



## Chapitre 6. Du terrain aux vues d'avion

Jean-Luc Arnaud

### ► To cite this version:

Jean-Luc Arnaud. Chapitre 6. Du terrain aux vues d'avion. Jean-Luc Arnaud. La carte de France – Histoire et techniques, Parenthèses, pp.83-91, 2022, 978-2-86364-330-3. halshs-03687859

**HAL Id: halshs-03687859**

**<https://shs.hal.science/halshs-03687859>**

Submitted on 24 Oct 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



## Chapitre 6. Du terrain aux vues d'avion

Jean-Luc Arnaud, « Du terrain aux vues d'avion », chapitre 6 de  
*La carte de France, histoire et techniques*, Marseille,  
Parenthèses, 2022, p. 83-91.

Au milieu des années 1860, les levés nécessaires à l'établissement des cartes topographiques sont réalisés à vue, directement sur le terrain. Les géodésiens et les topographes se partagent la tâche, alors que les premiers calculent et mesurent plus qu'ils ne dessinent, les seconds effectuent une grande part de leur travail à l'estime et ils en rendent compte à travers des figurations graphiques. Les instruments dont ils disposent sont assez rudimentaires, il s'agit d'un trépied pour installer la planchette, de la planchette, support le dessin, d'une boussole ou bien d'un déclinatoire et d'une alidade nivelatrice. pour tracer les directions et mesurer la déclivité du terrain. De manière générale, les mesures de distance sont effectuées au pas étalonné. Ce moment correspond à l'achèvement du relevé initial de la carte d'état-major ; mais les premiers travaux de révision de cette carte ont montré qu'elle présentait d'importants défauts de précision<sup>1</sup>. C'est dans ce contexte que Charles-Moyse Goulier, ingénieur polytechnicien, inventeur de plusieurs instruments de topographie et professeur à l'école d'application du Génie de Metz, soutient le développement de nouveaux instruments et de nouvelles méthodes qui, soixante ans plus tard, donnent lieu à un renouvellement complet du métier de topographe<sup>2</sup>.

### *L'orographe de Franz Schrader*

Malgré le soin apporté à sa préparation, la carte d'état-major se révèle insuffisante dans les régions de montagne. Pour ces régions, les membres du club alpin français (CAF) effectuent des relevés complémentaires à ceux des officiers d'état-major. Mais, au début des années 1870, selon Franz Schrader, président de la section du CAF de Bordeaux et

<sup>1</sup> . Alors que les révisions devaient initialement porter sur les transformations provoquées par les activités humaines (extension de l'urbanisation, nouvelles voies de communication, défrichements...), les agents chargés de ces révisions consacrent une part importante de leurs travaux à la reprise et au calage de la planimétrie initiale, au moins jusqu'à la fin de la Première Guerre Mondiale. Voir [\[F1832\]](#).

<sup>2</sup> . David, Daniel, 2012, « Le colonel Goulier et la topographie des fortifications », *Revue historique des armées*, 268, p. 99-109.







a



b



b

### Cercles orographiques

L'orographe permet d'enregistrer chaque panorama sous la forme d'une table d'orientation miniature. – Cercles orographiques dressés par Franz Schrader en août 1888 dans les Pyrénées espagnoles. – a. depuis le Cap Cerbère. b. depuis le pic Padern (Andorre).

auteur de relevés topographiques détaillés dans les environs de Cauterets, il semble impossible de faire mieux que les officiers d'état-major en suivant les mêmes méthodes sous peine d'y consacrer de trop longues durées. Par ailleurs Schrader, qui n'est ni cartographe, ni topographe, se rend compte que le travail à l'estime peut donner des résultats assez variables. Il est convaincu que l'amélioration des relevés est soumise au renouvellement des méthodes et de l'instrumentation<sup>3</sup>. Fortement soutenu par Goulier, également membre du CAF, il développe alors un instrument de relevé graphique des panoramas dont le premier modèle est fabriqué en 1873.

<sup>3</sup>. Schrader, Franz, *Note sur l'orographe et sur la méthode graphique de levés employée dans les Pyrénées*, Paris, Georges Chamerot, 1885.

L'idée de Schrader trouve probablement son origine dans la règle à éclimètre mise au point par Goulier quelques années plus tôt. Cette règle, utilisée sur le terrain avec la planchette, est équipée d'une petite lunette montée sur un limbe gradué. Elle permet d'améliorer la visée de la règle et de mesurer la hauteur de l'angle vertical de chaque point. Avec cette règle, les opérateurs peuvent dresser des tours d'horizon en reportant directement sur la planchette l'azimut de chaque point visé sans qu'il soit nécessaire d'en mesurer l'angle. Par contre, l'opérateur doit relever l'angle vertical de chaque point avant de l'inscrire sur la ligne représentant l'azimut. Cette méthode est assez longue à mettre en œuvre et surtout, elle ne permet pas de relever tous les détails de la topographie. Schrader imagine un instrument capable de transcrire de manière graphique les deux angles en même temps. L'orographe est né, son principe de fonctionnement est assez simple. L'opérateur vise les lignes du paysage avec le réticule de la lunette. Les mouvements de la lunette, rotation autour d'un axe vertical pour l'azimut et rotation autour d'un axe horizontal pour les hauteurs, sont transmis de manière mécanique à un traceur qui dessine sur un cercle de papier, une sorte de table d'orientation miniature du panorama observé<sup>4</sup>.

Les dessins tracés à l'orographe sont bien plus que des images. Cet appareil ne constitue pas seulement une amélioration du moyen de relever les tours d'horizon, il permet aussi de procéder à une description complète du paysage dont aucun point ne résulte d'une estime de l'opérateur. Ainsi, comme l'indique une note manuscrite de Schrader sur un de ses cercles, « tous les points peuvent être mesurés car ils ont été relevés à l'orographe »<sup>5</sup>. Le résultat obtenu est moins précis qu'avec la règle à éclimètre ; pour compenser ce défaut, Schrader multiplie les stations et il calcule ensuite la position de chaque point en effectuant des moyennes.

Pour son inventeur, le dessin à l'orographe n'est pas une fin en soi, au contraire, il constitue la première étape d'un processus de mécanisation des relevés topographiques. Dans la conclusion d'une note publiée en 1885, il imagine, sans en développer de prototype, un instrument d'interprétation des cercles orographiques qui tracerait la carte « par une simple opération graphique », sans passer par les variations d'une intervention humaine<sup>6</sup>.

« Laissant au cerveau son rôle nécessaire, qui est de comprendre et de choisir, j'ai voulu confier à des organes mécaniques le soin de traduire directement ce que percevait l'œil, de transformer en une trace durable ce qui avait une fois passé devant lui, de fixer ainsi les mouvements du terrain par des signes qu'ils inscriraient eux-mêmes, afin que, plus tard, par une simple opération graphique, chaque élément de la surface du sol vint reprendre sur la carte la situation et les formes que la nature avait non seulement dictées, mais écrites.<sup>7</sup> »

Ces quelques lignes résument bien la pensée de Schrader, l'orographe n'est pas un instrument supplémentaire à la disposition des topographes, c'est le premier résultat concret d'un important projet de renouvellement des modes d'enregistrement de la connaissance topographique ; c'est le point de départ d'une nouvelle chaîne de traitement de l'information.

