

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 54 (1956)

Heft: 4

Artikel: Le problème du levé aérophotogrammétrique au 1 : 20000 dans la république de El Salvador

Autor: Gut, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-212681>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

techniker heute braucht, wenn man ihm, wie es zur Zeit bei uns wohl überall geschieht, so viele Arbeiten in der Neuvermessung und der Nachführung fast selbständig überläßt. Nach einer Praxiszeit von zwei Jahren hätte er dann an der betreffenden Schule sein *Schlußexamen* über *Theorie und Anwendung* zu bestehen und würde hier seinen „Techniker“-Titel erhalten.

Es stellt sich noch die Frage, wie weit dieser Mann in Baufächern auszubilden wäre, um ihn auch in der Kulturtechnik einsetzen zu können. Ich würde wie beim Grundbuchgeometer auf Einschränkung plädieren. Wer viel baut, hat dazu den speziell geschulten *Tiefbautechniker* zu seiner Verfügung.

Abschließend hoffe ich, meine Ausführungen vermöchten zur laufenden Diskussion einen Beitrag zu leisten im Sinne einer grundsätzlichen Abklärung ohne alle Prestigeerwägungen persönlicher Art. Über *eines* sollte sich niemand täuschen lassen: Die Sache eilt und erträgt ohne Schaden keine jahrelangen Verzögerungen mehr!

SVVK-Berufskommission

Die Berufskommission ist an der Arbeit, die allgemeinen Verhältnisse des Berufsstandes zu studieren. Um sämtliche, zum Teil sehr verschiedene Standpunkte kennenzulernen, werden alle Kollegen, die sich zu diesem Thema äußern können, ersucht, ihre Beanstandungen der heutigen Verhältnisse oder Vorschläge zu deren Verbesserung schriftlich bis zum 30. April 1955 einzugeben an Präsident E. Albrecht, Burgdorf. Die Kommission erwartet eine lebhaftete Beteiligung!

Le problème du levé aérophotogrammétrique au 1 : 20 000 dans la République de El Salvador

Par Daniel Gut, Guatemala

La République de El Salvador a une superficie d'environ 20 000 km². Le pays est divisé en trois zones. La zone occidentale présente un aspect montagneux. Cette zone a une frontière commune avec la République du Guatemala. La zone centrale est moyennement accidentée. Le plateau s'abaisse ensuite progressivement vers l'est jusqu'au golfe de Fonseca pour former la zone orientale.

Les points fixes de triangulation de I^{er}, II^e et III^e ordre font partie d'un réseau de triangulation en chaîne judicieusement établi en partant de points de Laplace et de bases. En outre un réseau de nivellement de I^{er} ordre a été établi. La projection utilisée est la projection conique conforme Lambert avec des parallèles normaux: 13° 19' et 14° 15' N. La seule couverture photographique existante complétée du pays est



celle établie en 1948 avec la chambre du type Fairchild K17 de distance principale 6". Les bandes de vol sont toutes parallèles dans le sens est-ouest. Aucune bande transversale ne fut effectuée. L'échelle des photographies de format 9×9 " est d'environ 1:40 000 pour les régions côtières, soit une hauteur de vol absolue de 6000 m.

A l'aide de ce matériel photographique, la «Dirección General de Cartografía¹» s'est donné pour tâche la construction et la publication d'une carte à petite échelle de tout le pays et dans un délai relativement court. C'était pour cette dernière raison que cet institut a fait l'acquisition en 1952 d'un équipement de photogrammétrie en partie de la Maison Wild comprenant un autographe A5, deux stéréorestituteurs A6 ainsi que des restituteurs du type Multiplex et en novembre 1953 d'un stéréorestituteur A8. Le pays ne possédait qu'une carte à petite échelle ne comprenant que la planimétrie seulement, établie d'après des photographies aériennes suivant la méthode de la triangulation radiale. Cette carte a été établie avec une précision remarquable si l'on tient compte de la méthode utilisée et du nombre très restreint de points de contrôle existant au moment de la construction de cette carte.

