait de coupe – est un bon indicateur pour la restitution du tableau d'assemblage. Dans ce cas, la bordure de droite correspond à un bord de la carte. Au contraire, en bas, l'absence de trait de limite indique qu'elle se prolonge vers le sud par une autre feuille. Série : *Environs de Paris*, 1:80 000 ; feuille *Environs de Paris N.E.*, Paris, Service géographique de l'armée, 1909. Document IGN.

feuilles attestées mais manquantes dans la collection considérée²⁶. Pour mettre le catalogue en cohérence avec ce tableau, on introduit pour chaque feuille manquante une notice générique complétée par une note qui indique son statut.

Liste des feuilles

Quel que soit le mode de catalogage retenu, l'utilisation de tableaux d'assemblage géoréférencés met en relation la notice bibliographique de chaque feuille publiée avec un polygone qui en figure le périmètre. Un polygone peut correspondre à une ou à plusieurs feuilles publiées à des moments différents ou bien suivant des factures différentes. Pour établir cette relation, chaque polygone est identifié par un numéro (sans doublon au sein d'une série) et chaque notice bibliographique est qualifiée par le numéro du polygone correspondant. Il est souhaitable d'effectuer le catalogage des feuilles avant de construire le tableau d'assemblage géoréférencé dans la mesure où c'est au cours du catalogage que l'on identifie les feuilles de format particulier. La liste des feuilles, avec les identifiants des polygones, permet au géomaticien de vérifier la cohérence des données²⁷.

Système géodésique

On l'a évoqué plus haut, la surface terrestre est à peu près sphérique et les cartes sont planes. Une opération de projection permet de passer d'une géométrie à l'autre, de la sphère au plan. Il existe plusieurs modes de projection, ils présentent des propriétés différentes quant à la manière dont ils transforment les angles et les distances. Pour chaque carte, ce mode est choisi en fonction de l'étendue de la zone géographique à représenter, de l'échelle de réduction et surtout de l'objectif assigné au document. Ainsi, les cartes marines privilégient les projections dites *conformes* car elles conservent les angles tandis que pour les cartes topographiques, on préfère les projections dites *équivalentes* qui conservent les distances.

²⁶. Cette pratique se révèle à terme très avantageuse dans la mesure où le coût de construction d'un tableau d'assemblage est composé pour sa plus grande part d'une charge fixe, indépendante du nombre des polygones produits.

²⁷. Pour *CartoMundi* cet identifiant est en général composé de trois parties : 1. le numéro attribué à la série dans le cadre de *CartoMundi*, 2. le numéro de la feuille (en chiffres arabes, quelle que soit sa forme sur les documents), 3. un signe complémentaire pour les feuilles de format particulier lorsqu'il est nécessaire de distinguer les polygones correspondants.

Avant de dresser une carte, son auteur définit un mode de projection et les valeurs des variables nécessaires à la transformation de la sphéricité de la terre en une figuration plane. Ces variables sont : l'ellipsoïde de référence²⁸, son éventuel décentrement, le méridien d'origine et le système de coordonnées. Pour chaque carte ou chaque établissement producteur, l'ensemble de ces informations est regroupé sous l'expression « Système géodésique » que l'on désigne aussi *datum*. Jusqu'en 1972 les systèmes géodésiques étaient locaux, on en comptait au moins un par pays. Ainsi, en France, on utilisait le NTF (pour Nouvelle triangulation de la France) associé à la projection conforme de Lambert suivant laquelle le territoire métropolitain est partagé en trois zones²⁹. Depuis 1993, on utilise le RGF 93 (pour Réseau géodésique Français 1993) et le ED 50 (pour European Datum 1950). Aux USA, on a utilisé le NAD 27 (pour North American Datum 1927), puis le NAD 83... Depuis 1972, grâce aux mesures effectuées avec des satellites, on a déterminé des systèmes géodésiques mondiaux. Le plus ancien est désigné WGS 72 (pour World Geodetic System 1972), le plus récent et le plus répandu est actuellement le WGS 84.

Pour construire le tableau d'assemblage géoréférencé d'une série, il est préférable que le géomaticien connaisse le *datum* correspondant³⁰. Pour les cartes récentes, le système géodésique utilisé est le plus souvent indiqué directement sur les documents. Par contre, pour la production antérieure aux années 1940, c'est beaucoup plus rare. A ce moment-là, les systèmes géodésiques étaient plus divers et leurs modes de description sur les documents cartographiques étaient plus disparates (fig. 34). On note de nombreuses lacunes. Lorsque les feuilles ne comportent aucune indication relative au système géodésique, le nom de l'établissement producteur de la carte et sa date peuvent permettre au géomaticien de retrouver le système géodésique correspondant dans la mesure où chaque système local était exploité dans une zone géographique particulière, par un producteur particulier. Par ailleurs, les logiciels de SIG proposent de longues listes de systèmes géodésiques. Il existe aussi plusieurs bases de données en ligne, une des plus importantes est publiée par l'European Petroleum Survey Group – <http://www.epsg-registry.org/>. Ce groupe de travail a attribué un identifiant à chaque système géodésique de manière à faciliter les échanges entre les géomaticiens. Lorsqu'on enregistre un système géodésique, il est préférable de ne pas traduire les termes techniques et, dans la mesure où ces données sont parfois mises en forme de telle manière qu'il n'est pas aisé de les recopier sans ambiguïté, il est souhaitable d'en faire une photographie lorsque c'est possible.

On l'examinera, le système géodésique utilisé pour dresser une carte n'est pas toujours requis pour en construire un tableau d'assemblage géoréférencé. Par contre, il est nécessaire d'indiquer au géomaticien le nom du méridien d'origine des coordonnées géographiques pour les séries découpées suivant une grille de méridiens et de parallèles. Actuellement, la plupart des latitudes indiquées sur les cartes ont pour origine le méridien de Greenwich. Cela n'a pas toujours été le cas, la liste des méridiens utilisés comme origine reste à dresser. De manière générale chaque méridien porte le nom de l'observatoire astronomique qui l'a déterminé. Par exemple : Greenwich, Paris, Roma (Monte-Mario), Saint Petersburg (Pulkovo). Pour sa part, le méridien désigné *Ile de Fer* ou *Ferro* a été déterminé par convention à 20° à l'ouest du méridien de Paris.