En ce sens, l'orographe est en phase avec les multiples tentatives du Dépôt de la guerre pour anonymiser les travaux de terrain. Mais alors que les responsables du Dépôt

---

<sup>4</sup> . Rodés, Michel, « La géographie et l'originalité de son apport », dans Saule-Sorbé, Hélène, *Franz Schrader 1844-1924 l'homme des paysages rares*, Pau, Pin à crochets, 1997, p. 119-135.

<sup>5</sup> . Note manuscrite sur le cercle relevé depuis le pic de Padern (Andorre) au mois d'août 1888, archives IGN.

<sup>6</sup> . C'est suivant le même objectif qu'à la fin du siècle, Schrader met au point un tachéographe. Son système mécanique permet de tracer directement la position de chaque point visé sur un bristol. Un mécanisme supplémentaire indique son altitude. Rodés, Michel, *op. cit.*, p. 137 sq.

<sup>7</sup> . Schrader, Franz, *Note sur l'orographe...*, *op. cit.*

tendent d'y parvenir, sans beaucoup de succès comme en témoigne la variété des résultats obtenus, en encadrant les travaux par la multiplication des instructions aux opérateurs sans en modifier les principes fondamentaux, Schrader propose une véritable révolution qui réduirait la part de l'intervention humaine à la faveur de la mécanisation. Mais, les instructions successives émises par le Dépôt de la guerre ont pour but d'encadrer l'ensemble des relevés, quelle que soit les particularités topographiques du terrain ; pour sa part, l'orographe est opératoire en montagne seulement. Il ne serait d'aucune utilité en terrain plat à moins de le placer en station sur des constructions artificielles comme on le fait pour les relevés géodésiques, ce qui ne semble pas avoir été envisagé. Cette restriction du champ d'utilisation de l'orographe est peut-être à l'origine de l'absence d'intérêt de la part des militaires qui préfèrent multiplier les expériences d'exploitation de photographies, terrestres dans un premier temps, aériennes ensuite. Ainsi, malgré les encouragements d'officiers importants comme en témoignent les multiples remerciements adressés par Schrader au colonel Prudent, responsable d'une carte au 1:500 000, au général Perrier, directeur du Service géographique de l'armée, et à Goulier, l'orographe semble avoir été très peu exploité pour le relevé effectués par l'Armée<sup>8</sup>.

Par ailleurs, Schrader n'est pas militaire et il est probable que l'Armée rencontre quelques réticences à engager une réforme de son mode de production sur la base d'une expertise d'origine civile. Les travaux de Schrader sont cependant soutenus à partir de 1879 par le ministère de l'Instruction publique. Ils sont publiés à travers plusieurs cartes dont celle de Prudent à l'échelle 1:500 000 [F1873] mais aussi, avec plus de détails, par l'auteur lui-même. Sa publication la plus importante figure les Pyrénées centrales à l'échelle 1:100 000, elle ne compte pas moins de six feuilles<sup>9</sup>.

Schrader préfère procéder par report graphique que par calcul, cette orientation semble en relation étroite avec la manière dont les cercles orographiques sont exploités pour dresser les minutes des cartes. Pour les géodésiens, les tours d'horizon constituent seulement un moyen de repérer les azimuts visés par des renvois à une liste des valeurs angulaires correspondantes. Au contraire, le colonel Ferdinand Prudent, qui coordonne et exploite les travaux de Schrader et de deux autres topographes amateurs<sup>10</sup> pour dresser une nouvelle carte des Pyrénées espagnoles, reporte les azimuts donnés par les cercles orographiques directement sur la minute de la carte sans effectuer le moindre calcul. Cette méthode permet de faire l'économie du traitement de données chiffrées et des erreurs qu'il est susceptible de générer. Les manuscrits de Prudent témoignent bien du processus mis en œuvre. Il positionne les cercles orographiques directement sur la minute, sur la base du canevas géodésique et il détermine la position des stations orographiques qui ne sont pas dans le canevas par recoupements. En ce sens, les relevés effectués à l'orographe ne sont

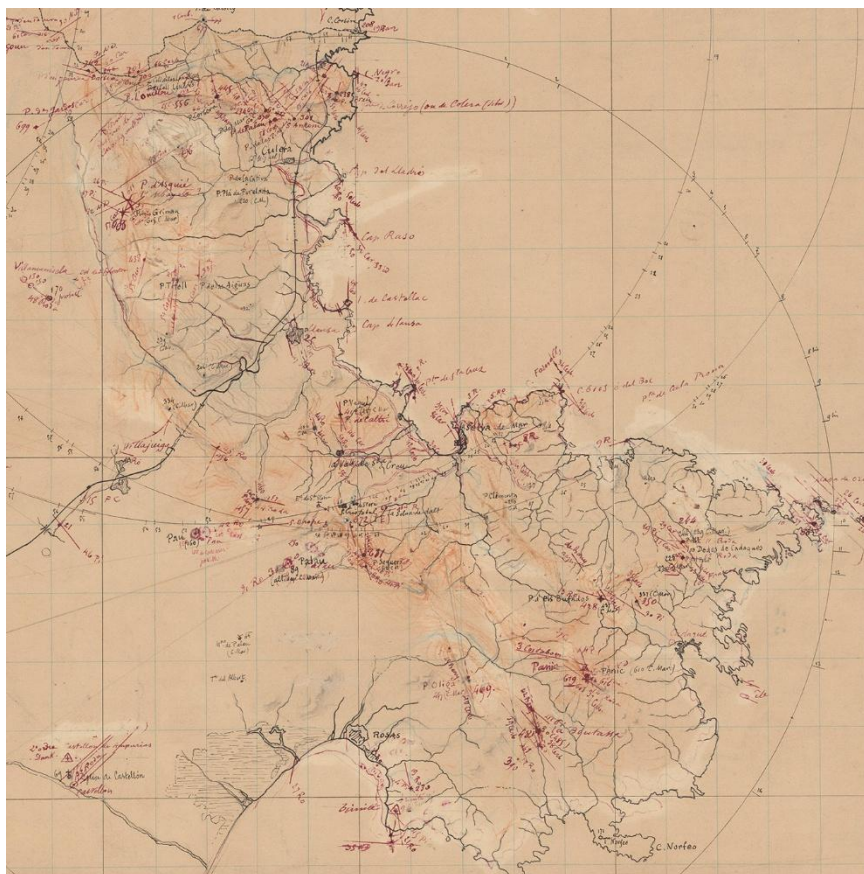
---

<sup>8</sup> . Les seules mentions d'utilisation de l'orographe par le Service géographique de l'armée datent de 1904 et 1905. A ce moment-là, on a utilisé « le procédé des perspectives (...) en s'aidant de l'orographe Schrader » pour le relevé de plusieurs glaciers inaccessibles du massif de la Vanoise. *Rapport pour 1904*, p. 15 ; *Rapport pour 1905*, p. 12. Par ailleurs, la galerie des instruments de l'IGN conserve un des rares exemplaires d'orographe (fabriqué par Balbreck). Pour sa part, le dossier des cercles orographiques conservé à la cartothèque de l'IGN a été constitué une vingtaine d'années après leur relevés, dans le cadre de la préparation d'une carte des Pyrénées à grande échelle, à partir de documents mis à la disposition du Service géographique de l'armée par le CAF. Maury, Léon, *L'oeuvre scientifique du club alpin français (1874-1922)*, Paris, Club alpin français, 1936, p. 312-324.