Un photoplan non contrôlé avait été également établi, à l'échelle 1:40 000. Or ces documents n'avaient pas été mis à jour et en outre ne donnaient aucune indication altimétrique du terrain. D'autre part on prévoyait la construction de nombreux projets de Génie Civil dont l'étude ne pouvait être possible que sur la base de documents topographiques

¹ Dans cet institut, l'auteur a prêté ses services de 1952-1955 en qualité d'instructeur en photogrammétrie.

répondant à certaines conditions de précision et de mise à jour. Il a par conséquent été décidé sur la base des photographies existantes de construire suivant la méthode de la stéréophotogrammétrie une carte à échelle moyenne à courbes de niveau.

Echelle de restitution: 1:20 000. Equidistance: 10 m.

Etant donné le nombre de points géodésiques insuffisant pour la restitution isolée, il a été décidé d'utiliser la méthode du cheminement aérien.

Détermination des points de contrôle. Tous les points géodésiques existants et points de nivellement («Bench Mark») ont été reportés sur les copies papier. La localisation des points géodésiques est facilitée par l'existence de la photo de chaque point de triangulation à grande échelle prise à l'aide d'une chambre spéciale à grande distance focale. La localisation de chaque point de nivellement est également facilitée par le croquis de repérage accompagnant chaque point.

Les points de contrôle additionnels ont été déterminés soit par triangulation (intersection), soit par polygonation. La triangulation fut exécutée avec le WILD T2 et l'équipement polygonométrique. Les points de polygones intermédiaires ont été repérés sur forts piquets, afin de pouvoir être utilisés pour le contrôle de la carte et la mise à jour ultérieurement.

Les points de contrôle à déterminer ont été au préalable situés sur les copies papier dans la «zone triplex», zone commune à trois photos, mais également dans la zone commune à la bande adjacente. Cependant, on s'est aperçu que parfois des points bien visibles sur les photos ne correspondaient plus à des points bien identifiables sur le terrain et *vice versa*. C'est la raison pour laquelle des points supplémentaires ont été déterminés sur les copies et on a également repéré les limites de la «zone triplex», afin de donner plus de latitude au brigade du terrain dans la localisation des points de contrôle. Sur la base de la localisation des points sur les copies, une reconnaissance a été faite sur le terrain afin d'assurer l'identification des points choisis ou le cas échéant la localisation d'autres points, et afin de déterminer le mode de lever de chaque point (par intersection, relèvement, polygonation). Cette localisation fut faite dans le terrain sur la base des copies papier de $9 \times 9''$. Cependant l'identification des points est en général mal aisée à l'échelle des photos 1:40 000. Il a été suggéré d'utiliser un agrandissement (de cinq fois au moins linéairement, suivant la qualité de la photo – l'agrandissement pourrait être compris entre cinq et dix fois dans le cas de l'utilisation d'une chambre équipée d'un objectif de haute qualité –) de la zone triplex. Cette méthode aurait l'avantage d'éviter la construction d'un croquis de repérage souvent peu clair et incomplet, et permettrait une plus facile interprétation de chaque point choisi, pour l'opérateur au moment du calage des vues ou en cours de triangulation.

La distribution des points de contrôle le long de la bande était en principe faite de la façon suivante: dans le premier modèle, 2 points

horizontaux dont la ligne de jonction devait être le plus possible perpendiculaire à la base, 4 points verticaux, au milieu de la bande 2 points horizontaux (pas indispensable dans le cas de courte bande de moins de 10 modèles environ) et 2 points verticaux, à la fin de la bande: 2 points horizontaux et 2 points verticaux. Chacun de ces points de contrôle doit être commun à une bande adjacente.

Appareils de triangulation aérienne et de restitution utilisés

Les appareils sur lesquels furent exécutées les triangulations aériennes furent l'A5, l'A6 et l'A8. Les premières triangulations furent exécutées à l'A5 et l'A6, appareils bien connus. Depuis novembre 1953 l'A8 a été continuellement utilisé en triangulation, ce qui permet par conséquent de tirer quelques conclusions sur l'utilisation et le comportement de cet instrument dans ce domaine.