²⁸. L'ellipsoïde est la modélisation, sous la forme d'une section d'ellipse, de la courbure de la terre le long d'un méridien.

²⁹. Une quatrième zone a été créée pour la Corse en 1948. *Table de la projection... 1948*.

³⁰. Dans la mesure où on admet certaines imprécisions, le *datum* n'est pas toujours requis. Il l'est d'autant moins que l'échelle du document est plus petite.

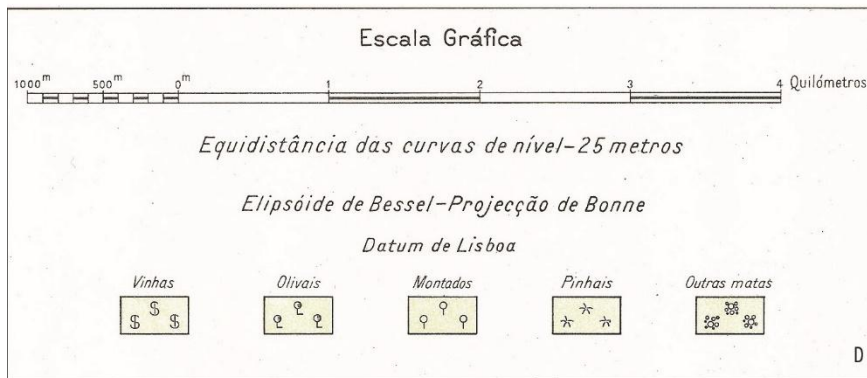
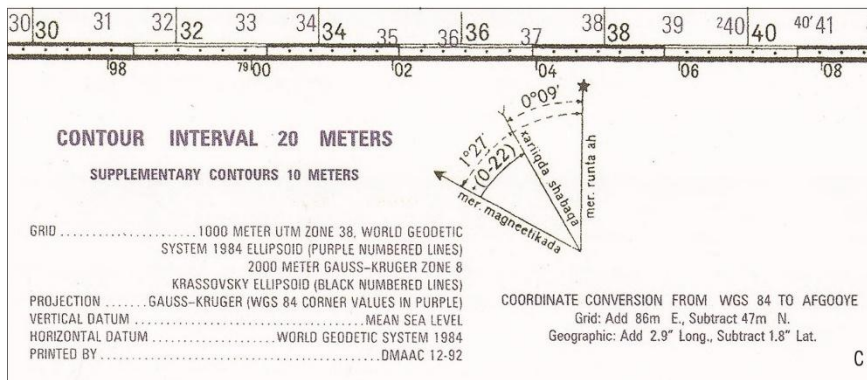
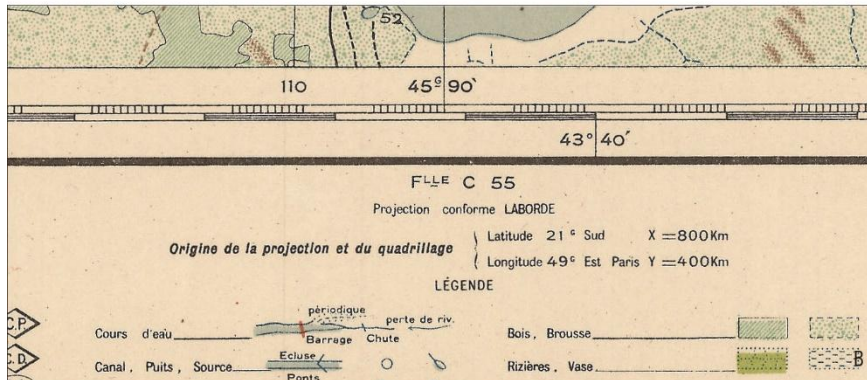
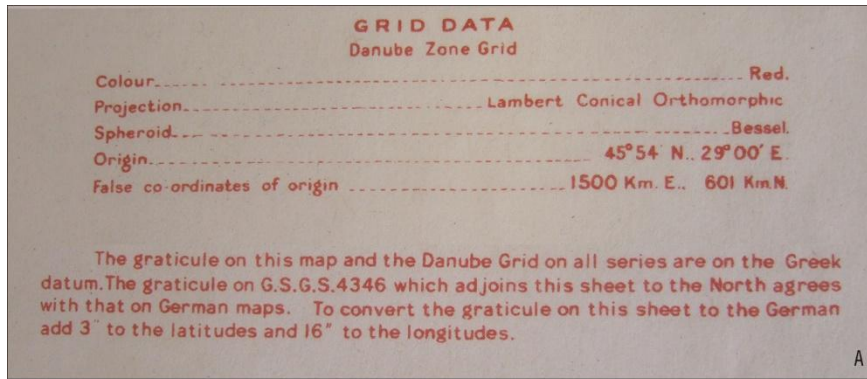


Figure 34. Systèmes géodésiques. Exemples d'indication sur les feuilles des cartes du système géodésique utilisé. A. Carte topographique de Roumanie, 1:250 000, édition anglaise, 1943-1950, 14 feuilles ; B. Carte de topographique de Madagascar, 1:100 000, édition française, 1927-1943, 478 feuilles ; C. Carte topographique de Somalie, 1:100 000, édition américaine, 1975-1993, 115 feuilles ; D. Carte topographique du Portugal, 1:50 000, édition portugaise, 1962-1993, 173 feuilles.

Lorsque le nom du méridien d'origine n'est pas précisé sur les documents, on détermine un point de repère identifiable à la fois sur une feuille de la carte et sur un planisphère en ligne (Géoportail, Google Earth...) ou bien un atlas et on compare sa longitude indiquée par le planisphère avec celle calculée à partir de la carte pour déduire la position du méridien d'origine. En cas d'incertitude, il est souhaitable de faire cette opération à partir de plusieurs points et d'en confronter les résultats.