<sup>9</sup> . Schrader, Franz, *Pyrénées centrales*, Paris, Club alpin français, 1885.

<sup>10</sup> . Il s'agit du comte Aymard de Saut-Saud et de Paul Edouard Wallon. Maury, Léon, *op.cit.*, seconde partie.





#### Des cercles orographiques à la carte

Comme l'indique les multiples cercles tracés sur cette minute d'une carte des Pyrénées espagnoles, l'auteur a reporté directement les azimuts donnés par les cercles orographiques, sans effectuer le moindre calcul. – Extrait d'une feuille minute, intitulée *Cap de Ceus*, sans date. Selon L. Maury (*op. cit.*), elle aurait été dressée par Ferdinand Prudent.

pas sans liens avec les premières tentatives d'exploitation des photographies pour les relevés topographiques. Ce n'est pas un hasard si Aimé Laussedat, auteur des premières expériences en la matière, était aussi un proche de Goulier.

### L'exploitation des photographies, une longue période de maturation

Dès le début des années 1860, Aimé Laussedat, ingénieur polytechnicien et officier du Génie, restitue des vues perspectives sur la base de photographies. Il met au point la méthode désignée métrophotographie suivant laquelle il parvient à dresser le relevé topographique d'un village à partir de plusieurs clichés terrestres. A peu près au même moment, un architecte allemand, Albrecht Meydenbauer parvient à des résultats similaires qu'il applique au relevé de façades de monuments historiques. A la suite de ces deux précurseurs, plusieurs ingénieurs apportent des améliorations à leurs méthodes et fabriquent les instruments correspondants. Ainsi, en 1901, Carl Pulfrich met au point le premier appareil qui permet de prendre des mesures précises sur un couple de photographies. La stéréophotogrammétrie est née, mais son application à grande échelle demande plusieurs décennies de recherche.

Pendant la Première Guerre, les expériences d'utilisation des photographies aériennes pour dresser les cartes des zones ennemies laissent entrevoir les premières possibilités d'exploitation à grande échelle pour les relevés de cartes régulières. Ainsi, dès la fin de l'année 1918, le Service géographique de l'armée étudie ces possibilités avec d'autant plus d'intérêt que, de son côté, le Ministère des finances envisage une réfection du cadastre à partir de photos aériennes<sup>11</sup>.

On maîtrise déjà les techniques de redressement des images grâce à deux types d'appareils mis au point pendant la Guerre. Dans les deux cas, un tirage de la photo à restituer est fixé sur une plaque à rotule orientable suivant l'angle qui fait correspondre les points de l'image avec ceux d'un document de base comportant un cheminement topographique ou bien des points de repère<sup>12</sup>. Avec la chambre claire Vavon, l'opérateur décalque l'image redressée, avec la chambre obscure Roussilhe, l'image originale donne lieu à un nouveau cliché (en contact avec le dépoli utilisé pour le réglage de la plaque à rotule) callé sur le canevas de la carte en préparation.

Malgré la simplicité de ces dispositifs, les essais réalisés montrent dès le début des années vingt que la qualité des relevés au 1:10 000 obtenus à partir des photos est comparable à celle qui résulte de travaux de terrain<sup>13</sup>. Dans certaines situations, la photographie donne des résultats plus précis que les relevés directs, pour les zones de forte densité en particulier. Sur cette base, dès 1922, les topographes chargés des relevés initiaux de la carte au 1:50 000 mobilisent des photographies aériennes. Elles peuvent être utilisées directement sur le terrain pour aider au dessin de la planimétrie. Elles sont alors redressées à la chambre claire. Par ailleurs, pour les zones d'urbanisation dense, on utilise, en atelier ou bien sur le terrain, des images reproduites avec l'appareil Roussilhe et assemblées en mosaïque à l'échelle de la minute<sup>14</sup>. Jusqu'au milieu des années vingt, ces méthodes exploitent les images une par une pour dessiner la planimétrie ; pour sa part, le relief est relevé sur le terrain. Cependant, en haute montagne, on exploite des couples de photographies terrestres, prises depuis les plus hauts sommets, pour restituer les formes du terrain<sup>15</sup>. Chaque couple figure le même lieu photographié depuis deux points situés à la même altitude et dont l'espacement est mesuré avec précision. Il permet effectivement de restituer le modelé du terrain mais, quelle que soit l'altitude des prises de vue, elles laissent de nombreux angles morts qui nécessitent de multiplier les ascensions et le transport du matériel.

En même temps, l'idée d'adapter le principe utilisé en montagne avec des couples d'images, à des prises de vues aériennes, fait aussi son chemin. La transposition n'est pas simple ; alors qu'avec les photographies terrestres, la méthode de restitution est fondée sur la distance qui sépare les deux points de prise de vue, cette distance reste inconnue avec les photos aériennes<sup>16</sup>.

---

<sup>11</sup> . *Rapport pour 1924-1925*, p. 72.

<sup>12</sup> . Ces deux instruments ont été mis au point pendant la guerre. La chambre du capitaine Vavon, dont on a construit plus de 300 exemplaires, était très appréciée pour dresser les plans directeurs. *Rapport pour 1914-1919*, p. 158. Pour le mode de fonctionnement de ces appareils, voir *Le service géographique de l'armée. Son histoire, son organisation, ses travaux*, Paris, Ministère de la Défense nationale et de la Guerre, 1938, p. 157-158.

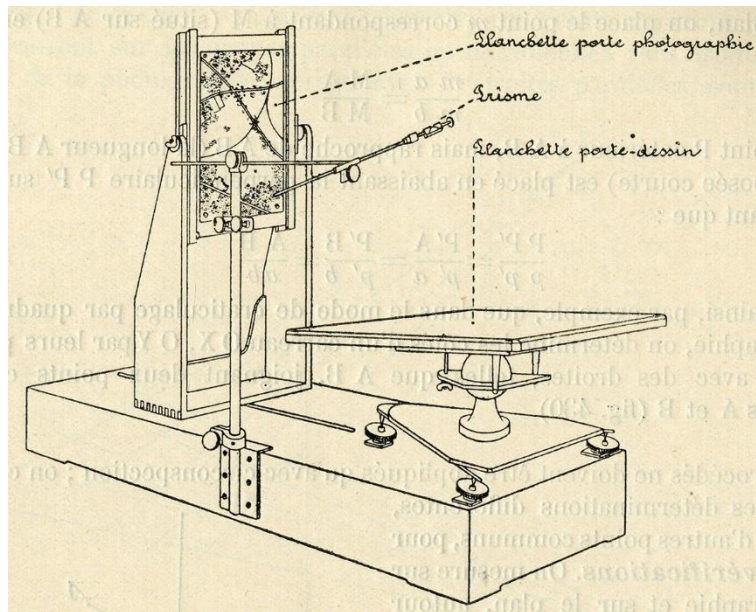
<sup>13</sup> . *Rapport pour 1924-1925*, p. 72-73.