L'A8 possède les caractéristiques suivantes, en ce qui concerne le domaine d'utilisation des éléments d'orientation:

Inclinaisons longitudinales et transversales φ , ω 5° à partir de l'horizon 100°

$$\begin{aligned}b &= 65-220 \text{ mm} \\X &= 345 \text{ mm} \\Y &= 460 \text{ mm} \\Z &= 175-350 \text{ mm}\end{aligned}$$

Le grossissement du système optique est de six fois. Le champ de vision dans le plan image est de 42 mm de diamètre. Les oculaires de l'instrument sont du type grand-angle et possèdent un champ angulaire moyen de 53°. L'astigmatisme dans les bords de l'image a une valeur inférieure à celle qui peut être encore perçue par l'observateur.

Le grand champ de vision présente l'avantage de rendre plus facile et plus rapide le repérage des points de contrôle. Les yeux de l'opérateur entraîné ne fixent plus l'index, en général, mais une plage située en avant de celui-ci. Le grand champ facilite ainsi l'opérateur dans le cheminement de l'index et dans l'appréciation à l'avance des formes du terrain. L'utilisation d'oculaires à grand-champ augmente par conséquent la rapidité et la précision du calage des couples et de la restitution des vues.

Détermination de la longueur des bandes de photographies à trianguler

En général l'erreur totale altimétrique et planimétrique d'une triangulation augmente avec la longueur de la bande. Etant donné l'erreur à craindre que l'on se donne, pour la triangulation, il y aura une limite dans la longueur de la bande qui ne devra pas être dépassée, sous peine de voir cette erreur augmenter et dépasser les limites des tolérances données. L'erreur altimétrique est également fonction de l'erreur moyenne altimétrique $\pm m_{z0}$ de l'instrument pour un modèle isolé. Cette valeur

n'est cependant pas strictement constante, car elle dépend des conditions dans lesquelles l'instrument travaille et également des irrégularités dans la contraction du film, manque de netteté, etc.

On peut considérer l'erreur totale m_z dans la triangulation liée à l'erreur m_{z0} et au nombre n de modèles par la relation:

$$m_z = \pm m_{z0} \cdot \sqrt{n}.$$

La longueur des bandes était de 8 modèles environ avec un contrôle altimétrique au milieu de la bande. Cela représentait de 4 à 5 modèles libres seulement.

L'équidistance des courbes de niveau est de 10 m. Selon les spécifications américaines, le 90 % des points doivent avoir une erreur ne dépassant pas la moitié de l'équidistance soit 5 m. La relation qui existe entre l'équidistance Δh et l'erreur moyenne altimétrique quadratique m_{z0} de points quelconques du terrain est donnée par la formule suivante:

$$\Delta h = \pm 3,3 \times m_{z0}$$

Lorsqu'il s'agit de points bien définis du terrain la relation devient alors:

$$\Delta h = \pm 3,3 \times 2 m_{z0}.$$

L'erreur m_{z0} serait alors

$$m_{z0} = \pm \frac{\Delta h}{3,3} = \frac{10}{3,3} = 3,3 \text{ m ou } m_{z0} = \pm 0,55\text{‰ de } Z.$$

L'erreur m_{z0} est dans le second cas:

$$m_{z0} = \pm 1,6 \text{ m ou } m_{z0} = \pm 0,27\text{‰ de } h$$

Les triangulations aériennes ont été réalisées principalement à l'aide de l'A6.

Par rapport à l'A6 la précision altimétrique a encore augmenté à l'A8 et le grossissement du système optique de six fois au lieu de quatre fois à l'A6 constitue un sérieux avantage qui s'est vérifié à maintes reprises au cours du calage des couples à l'échelle du 1:40 000 et lors du repérage des points de triangulation ou de contrôle le long de la bande. De plus le grand pouvoir séparateur du système optique rend plus sûr et plus précis le pointé à l'instrument. On peut admettre l'erreur altimétrique de l'A8 sensiblement égale à $\pm 0,20\%$, ce qui représente pour une hauteur de vol de 6000 m une erreur altimétrique $m_{z0} = \pm 1,20 \text{ m}$.

Des essais furent effectués de bandes comprenant 16 modèles environ, soit 6 modèles libres. L'erreur à craindre m_z a la valeur suivante:

$$m_z = \pm 1,2 \times \sqrt{6}$$

$$m_z = \pm 2,9 \text{ m}$$

Cette erreur reste inférieure au $1/3$ de l'équidistance.