Coordonnées des angles des feuilles

Dans plusieurs cas, les coordonnées géographiques des angles des feuilles sont nécessaires pour la construction du tableau d'assemblage géoréférencé. On distingue trois cas. Soit les coordonnées sont indiquées directement sur les feuilles, soit il est possible de les calculer à partir des échelles marginales, soit enfin, les coordonnées des angles ne sont pas disponibles.

Collecter les données

Après avoir effectué le bilan des informations disponibles sur la base des cinq catégories listées ci-dessus, le carto-thécaire aborde la dernière phase du travail qui lui incombe : la collecte des données.

Plus la documentation est abondante, plus les modes de construction envisageables pour le tableau d'assemblage géoréférencé sont nombreux. On retiendra celui qui mobilise le moins de moyens tout en produisant un résultat acceptable pour l'utilisation qui doit en être faite. En effet, toutes les méthodes ne donnent pas des résultats d'une précision semblable. Par exemple, pour tracer les méridiens et les parallèles sur une carte, les cartographes tiennent compte des déformations engendrées par l'aplatissement de la terre aux pôles. Ainsi, chaque carte est construite sur la base d'une modélisation de cette déformation, on la désigne ellipsoïde. En fonction de la région du monde considérée et de son étendue, cet ellipsoïde varie³¹. Pour construire un tableau d'assemblage, on doit en toute rigueur tenir compte de l'ellipsoïde qui a présidé à la construction de la carte. Or, l'exploitation de cette information – pas toujours disponible –, a pour effet de compliquer le processus. Au contraire, si on choisit de ne pas tenir compte de l'ellipsoïde, il n'est pas nécessaire de faire appel à un géomaticien pour les séries dont les limites suivent une grille de méridiens et de parallèles. Ainsi, plusieurs générateurs, disponibles en ligne, permettent de produire des polygones sans formation particulière³². La précision obtenue n'est cependant pas la même. Le générateur donne lieu à une erreur absolue qui peut varier de quelques secondes en longitude et en latitude. Mais ces valeurs constituent une erreur dont l'impact effectif varie en fonction de l'échelle des cartes. Ainsi par exemple, une erreur de 5 secondes correspond à 150 mètres sur le terrain dans le sens Nord sud et à une valeur d'autant plus faible que l'on se rapproche des pôles dans le sens Est-ouest. Sur la carte, cette distance est figurée par 6 millimètres à l'échelle 1:25 000, 3 millimètres au 1:50 000 et seulement 1,5 millimètre au 1:100 000. Pour sa part, l'épaisseur des traits qui figurent les limites entre les feuilles sur les tableaux d'assemblage imprimés correspond le plus souvent à des valeurs sur le terrain bien supérieures à cette erreur. Ainsi par exemple, sur les tableaux d'assemblage partiels imprimés au dos de chaque feuille de la carte de France au

³¹. Pour une liste non exhaustive, voir : https://en.wikipedia.org/wiki/Earth_ellipsoid.

³². Le générateur de tableaux d'assemblage de *CartoMundi*, dont l'utilisation est réservée aux partenaires du programme, et l'outil de production de *bounding box* proposé par Klokan Technologies en constituent deux exemples.

1:25 000 (série Bleue), l'épaisseur des lignes qui séparent les feuilles correspond à une distance d'environ 400 mètres sur le terrain. Pour la carte de France à l'échelle 1:100 000 (série *Top100*), cette valeur passe à environ 1500 mètres.

Par ailleurs, le choix du mode de construction détermine la nature et le type des données qui doivent être collectées. On distingue donc plusieurs cas. Ils sont exposés par complexité croissante. De manière à économiser les ressources, pour la collecte des données et pour le travail du géomaticien, on sélectionne de préférence le premier mode de construction qu'il est possible de mettre en œuvre.

1. Découpage régulier appuyé sur une grille de coordonnées géographiques documentée

Dans ce cas, on fournit au géomaticien :

- Un tableau d'assemblage qui indique les coordonnées géographiques de chaque ligne de partage entre les feuilles et l'identifiant de chaque case.
- Le méridien d'origine.
- Si la carte est à grande échelle – supérieure au 1:50 000 –, il est préférable de fournir aussi le système géodésique.

Dans cette situation, qui correspond à peu près à la moitié de la production cartographique en séries, on peut utiliser le générateur de *CartoMundi*.

2. Découpage régulier appuyé sur une grille de coordonnées linéaires documentée

Dans ce cas, on fournit au géomaticien :

- Un tableau d'assemblage qui indique les coordonnées linéaires de chaque ligne de partage entre les feuilles et l'identifiant de chaque case (fig. 35).
- Le système géodésique ou bien, à défaut, le nom de l'éditeur, la période de production et la région du monde couverte par le document. Si ces informations ne permettent pas de définir le système géodésique, on adopte un des modes suivants.

3. Découpage régulier suivant une grille non identifiée ou non documentée

Dans ce cas, le tableau d'assemblage géoréférencé est construit de manière graphique. Le géomaticien travaille à partir d'un tableau d'assemblage en format image qui comporte des points de repère. Il procède par déformation – *rubber sheeting* – de cette image. La position des points de repère n'est pas sans incidence sur la qualité du résultat obtenu. Pour optimiser le rôle de chaque point, il est souhaitable de suivre deux règles simples. Tout d'abord, il est préférable de disposer la plus grande part des points à proximité des bords de la zone à géoréférencer. Par ailleurs, les points doivent être répartis de la manière la plus homogène possible. Des points voisins ne sont pas utiles, on retient seulement celui dont le repérage est le plus sûr. Ces règles ne sont pas toujours faciles à mettre en œuvre, en particulier pour les cartes anciennes, dans les zones peu habitées – steppes et déserts –, dans les régions dont la toponymie a été fortement modifiée – dans les Balkans par exemple – ou encore dans les environs des grands aménagements hydrauliques. Au moins quatre points de repère sont nécessaires pour restituer un petit tableau. Ce nombre peut être suffisant si les points de repère sont situés à proximité des angles du tableau et s'il ne présente pas de fortes distorsions. De manière générale on préférera au moins six points, voire plus. On augmentera leur nombre pour les tableaux qui présentent des configurations particulières – allongée, en forme de L ou de U... et lorsqu'on ne dispose pas de points le long des limites du tableau. Cependant, il est rarement utile de sélectionner plus d'une vingtaine de points. La liste qui suit envisage différentes possibilités en fonction des informations disponibles.