<sup>14</sup> . *Rapport pour 1926-1927*, p. 23 et 126.

<sup>15</sup> . Il s'agit de photothéodolites stéréographiques, ils exploitent la méthode du stéréoautographe, inventé par l'autrichien Eduard von Orel en 1907.

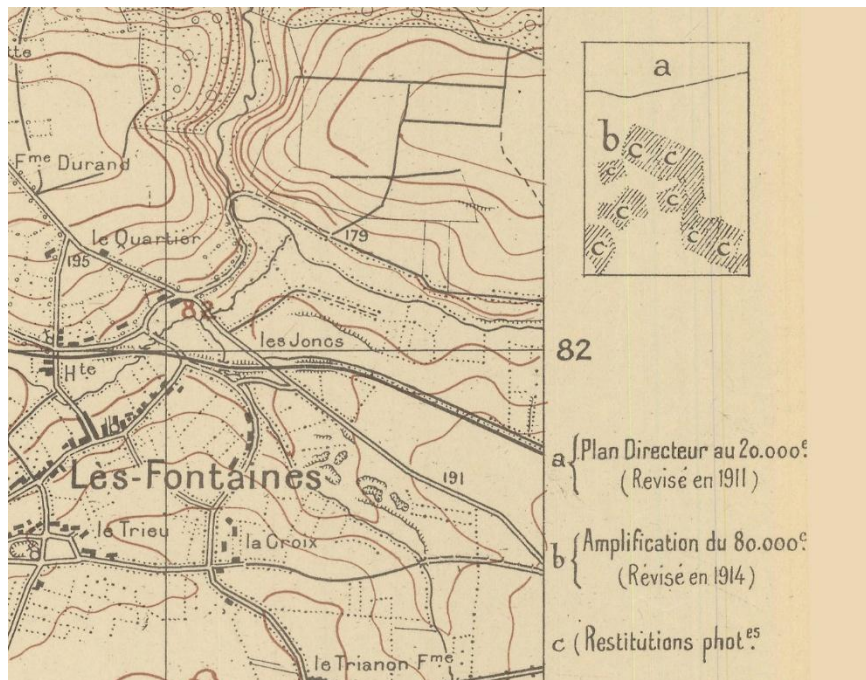
<sup>16</sup> . Pour les prémices de la photographie aérienne, voir Gervais, Thierry, « Un basculement du regard, les débuts de la photographie aérienne, 1855-1914 », *Études photographiques*, n° 9, mai 2001. Caillemer, André, *Topographie, photogrammétrie*, Paris, Institut français du pétrole, 1955, p. 193.





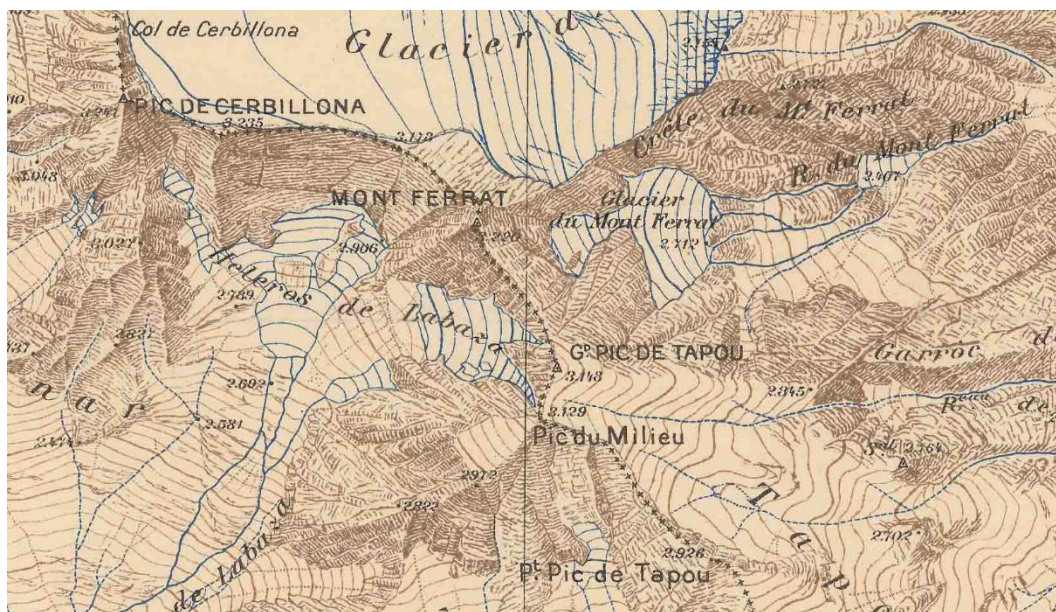
Chambre claire du capitaine Vavon

Un tirage de la photographie à restituer, placé verticalement sur un panneau orientable, est projeté sur la planchette porte-dessin par le prisme. En jouant sur la distance entre les deux, sur l'orientation du prisme et sur celui de la planchette, qui est montée sur une articulation sphérique, l'opérateur fait coïncider les points de repère du dessin avec les lieux correspondants sur la photographie. Il travaille par petites sections, triangle par triangle. – Extrait de *Cours de topographie*, Paris, Service géographique de l'Armée, 1921, fig. 431.



Un outil documentaire pour les travaux de terrain

Jusqu'au milieu des années vingt, les photographies terrestres ou bien aériennes sont utilisées pour faciliter ou compléter les relevés de planimétrie. Ce schéma, imprimé en marge d'un plan directeur publié en 1919, témoigne bien de cette pratique. – Extrait de la feuille *Avesne*, Paris, Service géographique de l'armée, édition du 7 novembre 1918, 1:10 000.



Une carte dressée à partir de photographies

Pour dresser cette carte, l'auteur a combiné des prises de vues terrestres avec les photos aériennes verticales. Un canevas de triangles, dressé à partir des secondes, lui a permis d'associer les premières et de tracer la planimétrie. Il a ensuite déterminé le modelé du terrain par l'examen des photos aériennes au stéréoscope. – Extrait de Meillon, Alphonse, Larminat, Etienne de, et Gaurier, Ludovic, *Massif du Vignemale. Les hautes Pyrénées au Sud de Caunterets et à l'Ouest de Gavarnie*, Paris, Institut cartographique de Paris, 1929.