Elle est inférieure à l'erreur moyenne:

$$m_{zo} = \frac{\Delta h}{3,3} = \frac{10 \text{ m}}{3,3} = 3,3 \text{ m}$$

de 0,4 m et supérieure de 0,2 m à l'erreur altimétrique résiduelle ($m_z = \pm 2,7 \text{ m}$) obtenue à la suite des essais effectués.

L'erreur totale altimétrique à la fin de la bande de triangulation avant compensation se compose de l'erreur due à la convergence $\Delta\varphi$ et à la courbure de la terre. Cette erreur suit une loi parabolique et croît rapidement de telle manière qu'après 20 modèles par exemple elle peut atteindre plusieurs grades en Φ et peut par conséquent suivant le cas atteindre la limite du domaine mécanique imposée par l'instrument. D'autre part elle oblige l'instrument à travailler vers la fin de la bande, dans des conditions mécaniques limites, qui a pour effet d'entraîner des erreurs systématiques d'ordre mécanique.

Cette erreur est très gênante et provoque en outre un raccourcissement Δx important dans le sens longitudinal de la bande et également une erreur vers la fin de la bande entre les points de passage d'un modèle à l'autre pris sur la fibre centrale.

La différence $\Delta H = H'_i - H_i$, différence d'altitude d'un point du modèle par rapport au plan de référence de l'autographe, augmente toujours plus. Au bout de 20 modèles, soit à une distance de 60 km, la valeur prise par la courbure de la terre atteint

$$\Delta H = -\frac{x^2}{2R} = 283 \text{ m.}$$

Afin d'éliminer la composante de l'erreur due à la courbure de la terre, il peut être effectué le développement de la surface de la bande dans le plan tangent de référence de l'autographe, tangent au centre du premier modèle. Cette correction s'effectue au moyen de rotations différentielles en inclinaison longitudinale commune $\Delta\Phi$ de l'appareil. La valeur $\Delta\Phi_0$ à introduire par km de base est sensiblement égale à, en minutes centésimales (40 000 km étant la circonférence moyenne de l'équateur):

$$\Delta\Phi_0 \cong \frac{(400 \times 100)^c}{40\,000 \text{ km}} \cong \frac{40\,000^c}{40\,000 \text{ km}} \cong 1^c/\text{km}$$

A partir du premier modèle il suffira d'introduire en Φ les quantités $\Delta\Phi_0$, $2 \Delta\Phi_0$, $3 \Delta\Phi_0$ — $n \Delta\Phi_0$, etc., à introduire à chaque modèle.

Essai réalisé à l'aide de photographies prises avec la chambre Fairchild K 17-6".

Echelle des photos	1:40 000
Hauteur de vol sur le terrain	6000 m
Longueur totale de la bande	60 km
Nombre de modèles	16

Longueur moyenne de la base aérienne	3,6 km
Rotation introduite au deuxième modèle	3,6°
Rotation introduite au troisième modèle	7,2°
Erreur altimétrique à la fin de la bande avant compensation	80 m
Erreur altimétrique résiduelle	$m_z = \pm 2,7 \text{ m}$

Les nombreux essais effectués à l'A8 et le résultat des triangulations ont montré que l'erreur altimétrique à craindre était bien de cet ordre de grandeur, mais pouvait dans certains cas varier par suite de l'incertitude de l'identification de certains points de contrôle ou de triangulation non signalisés, de la contraction irrégulière du film, de la qualité de l'image, etc.

La compensation altimétrique s'est effectuée selon la méthode graphique. La *planimétrie* a été obtenue graphiquement à la table à dessin. Un quadrillage et tous les points de contrôle et de triangulation furent reportés sur un rouleau de papier d'aluminium dont la stabilité fut satisfaisante. Le déplacement à la fin de la bande était en général de 2 mm avant compensation, ce qui met en évidence l'excellente stabilité de l'instrument. Des essais furent également effectués sur un support de fibre de verre «Stabeline» et dont les variations de dimensions n'ont pu être décelées après plusieurs mois d'épreuve. Les coordonnées des points de passage furent déterminés à l'aide d'une échelle en verre de précision.

Restitution

La restitution des couples a été réalisée principalement à l'A6 et à l'A8. Les formes du terrain sont en général assez accidentées et assez riches en détails. La restitution s'est effectuée sur des feuilles de papier d'aluminium dont l'assemblage de 4 feuilles forme après réduction une feuille complète au 1:50 000.