3.1. On dispose d'un tableau d'assemblage imprimé qui comporte un graticule de coordonnées géographiques (fig. 36). Les intersections des lignes constituent les points de

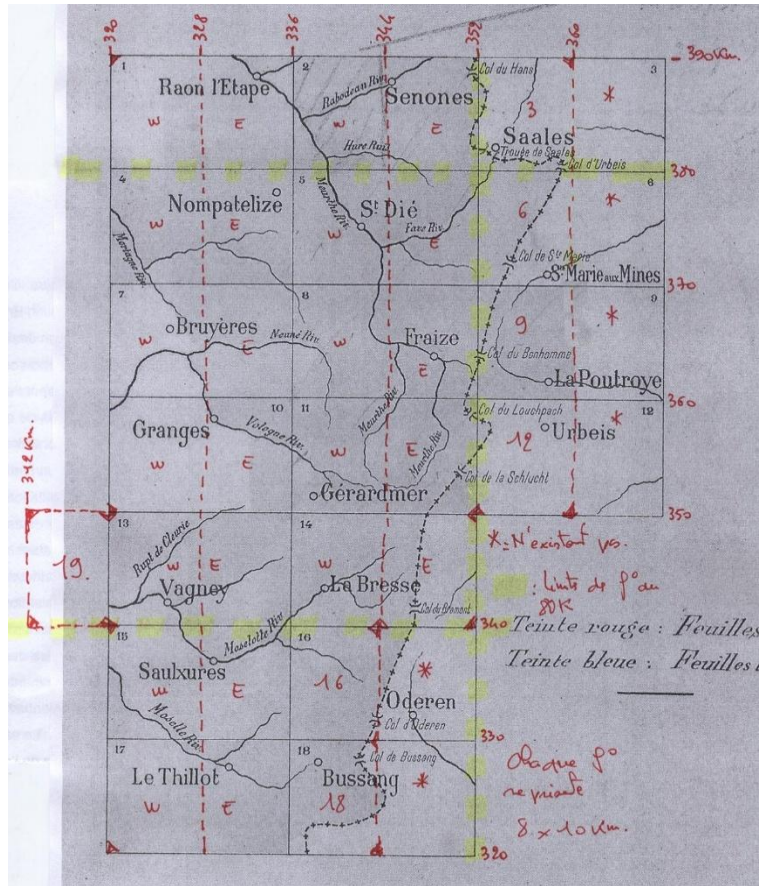


Figure 35. Surcharge manuscrite sur un tableau d'assemblage imprimé. Cet exemple montre le décalage qui, peut exister entre un tableau imprimé et les documents effectivement publiés. Dans ce cas, les feuilles figurées sur le tableau sont d'un format double de celles qui ont été imprimées. Sept feuilles situées à l'est de la série n'ont jamais été publiées tandis qu'à l'ouest, on a ajouté la feuille n° 19. Tableau d'assemblage de la carte topographique des Vosges par Darney, 1909, 23 feuilles. Manuscrit de l'auteur sur fond de document IGN.

repère. Pour exploiter ces points, le tableau doit comporter au moins deux lignes de méridiens et autant de parallèles. On fournit au géomaticien une image brute du tableau d'assemblage, avec l'identifiant de chaque case, et l'indication du méridien d'origine.

3.2. On dispose d'un tableau d'assemblage imprimé qui figure des points de repère (fig. 37). La nature de ces points varie en fonction de l'échelle des documents. A petite échelle, ce sont plutôt des villes, à échelle moyenne, des petites agglomérations, voire des villages et à grande échelle, des places, des carrefours ou encore des angles d'édifices remarquables. Dans ce cas, on fournit au géomaticien :

- Une image du tableau d'assemblage avec l'identifiant de chaque case et une numérotation des points de repère sélectionnés.
- Une liste des coordonnées géographiques des points de repère. Cette liste est composée avec un tableur, en neuf colonnes : numéro du point de repère, les 4 colonnes suivantes sont utilisées pour indiquer la latitude (degrés, minutes, secondes – hexadécimales – et hémisphère – N ou S), les 4 dernières colonnes permettent d'enregistrer la longitude suivant le même principe. On utilise toujours des valeurs positives et on indique E(st) ou O(est) à partir du méridien de Greenwich. Pour définir ces valeurs, les *gazetteers* et autres listes de référence utilisés autrefois par les bibliothécaires sont devenus désuets. On préférera exploiter Google Earth, dont les imprécisions n'ont pas d'incidence importante pour un