## De la guerre du Rif au massif du Vignemale

Plusieurs expériences ont déjà ouvert la voie. La plus récente et la plus avancée date de 1919, elle a été conduite au Maroc pour cartographier des régions « dissidentes », donc inaccessibles par les topographes et les géodésiens. Pour y parvenir, le Service géographique de Rabat met au point une méthode qui combine des cheminements topographiques classiques sur le périmètre de la zone à cartographier avec des tours d'horizon<sup>17</sup>, des photographies prises depuis le sol et trois jeux de photographies aériennes prises à des altitudes différentes (600, 2000 et 3000 mètres). Le matériel et les moyens mobilisés sont assez considérables mais le résultat obtenu, vérifié à l'issue du conflit, témoigne d'une précision largement suffisante pour une carte de reconnaissance à l'échelle 1:200 000. Les erreurs ne dépassent pas 150 mètres en planimétrie et 20 mètres en altitude<sup>18</sup>.

Quelques années plus tard, le pyrénéiste Alphonse Meillon, membre actif du club alpin français, se propose de dresser une figuration cartographique à l'échelle 1:20 000 de la région du Vignemale à partir de photographies prises en 1923 et en 1924 avec la collaboration de l'armée. L'auteur combine des prises de vues terrestres avec les photos aériennes verticales en exploitant les secondes pour dresser une sorte de canevas de triangles qui lui permet d'associer les premières et de tracer la planimétrie. Ensuite, il détermine le modelé du terrain par l'examen des photos aériennes au stéréoscope. L'expérience porte ses fruits et la carte correspondante est publiée par l'institut cartographique

<sup>17</sup> . Un tour d'horizon est un ensemble de mesures d'angles horizontaux effectué depuis une station donnée. Il indique les positions relatives de tous les points de repères visibles depuis cette station, quel que soit leur altitude et leur distance.

<sup>18</sup> . *Rapport pour 1924-1925*, p. 75-76.

de Paris en 1929<sup>19</sup>. Simultanément, son rédacteur, Etienne de Larminat, présente sa méthode de restitution et les résultats obtenus dans *La Montagne*<sup>20</sup>. A partir de ces expériences, l'hypothèse de remplacer les relevés de terrain par l'exploitation des photos aériennes n'est plus une utopie.

### Un appareillage complexe

Au début des années vingt, le développement de l'utilisation des photographies aériennes est restreint par le coût d'acquisition des images dans la mesure où les opérations de prise de vue sont très délicates. En 1923, on obtient en moyenne neuf plaques par heure de vol. A ce moment-là, les prises de vue sont effectuées avec des avions et un matériel expérimental dont la productivité n'est pas optimale. A partir de cette évaluation, les responsables du Service géographique de l'armée, qui ont bien compris l'ampleur de l'enjeu, organisent un vaste programme d'industrialisation des prises de vues aériennes<sup>21</sup>. Le défi à relever est important dans la mesure où il met en jeu toute une chaîne de production depuis les prises de vue jusqu'au tracé des minutes. Les problèmes techniques sont multiples. Pour l'acquisition des images, il n'est pas seulement nécessaire de mettre au point des chambres, des objectifs et des obturateurs, il faut aussi sélectionner le modèle d'avion qui puisse voler à une vitesse suffisamment faible mais régulière et sans vibrations excessives. Pour la restitution, plusieurs inventeurs proposent des projets d'appareils au Service géographique de l'armée qui consacre d'importants moyens à des essais comparatifs. Les résultats obtenus et leurs coûts d'exploitation sont confrontés à ceux de relevés topographiques de terrain.

L'appareil proposé par Mausselin, dont le prix envisagé serait trois fois supérieur à celui des autres, n'est pas retenu. Celui de Prédhummeau est abandonné en 1923 à la suite de premiers essais infructueux. Au contraire, celui de Poivilliers, le plus ancien, donne de bons résultats. Par ailleurs, un inventeur allemand – Hegershoff – fait construire un autre type d'appareil prometteur. Un groupe d'officiers français effectue en 1925 une mission à Prague pour le vérifier. Malgré ses qualités, cet appareil n'est pas retenu car il exploite des clichés obliques laissant d'importantes zones cachées par le relief<sup>22</sup>. Finalement, l'appareil proposé par Poivilliers est adopté par le Service géographique de l'armée qui participe à son amélioration avec le concepteur et les ateliers de fabrication<sup>23</sup>. Sa mise au point et les essais se poursuivent jusqu'au début des années trente. Une nouvelle version de l'appareil est testée en 1932. Pour les zones de montagne, les minutes obtenues par stéréophotogrammétrie à l'échelle 1:15 000 se révèlent meilleures que les relevés topographiques. C'est le contraire en plaine mais le résultat est estimé tout à fait acceptable. Par ailleurs, les prises de vue n'ont pas coûté plus cher que les travaux de terrain correspondants<sup>24</sup>. Le résultat est encourageant mais il ne conduit pas tout de suite à l'abandon de la stéréophotogrammétrie terrestre, présentée au milieu des années trente comme une technique parfaitement rodée.

---

<sup>19</sup> . Meillon, Alphonse, Larminat, Etienne de, et Gaurier, Ludovic, *Massif du Vignemale. Les hautes Pyrénées au Sud de Cauteerets et à l'Ouest de Gavarnie*, Paris, Institut cartographique de Paris, 1929.

<sup>20</sup> . Larminat, Etienne de, « Emploi des photographies aériennes dans la carte du Vignemale », *La Montagne*, mars-avril 1929, p. 89-100.

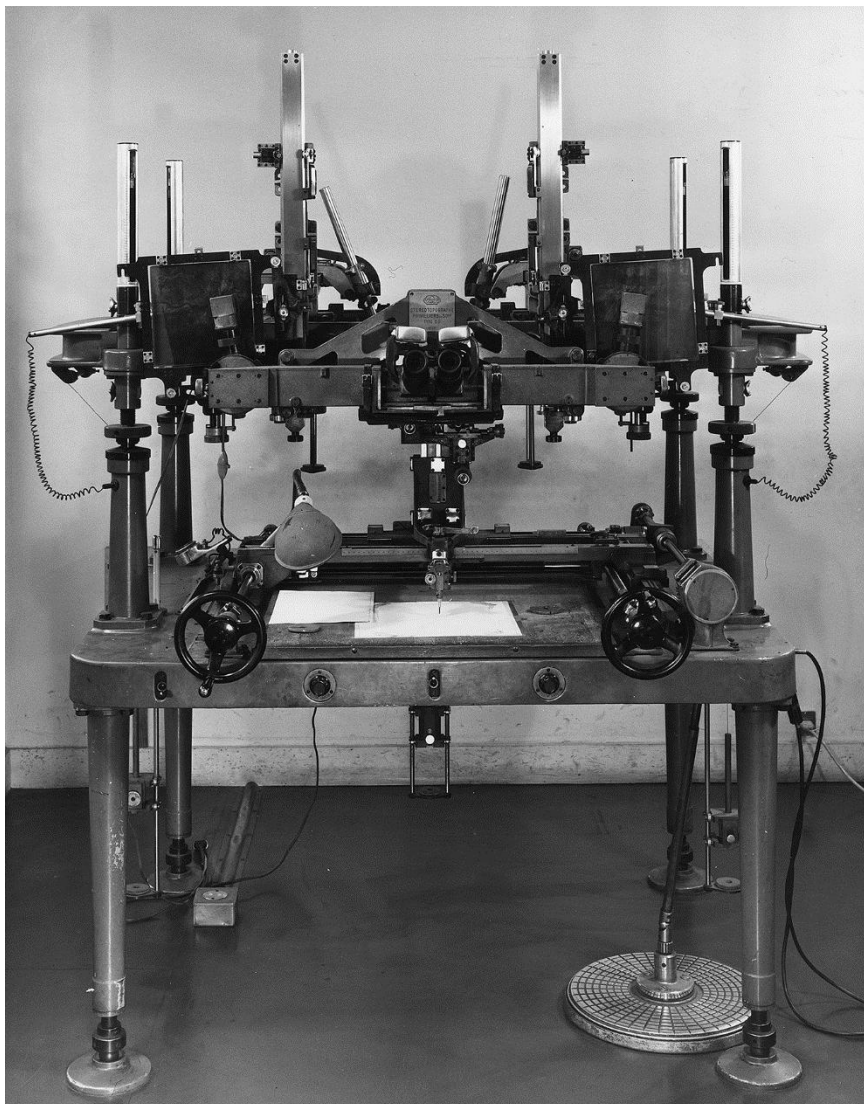
<sup>21</sup> . *Rapport pour 1914-1919*, pl. xxiii ; *Rapport pour 1920-1921*, p. 18-22 et 92-93 ; *Rapport pour 1922-1923*, p. 97-99.