A l'A6 l'opérateur doit restituer tout le contenu de chaque couple: toutes les voies de communication, l'hydrographie, maisons, travaux d'art, végétation, sont tracés au crayon noir. Les retouches sont faites par l'opérateur. En terrain plat, l'opérateur donne de nombreux points cotés en des points marquants du terrain: intersection de routes, maisons isolées, etc. En outre des accidents du terrain, des petites collines, cols, sont cotés. Tous les signes conventionnels doivent être interprétés et notés correctement par l'opérateur afin d'éviter toute équivoque pour le dessinateur, auquel la minute sera ensuite livrée pour la mise au net à l'encre. De cette façon l'appareil est presque constamment en service à part quelques instants nécessaires aux corrections éventuelles, de courbes de niveaux ou de la planimétrie.

A l'A8, la restitution est dirigée par l'assistant de la table à dessin. Ce dernier procède aux retouches nécessaires durant la restitution. Par comparaison des photographies au stéréoscope et de la minute, il signale à l'opérateur les détails oubliés ou mal interprétés.

Un facteur important et qui mérite toute l'attention est celui du *rendement* des instruments dans la restitution à cette échelle du 1:20 000.

Le rendement dépend, cela va sans dire, de nombreux facteurs, tels que l'habileté de l'opérateur, les formes du terrain, la richesse de la planimétrie, la qualité des photographies.

A la suite d'une statistique établie sur deux ans de restitution des appareils, pour des opérateurs entraînés et pour un terrain en général assez accidenté et une assez grande richesse de détails à restituer, on peut donner les limites de rendement suivants pour chaque appareil:

instrument de 2 ^e ordre A6, A8	150–275 ha/h
instrument de 1 ^{er} ordre A5	100–120 ha/h

Sans doute, ces chiffres, représentant les limites inférieures et supérieures du rendement dans la restitution (calage des couples compris) des instruments utilisés dans les conditions particulières décrites ci-dessus, peuvent varier suivant la qualité des photographies, la nature du terrain, le nombre de détails à restituer ainsi que de l'habileté de l'opérateur, mais constituent néanmoins un ordre de grandeur dans le rendement atteint actuellement par des appareils modernes de restitution photogrammétrique.

Beitrag über die Wasserverhältnisse in der Saarebene bei Sargans

Von E. Reich

Nach jahrelangem zähem Ringen ist es den Grundbesitzern der Saarebene endlich gelungen, das Ziel ihrer Bestrebung, die Beseitigung des Rheinrückstaus, in greifbare Nähe gerückt zu sehen. Schon vor 70, 80 Jahren versuchten die geplagten Grundbesitzer durch gut angelegte Entwässerungskanäle und Geschiebesammler die Saarebene der Versumpfung zu entziehen. Doch der unstat eintretende Rückstau des Rheins machte alle Maßnahmen, wie in den 25 km nördlich gelegenen Sennwalder Auen, zunichte. Eine rationelle Bewirtschaftung des Bodens war unmöglich und ließ alle aufgewendete Mühe und Arbeit, da wie dort, zuschanden werden.

Die Saarebene ist, wie aus den Höhenangaben der topographischen Karte 1:25 000 entnommen werden kann, nahezu topfeben; sie weist von der Trübbach-Wuhrsperre südwärts auf 1000 m nur 60 cm ansteigendes Gelände auf, im Gegensatz zum nördlichen, tiefer gelegenen Wartauer Auengebiet, das ein gleichmäßig verlaufendes Gefälle von rund 1,6 m auf 1000 m aufweist. Des natürlichen geringen Gefälles wegen verlassen die Meteorwasser die Saarebene nur sehr träge, und bei Rheinhochwasser kann sogar der Ablauf zum Rücklauf werden (Rheinkatastrophe 1927). Die vorhandenen Entsumpfungskanäle und Wassergräben sind deshalb einer fortwährenden Verschlammung und Verkrautung unterworfen. Vermutlich ist der heutige topographische Zustand der Saarebene das Produkt jahrtausendealter Tätigkeit des schlammführenden Rheinrück-