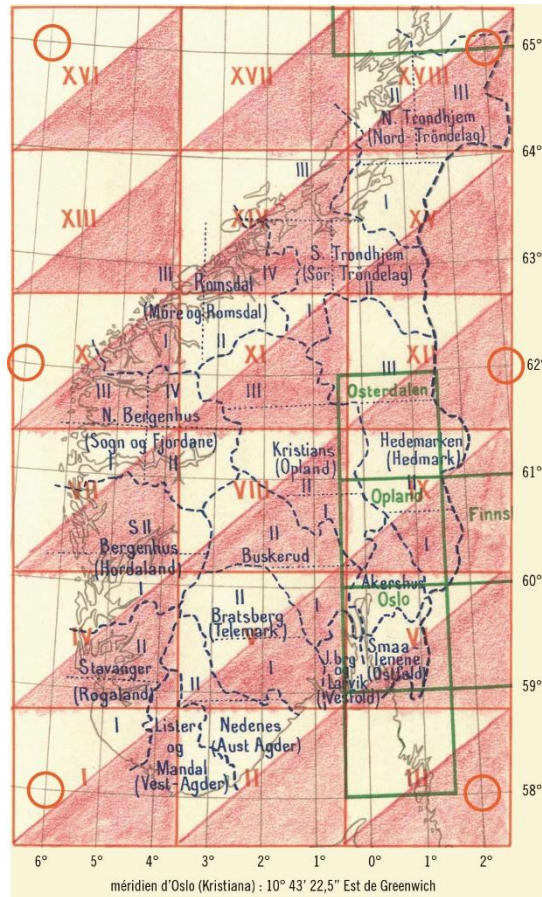


Figure 36. Les intersections du graticule comme points de repère. Ces intersections constituent des points de repère qui servent de base à la construction du tableau d'assemblage géoréférencé. Dans ce cas, on a retenu six points de repère. Tableau d'assemblage de la carte topographique de la Norvège, 1:400 000, édition norvégienne, 1868-1929, 18 feuilles. Document IGN.



Figure 37. Les villes comme points de repère. Ce tableau d'assemblage indique la position d'au moins une ville par feuille (ou presque) c'est amplement suffisant pour permettre de sélectionner les points de repère nécessaires à son géoréférencement. Extrait du tableau d'assemblage de la carte topographique du Wurtemberg, 1:500 000, 1821-1844, 55 feuilles. Document IGN.

tableau d'assemblage. Les coordonnées seront indiquées avec d'autant plus de précision que l'échelle de la série sera grande. Sachant qu'une seconde de degré ne représente jamais plus de 30 mètres sur le terrain, on arrondit les coordonnées à 5 secondes près pour les cartes au 1:10 000, à une demi-minute (30 secondes) au 1:50 000, une minute près au 1:100 000, etc. Autrement dit, pour la plus grande part des séries, les coordonnées des points de repère sont indiquées à la minute près.

Si on utilise effectivement Google Earth pour définir les coordonnées des points, on peut remplacer la liste par un fichier construit directement à partir de ce service en ligne. Les points définis sur le planisphère sont exportés dans un fichier au format KML ou bien KMZ qui est directement exploitable par le géomaticien. Cette formule présente l'avantage d'être plus rapide à mettre en œuvre que la liste, par ailleurs, elle génère moins d'erreur dans la mesure où il n'est pas nécessaire de recopier les coordonnées.

3.3. Les documents permettent de définir les coordonnées des angles des feuilles.

Pour certaines séries, les feuilles sont encadrées par des échelles de coordonnées. Lorsqu'elles correspondent à une grille de méridiens et de parallèles, c'est-à-dire lorsqu'elles sont exprimées en valeur angulaires, elles permettent d'évaluer les coordonnées géographiques des angles des feuilles (fig. 38). Dans ce cas, on utilise ces angles comme des points de repère. Lorsque les feuilles portent un graticule sans échelle marginale correspondante, on peut évaluer les coordonnées des angles en faisant des règles de trois. Cette méthode est longue et assez fastidieuse à mettre en œuvre. Par ailleurs, le fait que les coordonnées géographiques soient exprimées en unités multiples de 60 constitue une importante source d'erreurs.

Dans ce cas, on fournit au géomaticien :

- Une image du tableau d'assemblage, avec l'identifiant de chaque case, et la numérotation des angles de feuilles sélectionnés comme points de repère (fig. 39).
- Une liste des coordonnées géographiques correspondantes. Cette liste est composée sur neuf colonnes comme indiqué au point 3.2. Les valeurs sont indiquées dans l'unité et suivant le méridien d'origine utilisé dans le document source.
- L'indication du méridien d'origine des longitudes et, si c'est nécessaire, l'unité d'expression des coordonnées.

3.4. On ne dispose pas de tableau d'assemblage imprimé (ou bien celui-ci ne comporte ni graticule, ni point de repère exploitable), les feuilles ne portent pas de coordonnées géographiques. Dans cette situation, le spectre des modes de restitution envisageables est assez réduit. Il est toujours possible de procéder à une restitution feuille à feuille à partir de leurs reproductions numériques (point 5, plus bas). On préfère cependant retenir une méthode moins coûteuse qui consiste à dessiner une réduction de l'ensemble de la série. Au contraire des tableaux présentés plus haut et dessinés à la main suivant des proportions approximatives, la réduction dont il est question ici doit être proportionnelle au document original. Ainsi, cette méthode nécessite quelques compétences en dessin – à la main ou bien avec un logiciel de dessin assisté par ordinateur (fig. 40). On commence par mesurer le format utile d'une feuille normale³³. Sur cette base, on dessine le tableau d'assemblage de la série suivant une échelle de réduction choisie entre 1:20 et 1:50. Dans un second

³³. Cette méthode serait un peu compliquée à mettre en œuvre avec une série dont les feuilles sont de forme trapézoïdale. Cependant, dans la mesure où les feuilles de cette forme résultent en général d'un découpage qui suit une grille de méridiens et de parallèles, le cas ne se présente pas.

temps, on sélectionne des points de repère sur les feuilles en s'assurant que l'on dispose par ailleurs des moyens d'en définir les coordonnées géographiques. Lorsque les feuilles