<sup>22</sup> . *Rapport pour 1924-1925*, p. 81.

<sup>23</sup> . *Ibid.*, p. 80 sq. ; *Rapport pour 1926-1927*, p. 70-77 et 127.

<sup>24</sup> . *Rapport pour 1930-1931*, p. 76 ; *Rapport pour 1932-1933*, p. 86-87.





Stéréographe Poivilliers

Le développement de cet appareil, imaginé par l'ingénieur Poivilliers à l'issue de la Première Guerre, est l'objet de multiples ajustements jusqu'au début des années trente lorsqu'il entre en production. Des versions plus récentes, couplées à une table de traçage, restent en service jusqu'à la fin des années soixante. Elles sont progressivement remplacées à partir de 1964 par des machines – *PRESA* – qui exploitent des clichés sur film. – Stéréographe Poivilliers, vers 1935.

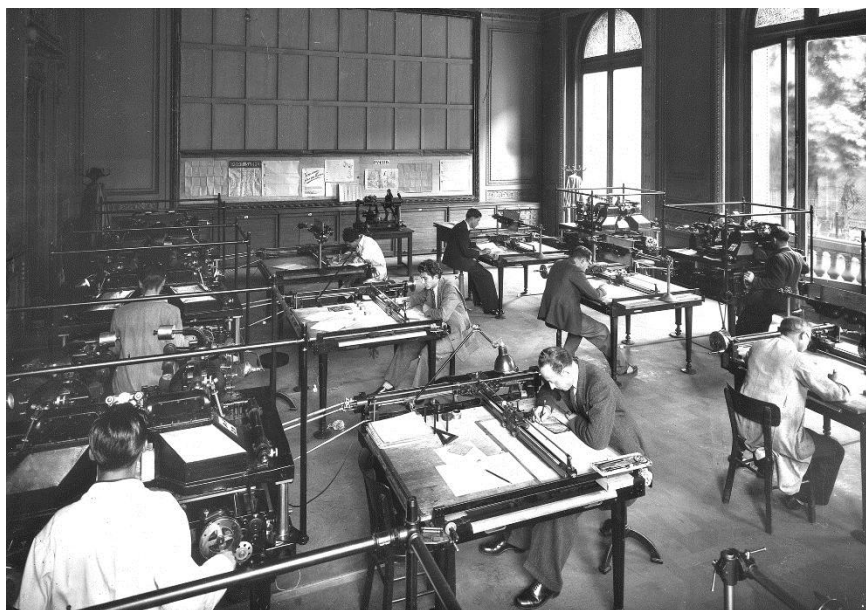
La production de masse débute en 1933<sup>25</sup>. On prend alors plus de 2800 clichés verticaux des environs de Paris et le Service géographique de l'armée achète un second appareil de restitution. Les deux machines alors disponibles sont chacune utilisées quatorze heures par jour par deux équipes successives<sup>26</sup>. Dès le milieu des années trente, les photos sont exploitées à la fois pour les nouveaux relevés et pour les travaux de révision. Pour en accélérer l'avancement, les prises de vue et/ou leur traitement sont confiés à une entreprise privée, la société française de stéréophotographie<sup>27</sup>.

<sup>25</sup> . *Le service géographique de l'Armée...*, op. cit., p. 96.

<sup>26</sup> . *Rapport pour 1932-1933*, p. 145-147.

<sup>27</sup> . *Rapport pour 1936-1937*, p. 11.





La photorestitution à l'honneur

A la veille de la Seconde Guerre Mondiale, le Service géographique de l'armée exploite quinze stéréographes Poivilliers, chaque appareil, couplé à une table de traçage, mobilise deux opérateurs. – L'atelier de la rue de Grenelle, vers 1935.

La montée en puissance de la photographie aérienne est ensuite très rapide. On améliore à la fois les appareils d'acquisition des images, leur installation dans les avions et les instruments de traitement<sup>28</sup>. Pour réduire les coûts, on diminue le nombre des points de repère pris sur le terrain. Une nouvelle méthode adoptée en 1937 pour définir ces points donne lieu à un prix de revient équivalent seulement au tiers de la précédente. Les erreurs maximales – six mètres en planimétrie et deux en altitude – sont considérées comme tout à fait acceptables<sup>29</sup>.

A la veille de la Seconde Guerre, le Service géographique de l'armée est doté de sa propre flottille aérienne, elle est composée de trois Potez 540. Leurs équipages, exclusivement dédiés aux prises de vue, acquièrent des compétences spécifiques en matière de navigation, ils atteignent un rendement bien supérieur à celui des équipages militaires ou civils mobilisés auparavant. Pour sa part, le service de cartographie fait construire une nouvelle série d'appareils de restitution, il n'en compte pas moins de quinze au moment de la déclaration de la guerre<sup>30</sup>.

A la fin des années trente, la qualité des résultats obtenus à partir des photos signe la fin des relevés topographiques initiaux. Alors qu'ils constituaient la base du travail dix ans plus tôt, ils sont devenus désuets et pratiqués seulement dans le cadre de la formation des élèves<sup>31</sup>. A ce moment-là, on pense faire de la photo la source unique de la production cartographique et on envisage même de supprimer les vérifications de terrain avant de publier les feuilles à l'échelle 1:20 000<sup>32</sup>. Cet engouement ne dure pas et les difficultés commencent avec les feuilles qui représentent les Alpes. La photorestitution permet bien

<sup>28</sup> . *Note sur l'exploitation topographique des photographies aériennes par des procédés simples*, Paris, Service géographique de l'armée, 1940.

<sup>29</sup> . *Rapport pour 1936-1937*, p. 39-40.

<sup>30</sup> . *Rapport pour 1938-1939*, p. 31 et 115.

<sup>31</sup> . *Rapport pour 1940-1942*, p. 51.

<sup>32</sup> . *Rapport pour 1938-1939*, p. 56.

plus aisément que les relevés de terrain de tracer les grandes lignes de la planimétrie, y compris celle des pentes inaccessibles, mais la figuration du relief n'est pas toujours satisfaisante. Les courbes de niveau sont souvent trop « molles » ; leur tracé doit être vérifié, complété et raffermi sur le terrain. Pour leur part, les zones de rocher opposent une résistance encore plus importante à la stéréophotogrammétrie. Elles sont entièrement dessinées à la main à partir de multiples photographies prises depuis des points de vue terrestres et aériens<sup>33</sup>.

Pendant la Guerre, l'escadrille de l'Institut géographique national opère dans le sud de la France mais surtout en Afrique du nord. Pour leur part, les appareils de restitution – alors installés à Bordeaux – sont affectés à l'avancement de la carte topographique de l'Algérie<sup>34</sup>.

### **Améliorer la qualité, accroître la productivité**

A partir du début de l'année 1946, lorsque les moyens de l'IGN cessent d'être mobilisés par l'armée, les activités aériennes reprennent sur de nouvelles bases et avec des moyens accrus. En 1948, on emploie une dizaine d'avions pour prendre des photos aériennes en métropole et dans les territoires d'outre-mer, elles sont exploitées sur une cinquantaine d'appareils de restitution<sup>35</sup>. Au début des années cinquante, de nouvelles améliorations sont apportées au matériel de prise de vue. La première phase de cette histoire est marquée en 1953 par l'achèvement de la couverture initiale de l'ensemble du territoire métropolitain. Le programme des années suivantes indique qu'elle sera renouvelée tous les dix ans<sup>36</sup>. Ainsi, moins de quarante ans se sont écoulés entre les expériences conduites pendant la Grande Guerre et la fin de cette première étape.

Les outils et les méthodes continuent ensuite d'évoluer et de s'améliorer. A partir de 1959, les avions sont équipés d'un appareil de mesure de l'altitude, il est couplé avec un enregistreur de profil du sol. Leur utilisation permet de réduire les travaux de préparation des restitutions et d'accélérer la publication des documents<sup>37</sup>. La part prise par la photographie aérienne dans la production cartographique augmente en conséquence. A partir de la fin des années cinquante, avec l'introduction des émulsions sensibles au rayonnement infra-rouge puis des polychromes, les usages des clichés aériens se diversifient. Ils sont exploités en cartographie thématique par un nombre toujours plus large d'utilisateurs ; les biologistes, les urbanistes et les archéologues comptent parmi les premiers. Ces nouveaux usages, toujours plus demandeurs de précision, donnent lieu à des campagnes à grande échelle. Ainsi par exemple, au début des années soixante, les prises de vues infra-rouge passent du 1:25 000 au 1:15 000 pour documenter l'inventaire forestier<sup>38</sup>. Le nombre des clichés se multiplie mais l'introduction des calculateurs électroniques au début des années soixante permet de traiter des ensembles territoriaux de plus en plus étendus tout en réduisant la part des travaux de terrain dans le processus de préparation<sup>39</sup>.

---

<sup>33</sup> . Au milieu des années vingt, on met à profit une mission pour prendre des photos panoramiques du massif de Belledune – au sud de Grenoble – afin de documenter la figuration du rocher. *Rapport pour 1926-1927*, p. 125.

<sup>34</sup> . *Rapport pour 1941-1942*, p. 48, 53 et 136.

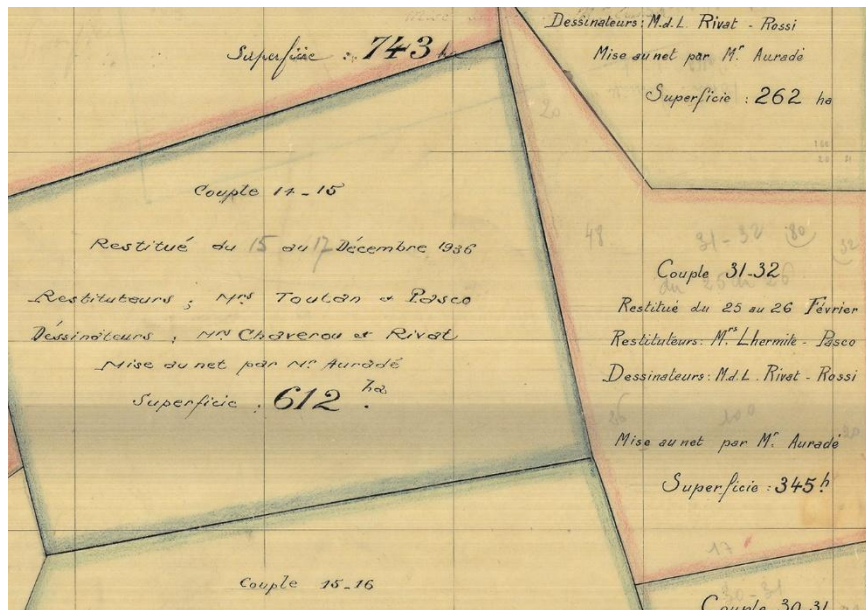
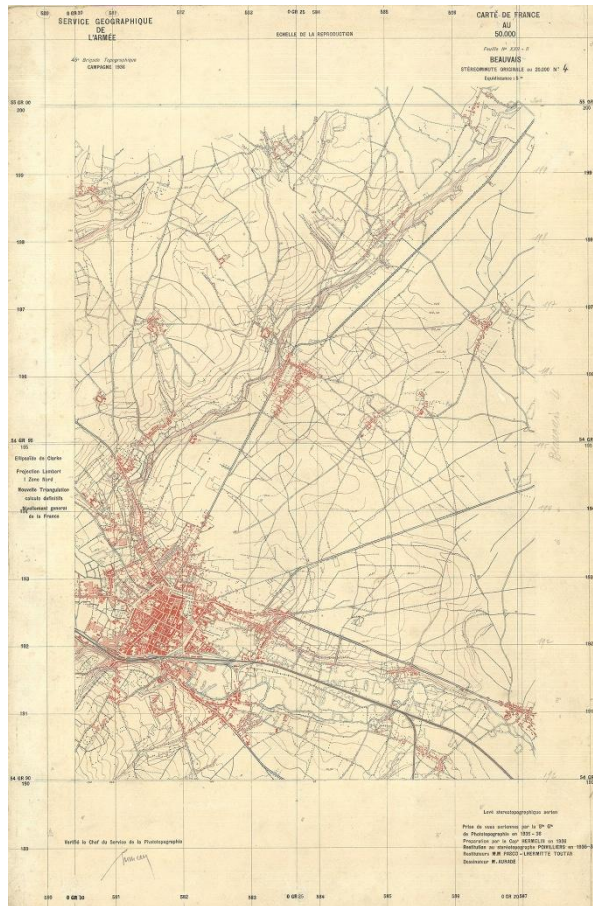
<sup>35</sup> . Hurault, Jean-Marcel, *Travaux topographiques et cartographiques exécutés de 1938 à 1948, rapport présenté au congrès international de géographie, Lisbonne, 1949*, Pris, IGN, 1949, p. 2 et 52.