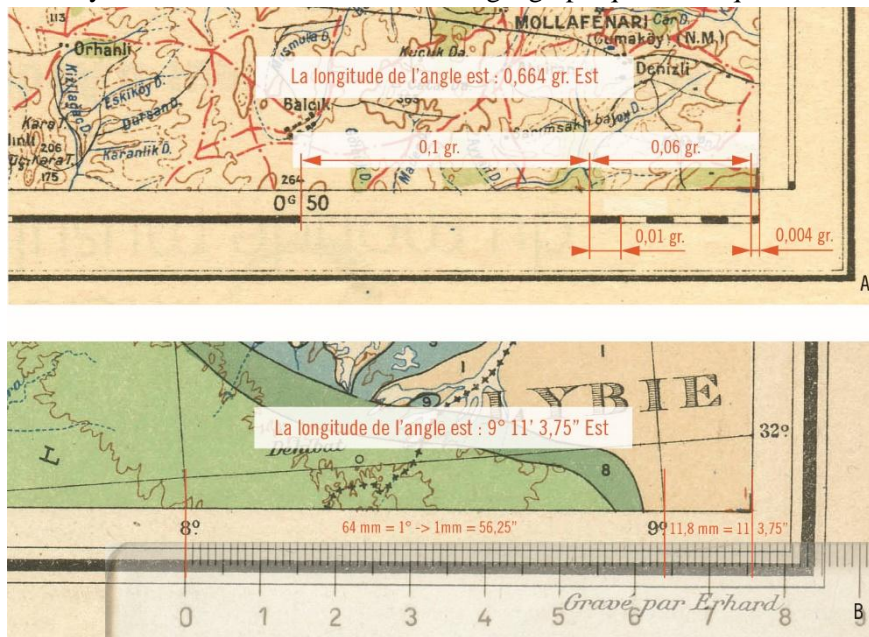


Figure 38. Calcul des coordonnées des angles des feuilles. Lorsque les cadres des feuilles ne portent pas d'échelle (B), le calcul des coordonnées des angles est assez fastidieux. Surcharges de l'auteur sur fond de documents IGN.

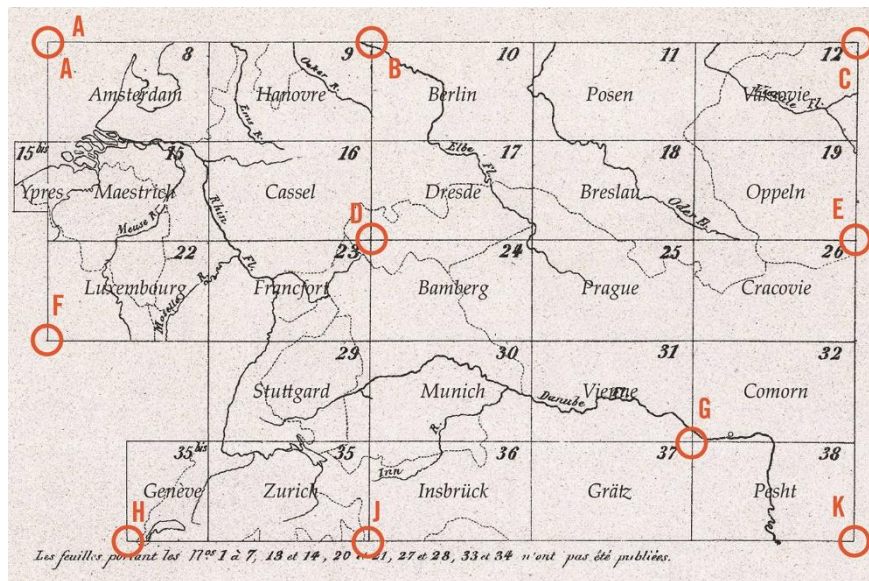


Figure 39. Les angles des feuilles comme points de repère. Pour ce tableau, dix points suffisent pour un géoréférencement satisfaisant. Tableau d'assemblage de la carte d'Europe centrale, 1:320 000, Paris, Dépôt de la guerre, 1866-1883, 25 feuilles. Dessin de l'auteur sur fonds de document IGN.

figurent un graticule, les croisées des lignes constituent les points de repère les plus faciles à exploiter dans la mesure où leurs coordonnées sont indiquées par le document lui-même. Toujours suivant la même échelle de réduction, on reporte la position de ces points sur le tableau d'assemblage dessiné. On obtient ainsi un tableau d'assemblage doté de points de repères qui permettent de mettre en œuvre la méthode 3.2. exposée plus haut.

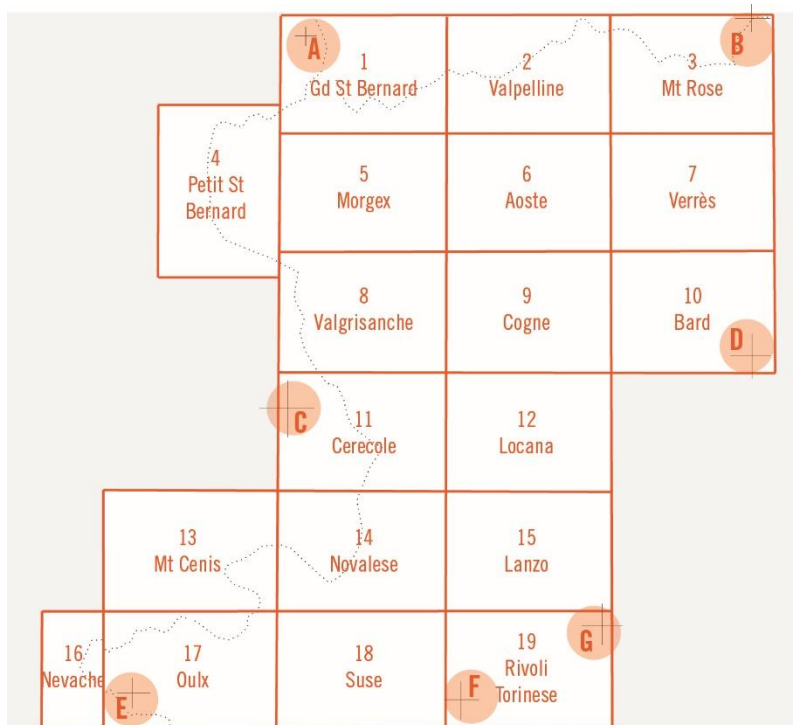


Fig. 40. Tableau de taille proportionnelle aux documents publiés. Dans ce tableau, produit avec un logiciel de dessin assisté, la taille de chaque case est proportionnelle à celle de la feuille correspondante. Les points A à E renvoient à une liste de coordonnées. La frontière a été tracée à partir des versions numériques des feuilles. Extrait du tableau d'assemblage de la carte des Alpes italiennes, 1:80 000, édition française, sans lieu ni nom, vers 1900, 40 feuilles. Dessin de l'auteur.