<sup>36</sup> . *Rapport pour 1952-1953*, p. 9.

<sup>37</sup> . *Rapport pour 1959*, p. 2.

<sup>38</sup> . *Rapport pour 1962*, p. 2.

<sup>39</sup> . *Rapport pour 1960*, p. 2-6.



### Levé d'une feuille par photogrammétrie

Pour chaque feuille de la carte au 1:50 000, le service de photogrammétrie prépare huit planches de restitution à l'échelle 1:20 000 à partir de photographies aériennes. Chaque planche est complétée par deux calques manuscrits. Le premier – Extrait 1 – indique le périmètre de chaque unité de travail défini par un couple de photos, les noms des opérateurs et la superficie du terrain considéré. Le second calque est destiné à guider le travail sur le terrain, il indique les zones et les points à vérifier et/ou à compléter. – Extraits des archives de la feuille n° XXII-11, Beauvais, Paris, Service géographique de l'armée, restitution de 1936-1937.

En 1964, l'escadrille de l'institut ne compte pas moins de vingt avions, ils opèrent non seulement en France dont la couverture photographique est régulièrement renouvelée mais de manière bien plus conséquente dans les pays étrangers, anciennes colonies et/ou possessions françaises, en Afrique de l'Ouest, au Maghreb et à Madagascar en particulier<sup>40</sup>. A partir de cette date, on renouvelle les chambres de prise de vue aérienne et de photorestitution. Les appareils analogiques Poivilliers sont remplacés par des machines plus performantes basées sur un dispositif optique qui reconstitue les faisceaux perspectifs<sup>41</sup>. Cet équipement remplace les plaques de verre de 19 cm de côté et à l'échelle 1:25 000 par des films de 25 cm de côté à l'échelle 1:30 000. Ainsi, chaque nouveau cliché couvre un territoire bien plus vaste que les précédents<sup>42</sup>. Leur acquisition, leur préparation et leur traitement est plus rapide et moins coûteuse qu'auparavant pour un résultat de qualité équivalente<sup>43</sup>.

A partir de la fin des années soixante, les relevés aériens confiés à l'IGN ne sont plus seulement photographiques mais ils sont aussi exploités pour la prospection géophysique. Les avions embarquent alors des instruments particuliers, pour la mesure du champ magnétique ou de la scytillométrie par exemple<sup>44</sup>.

L'introduction de la numérisation au cours des années quatre-vingt ne permet pas seulement de reproduire les photographies, elle ouvre le champ à la production de nouvelles catégories de documents, entre la carte et la photo aérienne, avec les orthophotographies. Il s'agit de photographies aériennes verticales, assemblées et rectifiées suivant un système de projection et de coordonnées particulier qui permet de les utiliser comme des cartes ou bien comme fond de carte pour le report de données topographiques ou thématiques. Les orthophotos présentent l'avantage de fournir rapidement et à moindre coût des documents « à jour ». Ainsi, la couverture aérienne française sous forme d'orthophotos, débutée en 1989, est complétée au cours de l'année 2005.

Cette période est aussi celle du développement des caméras numériques. L'IGN multiplie les essais de prises de vues au cours des années quatre-vingt-dix, simultanément, il met au point un logiciel d'amélioration des images pour réduire les effets du voile atmosphérique<sup>45</sup>. Au début des années 2000, les avions sont entièrement rééquipés. On abandonne les deux caméras argentiques qui équipent chaque appareil à la faveur d'une seule caméra numérique à quatre canaux : rouge, vert, bleu et proche infra-rouge. Cette caméra est couplée au système de positionnement satellitaire qui indique les coordonnées du centre de chaque cliché à quelques dizaines de centimètres près<sup>46</sup>. Cet appareillage produit de manière automatique le tableau d'assemblage de chaque mission, il a pour effet de diviser par dix le coût des calculs de navigation. Il présente cependant l'inconvénient d'un champ de prise de vue plus étroit que celui des caméras argentiques. Là où il fallait

<sup>40</sup> . *Rapport pour 1964*, p. 6.

<sup>41</sup> . Il s'agit des appareils PRESA fabriqués par la société d'optique et de mécanique de haute précision ; Courbon, Paul, *Topographie : un demi-siècle d'évolution technologique*, Paris, Association française de topographie, numéro hors-série de XYZ, 2013, p. 45.

<sup>42</sup> . On passe de 22 à 56 km<sup>2</sup> couverts par chaque cliché.

<sup>43</sup> . *Rapport pour 1964*, p. 1 ; Sinoir, Alain, *1940-1990 : une histoire mouvementée. Les cahiers historiques de l'IGN* n° 1, Paris, Institut géographique national, 1999, p. 43-44.

<sup>44</sup> . « Le service des activités aériennes de l'IGN au 1<sup>er</sup> juin 1971 », *Bulletin d'information de l'IGN*, n°15, septembre 1971, p. 11.

<sup>45</sup> . « L'IGN en direct du ciel. La photographie aérienne », *IGN Magazine*, n° 7, septembre-octobre 2001, p. 7.

<sup>46</sup> . Le système de positionnement de l'IGN – Global Navigation Satellites System – GNSS – exploite les données de plusieurs constellations satellitaires dont le réseau américain GPS, le réseau chinois *Beidou* et le réseau russe *Glonas*.



1700 clichés argentiques, il en faut 4 000 en numérique<sup>47</sup>. En 2015, une nouvelle caméra, à champ de vision plus large et à six canaux est mise à l'étude.

Au lendemain de la Seconde Guerre, les particularités de la documentation photographique et son abondance donnent lieu à la création d'un service particulier au sein de l'Institut géographique national<sup>48</sup>. Son développement en fait rapidement l'établissement français le mieux documentée en la matière. C'est sur cette base que l'IGN devient la Photothèque aérienne nationale en 1986. Elle conserve actuellement 3,6 millions de prises de vue, pour la plupart sous forme de négatifs, sur plaques de verre ou bien sur films<sup>49</sup>.



Chapitre précédent

Chapitre suivant

**Sommaire**

**Représenter la troisième dimension**

**Question d'échelle – Représenter / sélectionner / interpréter**

**Annexes**

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

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

---

<sup>47</sup> . « Prises de vues aériennes. Le tout numérique », *IGN Magazine*, n° 30, juillet-août 2005, p. 7.

<sup>48</sup> . *Rapport pour 1946*, p. 6.

<sup>49</sup> . La dématérialisation de cette collection pour le territoire métropolitain est achevée depuis quelques années. La plus grande part des documents reproduits est disponible en ligne gratuitement sur le site web de l'Institut.