4. Feuilles de forme polygonale

Les tableaux d'assemblage composés de feuilles de forme polygonale sont restitués feuille à feuille. En fonction de la documentation disponible et de la nature des limites entre les feuilles, on distingue trois possibilités. Elles sont classées par complexité croissante, on sélectionne la première qu'il est possible de mettre en œuvre.

4.1. Les limites entre les feuilles sont celles d'unités administratives en service. Dans ce cas, il est très probable que les polygones correspondants soient disponibles gratuitement en ligne. Il existe en effet de nombreuses bases de données en accès libre dans lesquelles on trouve les limites des principales unités administratives de chaque pays et des arrondissements des plus grandes villes. On fournit au géomaticien une liste des unités et des identifiants correspondants. Pour la France, on dispose d'identifiants INSEE pour chaque unité du découpage administratif : arrondissements, commune, canton, département, région. Pour les pays de l'union européenne, la nomenclature des unités territoriales statistiques NUTS, qui recoupe fortement les découpages administratifs nationaux, constitue aussi une importante source d'identifiants.

4.2. On dispose d'un tableau d'assemblage (imprimé, produit avec un logiciel de dessin ou manuscrit) qui comporte suffisamment de points de repère. On procède comme indiqué plus haut au point 3.2. Dans ce cas, la restitution n'est pas effectuée feuille à feuille mais l'ensemble du tableau est traité en une seule opération. Pour les plans très détaillés, cette méthode donne des résultats d'autant plus approximatifs que le document source est lui-même approximatif. C'est assez souvent le cas. Dans cette situation, on peut multiplier les

points de repère ou bien demander au géomaticien de procéder à des ajustements à vue sur la base d'un fond de plan.

4.3. On ne dispose pas de tableau d'assemblage et les bords des feuilles suivent des limites telles que des rues, des routes ou des cours d'eau. On restitue alors le tableau sur la base d'un fond de carte qui comporte le tracé des rues et des routes en question et les informations nécessaires à son géoréférencement. Cette méthode est toujours assez chronophage, elle l'est d'autant plus que les documents sources sont plus anciens, mais il n'est pas nécessaire de disposer de fortes compétences en dessin pour la mettre en œuvre. On peut dessiner à la main, directement sur la reproduction d'un fond de carte, ou bien sur un calque. Le résultat obtenu de cette manière est ensuite transmis au géomaticien. On préférera cependant exploiter les outils de dessin de polygones proposés en ligne par Google maps. Ils sont faciles à mettre en œuvre et on peut en maîtriser rapidement les fonctionnalités. Même si on pourrait souhaiter quelques fonctionnalités complémentaires, ce service présente l'intérêt d'exporter les polygones dessinés dans un format géoréférencé – KML ou bien KMZ – qu'un géomaticien récupère facilement. Si le traçage des lignes de partage entre les feuilles nécessite l'utilisation de coordonnées géographiques – indisponibles sur Google maps –, on utilisera Google earth et son outil de tracé d'itinéraires, moins performant que l'outil de dessin de polygones de Google maps. Cette méthode peut aussi être utilisée pour tracer à vue des tableaux de quelques feuilles, quelle que soit leur géométrie, en milieu urbain en particulier.

5. *Restitution feuille à feuille*

Si on dispose d'une version numérique (raster) de chaque feuille, on peut aussi restituer son périmètre par une opération désignée géoréférencement et construire le tableau d'assemblage par compilation des différents périmètres ainsi obtenus. Cette méthode présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre dans la mesure où elle ne fait pas appel à des documents ou des informations autres que la collection des feuilles *stricto sensu*. Par ailleurs, elle est applicable quel que soit le mode de découpage. Mais elle est bien plus lourde et coûteuse que le traitement global de chaque tableau d'assemblage. Alors qu'il faut au moins trois points de repère par feuille en cas de traitement individuel, on peut géoréférencer un petit tableau avec seulement six points de repère. Si on souhaite plus de précision, on en utilise rarement plus de vingt. Par ailleurs, l'impression de plus grande précision qui peut résulter du géoréférencement feuille à feuille est une illusion dans la mesure où, *in fine*, les limites entre les feuilles sont tracées par approximation entre les limites particulières de chaque feuille. Autrement dit, sauf lorsque l'on souhaite effectuer un assemblage – une mosaïque – des reproductions, comme c'est le cas par exemple pour les cartes anciennes publiées en ligne à travers le géoportail, cette dernière méthode n'est pas recommandée.

Construire le tableau d'assemblage géoréférencé

Cette étape correspond au travail du géomaticien. Les fichiers qu'il est chargé de produire sont des fichiers de forme qui décrivent des unités spatiales de type *polygone* ou *multi-polygone*³⁴. Cette catégorie d'unité spatiale présente l'avantage de prendre en charge

³⁴. Un *multi-polygone* est une entité – un seul enregistrement – composée de plusieurs polygones non contigus. Cette forme est utilisée par exemple pour rendre compte d'un carton représentant une île éloignée du rivage.

tous les documents cartographiques, quel que soit leur mode de découpage ou le périmètre des feuilles. Certaines applications – *Old map online* par exemple – exploitent un autre type d'unité spatiale – les *bounding box*. Ces unités correspondent à des portions de la sphère terrestre délimitées par une grille de méridiens et de parallèles. Chaque *bounding box* est décrite par les coordonnées géographiques de deux points – angle Nord-ouest et angle Sud-est – seulement. Ces unités sont faciles à produire et leur prix de revient est très inférieur à celui des polygones mais elles sont incapables de décrire les documents découpés suivant une grille de mesure plane et ceux de forme polygonale. Par ailleurs, les *bounding box* ne sont pas toujours opératoires comme l'a montré D. R. Caldwell (2005).

Un outil précieux, les tableaux d'assemblage

On l'a compris, les tableaux d'assemblage sont au centre de la description des séries cartographiques. Ils constituent le principal instrument de liaison entre les deux niveaux de description des documents. Ce tableau est central car il offre une représentation de la série en deux dimensions, alors que les notices – de la série et des feuilles – composées de textes, sont unidimensionnelles.

Ces tableaux constituent une catégorie documentaire particulière dont il n'existe pas de correspondance dans le domaine des livres. Ils présentent l'intérêt sans équivalent de permettre de répondre aux questions des lecteurs exprimées le plus souvent sous la forme suivante : "Je recherche une carte de tel endroit". Documents médiateurs entre les lecteurs et les collections proprement dites, les tableaux d'assemblage sont des objets précieux. Même les plus sommaires, dessinés par un bibliothécaire au dos d'une fiche cartonnée, se révèlent souvent très utiles. Ces documents ne sont pas rares mais leur répartition entre les séries est très inégale, en particulier pour les documents anciens. D'un côté, ils sont abondants pour les grandes séries nationales. On en a identifié plus de 85 pour la carte de France à l'échelle 1:80 000, ils ont été publiés par le Dépôt de la guerre et les établissements qui lui ont succédé, principalement dans les catalogues des publications et les rapports annuels d'activité. D'un autre côté, la production considérée comme mineure, la cartographie coloniale, celle des périodes de guerre ou encore les cartes thématiques, sont bien moins documentées par des tableaux d'assemblage. Ces séries regroupent moins de feuilles que les premières mais elles sont d'autant plus importantes qu'elles sont souvent plus rares que les séries nationales.

Les principaux éditeurs de tableaux d'assemblage sont les éditeurs des séries correspondantes. Cependant, il en existe quelques compilations imprimées (Parry et Perkins 1987 ; Bôhme 1989-1991). Elles sont peu abondantes et elles constituent des références importantes même lorsqu'elles traitent seulement de la période contemporaine.

Dans les cartothesques, les tableaux d'assemblage sont le plus souvent conservés avec la collection des feuilles de la série correspondante. Dans la mesure où ils constituent des outils à usage interne, ils ne sont pas toujours l'objet d'un catalogage en bonne et due forme. Par ailleurs, les cartothesques ont du mal à trouver une place aux tableaux d'assemblage des séries pour lesquelles elles ne conservent pas de feuilles. Dans ce contexte, une opération de repérage et de catalogage systématique de ces documents constituerait un bon point de départ pour le traitement des séries cartographiques dont on a examiné l'abandon depuis plusieurs décennies. Une telle opération aurait d'autant plus d'impact qu'elle serait partagée entre un plus grand nombre d'établissements. On se

Dans le catalogue, la notice de cette feuille est liée à un multi-polygone qui regroupe son périmètre particulier avec celui de l'île en question.

féliciterait que la section de documentation du comité français de Cartographie et ses homologues européens, fédérés par le Groupe des carto-thécaires européens, rattaché à l'Association internationale de cartographie, décide de développer une telle opération.

Références

- Arnaud, J.-L. (2013). "Production of georeferenced data – use, cost and accuracy". *E-Perimtron International web journal on sciences and technologies affined to history of cartography and maps*, 8-2, p. 101-105. En ligne : http://www.e-perimtron.org/Vol_8_2/Arnaud.pdf.
- Arnaud, J.-L. (2014). "Cataloguer, rechercher des cartes. Le référencement géographique en question". *Documentaliste-Sciences de l'information*, 51-3, p. 69-79.
- Arnaud, J.-L. (2015a). "Organizing the Cartographic Series – New Technical and Conceptual Context". Chap. 12 de J. Yap, M. Perez, M. Ayson et G. Entico (dir.), *Special Library Administration Standardization and Technological Integration*, Hershey (Penn.), IGI Global, p. 260-297.
- Arnaud, J.-L. (2015b). "Eléments pour une définition des séries cartographiques". *Documentation et bibliothèques*, 61-4, p. 148-158.
- Bernard, A. (1998). "Sur l'abandon du catalogage à niveaux par la Bibliothèque Nationale". *Bulletin d'information – Association des bibliothécaires français*, 141, p. 26-27.
- Böhme, R. (1989-1991). *Inventory of World Topographic Mapping*, vol. 1 : *Western Europe, North America and Australasia* ; vol. 2 : *South America, Central America and Africa* ; vol. 3 : *Eastern Europe, Asia, Oceania and Antartica*. Londres et New York, Elsevier Applied Science.
- Caldwell, D. R. (2005). "Unlocking the Mysteries of the Bounding Box". *Coordinates, Series A*, 2. <http://www.stonybrook.edu/libmap/coordinates/seriesa/no2/a2.pdf>.
- Duchemin, P.-Y. (1992). "Les séries cartographiques". Chap. 3 de I. Dussert-Carbone (dir.), *Le catalogage : méthodes et pratiques, tome II*. Paris, Editions du cercle de la librairie, p. 231-513.
- Duchemin, P.-Y. (2003). "Les séries cartographiques". Chap. 4 de M.-R. Cazabon (dir.), *Le catalogage : méthodes et pratiques, tome II*. Paris, Editions du cercle de la librairie, p. 375-549.
- Liebenberg, E. (2014). "The « Major Jackson's Transvaal and Natal Series » of the Anglo-Boers War (1899-1902): A Cartobibliographic Framework". Dans E. Liebenberg, P. Colier et Z. G. Török (éd.), *History of Cartography, International Symposium of the ICA, 2012*. Heidelberg, Springer, p. 211-232.
- Parry, R. B., Perkins, C. R. (1987). *World Mapping Today*. Butterworths. Une seconde édition a été publiée par Saur, Munich, en 2000.
- Table de la projection système Lambert IV spécial à la Corse (nouvelle triangulation)*. Paris, Institut géographique national, 1948.